

1 2 9 0



UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA

Alessandro Ramos Almeida

**ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE ENGENHARIA DE PROCESSO:  
INTRODUÇÃO AO AUTOCAD PLANT 3D**

Dissertação no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Química, orientada pelo Professor Doutor Nuno Manuel Clemente de Oliveira e pelo Doutor Lino de Oliveira Santos apresentada no Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Setembro de 2019



Alessandro Ramos Almeida

**ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE ENGENHARIA DE PROCESSO:  
INTRODUÇÃO AO AUTOCAD PLANT 3D**

Dissertação no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Química, orientada pelo Professor Doutor Nuno Manuel Clemente de Oliveira e pelo Doutor Lino de Oliveira Santos apresentada no Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Coimbra  
Setembro de 2019

1 2  9 0

UNIVERSIDADE D  
COIMBRA



*“Ter coisas é também ser tido por elas”*

**António Vasco**



## Agradecimentos

---

Coimbra! Ensinaste-me mais do que alguma vez imaginaria. Conhecimento, Maturidade, Sensatez, Responsabilidade, Dedicção, Amor, Amizade, Respeito e muitos outros valores e valências! O primeiro Obrigado é para ti!

Um Obrigado aos meus professores orientadores, Nuno Oliveira, e Lino Santos, pela orientação na construção deste trabalho! “Inté”!

Obrigado aos meus “*brothers from another mother*”, Rafael Costa, Miguel Ângelo, Zé Pedro e Francisco Rodrigues, que apesar de longe, sempre estiveram comigo. *Thanks again!*

Malta de Vasconha, mesmo com a distância, e por mais que o tempo passe por nós, continuamos os mesmos, com a mesma essência de sempre, Obrigado!

Ao meu parceiro, amigo, que sempre esteve lá, a nível académico, mas principalmente a nível pessoal, um enorme Obrigado ao pequeno grande Sandro Espírito Santo!

À minha menina do coração, Carolina Silva, que hoje é um pilar fundamental para mim, e que espero que continue a ser por muitos e bons anos, um sincero Obrigado! Miga!

Malta de processo, Cátia Santos, Tita Ribeiro, Mariana Fonseca e Ricardo Z. Almeida. Quem diria que era possível com tão pouco tempo, ter uma amizade como a nossa. Um Obrigado a cada um de vós!

Leonor, Telmo, Sérgio e Júnior, um brinde a vocês, à amizade e aos bons momentos para um dia recordar, Obrigado!

Por último, mas o mais importante Obrigado de todos. Aos meus pais, Maria Dulcinea e Luís Barros por serem as pessoas que são, por sempre me apoiarem em tudo o que faço na vida, por sempre me apontarem o caminho certo, por sempre me apararem os golpes e nunca me terem desiludido. Sem o vosso apoio, não seria metade da pessoa que sou hoje. São o exemplo que quero seguir.

Obrigado a todos, o vosso amigo,





## Resumo

---

A formação curricular orientada para a Engenharia de Processo é uma prioridade para as instituições de ensino de Engenharia Química. Por se tratar de uma área de complexidade elevada, existe a oportunidade de reforçar metodologias e regras referentes à elaboração de projetos de Engenharia de Processo, lecionados em instituições de ensino. Deste modo, este trabalho tem como principal objetivo rever e reunir as práticas industriais relativas ao *workflow* de um projeto de Engenharia de Processo, bem como a elaboração de documentos finais, (*deliverables*), com maior foco nos *Piping and Instrumental Diagrams* (P&ID). É demonstrado como apresentar estes diagramas de forma técnica, e como os elaborar com regras, normas e simbologia adequada.

De forma a reforçar a importância de outros *deliverables* como os desenhos isométricos e as listas de elementos processuais, é realizada uma análise a estes desenhos, e demonstrada uma prática adequada na construção destas listas.

Adicionalmente, é realizada uma comparação entre programas computacionais para a realização de diagramas P&ID. Nesta comparação foram analisadas plataformas básicas, como o Microsoft Viso e o Edraw Max, e uma plataforma avançada, o AutoCAD Plant 3D. Deste estudo conclui-se que, entre os softwares básicos não existem diferenças significativas, sendo estes muito idênticos na interface e no modo de trabalho, produzindo os mesmos resultados. Relativamente ao AutoCAD Plant 3D, conclui-se que disponibiliza um leque de funcionalidades muito superior aos softwares básicos, permitindo realizar tarefas adicionais, como por exemplo, a organização de dados processuais em listas e desenhos isométricos. Apesar da complexidade de aprendizagem, esta plataforma computacional deve ser adotada na elaboração de diagramas P&ID.

Por fim, são também realizadas exemplificações de casos práticos em AutoCAD Plant 3D, elaborados e explicados passo a passo.

**Palavras-chave:** Engenharia de Processo, Diagramas de Processo, Elementos Finais de Projeto, AutoCAD Plant 3D.



## Abstract

---

The curricular training oriented to process engineering is a priority for the educational institutions of chemical engineering. Because it's an area of high complexity, there is an opportunity to reinforce methodologies and rules regarding the elaboration of process engineering projects, taught at educational institutions. This work has the main objective to review industrial practices related to the workflow of a process engineering project, as well as the elaboration of final documents (deliverables), with greater focus on P&ID diagrams. It is demonstrated how to present these diagrams in a technical way, and how to elaborate them with rules, norms and appropriate symbology.

In order to reinforce the importance of other deliverables such as isometric drawings and lists of procedural elements, an analysis of these drawings is carried out, and an appropriate practice is demonstrated in the construction of these lists.

Additionally, a comparison is made between computational programs for the realization of P&ID diagrams. This comparison includes basic platforms, such as Microsoft Viso and Edraw Max, and an advanced platform, AutoCAD Plant 3D. This study concludes that, among the basic softwares there are no significant differences, since they are very identical in the interface and work mode, producing the same results. Relatively to AutoCAD Plant 3D, it is concluded that it offers a range of functionalities far superior to basic software, allowing to perform additional tasks, such as the organization of procedural data in lists and isometric drawings. Despite the complexity of learning, this computational platform should be adopted in the elaboration of P&ID diagrams.

Finally, examples of practical cases in AutoCAD Plant 3D are also performed, elaborated and explained step by step.

**Key-words:** Process Engineering, Process Diagrams, Deliverables, AutoCAD Plant 3D.



# Índice

---

<b>Resumo</b> .....	<b>vii</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>ix</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>xiii</b>
<b>Índice de tabelas</b> .....	<b>xvii</b>
<b>Acrónimos</b> .....	<b>xix</b>
<b>1. Introdução</b> .....	<b>1</b>
1.1. Contextualização do problema e suas motivações .....	1
1.2. Objetivos .....	2
1.3. Organização da dissertação .....	2
<b>2. Engenharia de Processo – Etapas e Principais Elementos</b> .....	<b>5</b>
2.1. Engenharia básica e de detalhe.....	5
2.2. Manual de engenharia .....	7
2.3. Elementos finais – <i>outputs (deliverables)</i> .....	10
<b>3. Deliverables</b> .....	<b>15</b>
3.1. Diagramas P&ID .....	15
3.1.1. Organização do documento.....	15
3.1.1.1. Designação do diagrama P&ID .....	20
3.1.2. Linhas nos diagramas .....	20
3.1.2.1. Designação das linhas de processo.....	21
3.1.2.2. Interligação entre diagramas .....	23
3.1.3. Simbologia e Designação de Elementos Processuais.....	23
3.1.3.1. Equipamentos .....	25
3.1.3.2. Instrumentação .....	28
3.1.3.3. Válvulas (corpo + atuador).....	31
3.2. Desenhos Isométricos.....	35
3.3. Listas de Equipamentos, Linhas e Acessórios.....	40
3.3.1. Lista de equipamentos .....	40
3.3.2. Lista de tubagens.....	42
3.3.3. Lista de válvulas, acessórios e instrumentação .....	44
<b>4. Software para a elaboração de Diagramas de Processo</b> .....	<b>47</b>
4.1. Software básico: Microsoft Visio e Edraw Max .....	47
4.2. Software avançado: AutoCAD Plant 3D.....	52
4.2.1. Menu Principal .....	53
4.2.2. <i>Project Manager</i> .....	54
4.2.3. <i>Command Line</i> e <i>Drafting Settings Bar</i> .....	55
4.2.4. <i>Tool Bars: Home, Insert, View e Output</i> .....	56

4.2.4.1. Separador – <i>Home</i> .....	56
4.2.4.2. Separador – <i>Insert</i> .....	60
4.2.4.3. Separador – <i>View</i> .....	61
4.2.4.4. Separador – <i>Output</i> .....	63
<b>5. Exemplo da aplicação do AutoCAD Plant 3D na elaboração de diagramas P&amp;ID.....</b>	<b>65</b>
5.1. Criação de um novo projeto e de desenhos .....	65
5.2. Introdução de elementos: tanques; válvulas; instrumentação.....	71
5.3. Atribuição de <i>tags</i> às tubagens .....	73
5.4. Interligação de desenhos: conectores .....	75
<b>6. Conclusões e trabalho futuro.....</b>	<b>81</b>
6.1. Conclusões.....	81
6.2. Trabalho futuro.....	82
<b>Referências .....</b>	<b>83</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>85</b>
Anexo I. <i>Deliverable</i> – Excerto de um relatório HAZOP. ....	87
Anexo II. Simbologia utilizada em desenhos isométricos de tubagens.....	89

## Índice de figuras

---

<b>Figura 2.1</b> – Tópicos do manual de engenharia. ....	7
<b>Figura 2.2</b> – Exemplos de <i>battery limits</i> definidos numa flange (Toghraei, 2019).....	8
<b>Figura 2.3</b> – Principais especificações referentes ao manual de engenharia.....	9
<b>Figura 2.4</b> – Alguns documentos a entregar relativos ao projeto.....	10
<b>Figura 2.5</b> – Exemplos de profissionais envolvidos na realização de diagramas P&ID. ....	12
<b>Figura 3.1</b> – Organização do diagrama de P&ID.....	16
<b>Figura 3.2</b> – Bloco referente ao título. ....	16
<b>Figura 3.3</b> – Bloco referente aos responsáveis e termos legais. ....	17
<b>Figura 3.4</b> – Bloco referente aos desenhos relacionados. ....	17
<b>Figura 3.5</b> – Bloco referente às revisões realizadas. ....	18
<b>Figura 3.6</b> – Bloco referente às notas e verificações.....	18
<b>Figura 3.7</b> – Diagrama final completo da proposta de organização da informação.....	19
<b>Figura 3.8</b> – Legenda das parcelas do código atribuído a diagramas P&ID. ....	20
<b>Figura 3.9</b> – Diferentes tipos de sobreposições de linhas.....	21
<b>Figura 3.10</b> – Legenda das várias parcelas da <i>tag</i> das tubagens. ....	22
<b>Figura 3.11</b> – Conectores de a) entrada, b) saída.....	23
<b>Figura 3.12</b> – Designação de equipamentos.....	25
<b>Figura 3.13</b> – Exemplo de um desenho isométrico de linhas de processo. ....	35
<b>Figura 3.14</b> – Comparação entre desenhos em perspetiva isométrica e respetiva projeção ortogonal a) linha de processo, b) esquema industrial.....	36
<b>Figura 3.15</b> – Comparação de detalhe da simbologia de a) projeções ortogonais e b) e utilizada em projeções isométricas. ....	36
<b>Figura 3.16</b> – Simbologia de ligação das tubagens, utilizada em desenhos isométricos.....	37
<b>Figura 3.17</b> – Exemplo de um desenho isométrico simples.....	38
<b>Figura 3.18</b> – Exemplo de um desenho tridimensional (3D) de uma instalação industrial realizada em software CAD.....	39
<b>Figura 3.19</b> – Lista organizada de equipamentos de uma secção.....	41
<b>Figura 3.20</b> – Lista organizada de linhas de processo. ....	43
<b>Figura 3.21</b> – Lista organizada de válvulas, acessórios e instrumentação. ....	45
<b>Figura 4.1</b> – a) Principais menus utilizados no Microsoft Visio; b) Principais menus utilizados no Edraw Max.....	48
<b>Figura 4.2</b> – a) Biblioteca do Microsoft Visio; b) Biblioteca do Edraw Max.....	49
<b>Figura 4.3</b> – Exemplo de diagrama P&ID elaborado em Microsoft Visio.....	50
<b>Figura 4.4</b> – Exemplo de diagrama P&ID elaborado em Edraw Max. ....	51
<b>Figura 4.5</b> – Página inicial do AutoCAD Plant 3D.....	53

<b>Figura 4.6</b> – a) Opções básicas do programa, no menu principal do AutoCAD; b) Janela dos vários <i>workspaces</i> disponíveis. ....	53
<b>Figura 4.7</b> – a) Disposição do menu <i>Project Manager</i> ; b) Janela onde se encontra uma das vias para iniciar um novo projeto. ....	54
<b>Figura 4.8</b> – a) Vista da <i>Command line</i> e da <i>Drafting settings bar</i> ; b) Comandos dispostos pela <i>Command line</i> para a letra “C”, correspondente à seta número 1; c) Opções de cursor, correspondente à seta 2; d) Opções de normas a apresentar no <i>workspace</i> , correspondente à seta 3.....	55
<b>Figura 4.9</b> – Vista geral dos comandos pertencentes ao separador <i>Home</i> .....	56
<b>Figura 4.10</b> – Bloco <i>Project</i> pertencente ao separador <i>Home</i> .....	57
<b>Figura 4.11</b> – Vista geral da janela <i>Data Manager</i> com exemplo de linhas de tubagens.....	57
<b>Figura 4.12</b> – Bloco P&ID pertencente ao separador <i>Home</i> . ....	58
<b>Figura 4.13</b> – Janela <i>Assing Tag</i> para uma linha de tubagem.....	58
<b>Figura 4.14</b> –Bloco P&ID <i>Painter</i> pertencente ao separador <i>Home</i> . ....	59
<b>Figura 4.15</b> – Bloco <i>Layers</i> pertencente ao separador <i>Home</i> .....	59
<b>Figura 4.16</b> – Bloco <i>Utilities</i> pertencente ao separador <i>Home</i> .....	59
<b>Figura 4.17</b> – Vista geral dos comandos pertencentes ao separador <i>Insert</i> .....	60
<b>Figura 4.18</b> – Bloco <i>Import</i> pertencente ao separador <i>Insert</i> . ....	60
<b>Figura 4.19</b> – Janela <i>Import PDF</i> de um desenho P&ID. ....	60
<b>Figura 4.20</b> – Vista geral dos comandos pertencentes ao separador <i>View</i> . ....	61
<b>Figura 4.21</b> – Bloco <i>Palettes</i> pertencente ao separador <i>Insert</i> . ....	61
<b>Figura 4.22</b> – Simbologia presente em a) <i>Lines</i> , b) <i>Equipment</i> , c) <i>Valves</i> e d) <i>Intruments</i> .....	61
<b>Figura 4.23</b> – Bloco <i>Interface</i> pertencente ao separador <i>Insert</i> .....	62
<b>Figura 4.24</b> – Opções referentes à <i>interface</i> do <i>workspace</i> .....	62
<b>Figura 4.25</b> – Visualização dos: a) separadores de desenhos; b) layers do <i>workspace</i> . ....	62
<b>Figura 4.26</b> – Bloco <i>Viewport Tools</i> pertencente ao separador <i>Insert</i> .....	63
<b>Figura 4.27</b> – a) Plano Cartesiano; b) Cubo de mudanças de vistas, WCS; c) Barra de navegação. ...	63
<b>Figura 4.28</b> – Vista geral dos comandos pertencentes ao separador <i>Output</i> . ....	63
<b>Figura 4.29</b> – Bloco <i>Export to DWF/PDF</i> pertencente ao separador <i>Insert</i> .....	63
<b>Figura 5.1</b> – Janela (1 de 6) de um Novo Projeto.....	66
<b>Figura 5.2</b> – Janela (2 de 6) de um Novo Projeto.....	66
<b>Figura 5.3</b> – Janela (3 de 6) de um Novo Projeto.....	67
<b>Figura 5.4</b> – a) Janela de um Novo Desenho P&ID; b) Janela para escolha do <i>template</i> P&ID.....	68
<b>Figura 5.5</b> – <i>Template A</i> para a elaboração de diagramas P&ID disponibilizado na biblioteca do AutoCAD Plant 3D.....	69
<b>Figura 5.6</b> – <i>Template B</i> para a elaboração de diagramas P&ID disponibilizado na biblioteca do AutoCAD Plant 3D.....	70



<b>Figura 5.7</b> – a) Separador <i>Fittings</i> ; b) Colocação do objeto no <i>workspace</i> ; c) Separador <i>Lines</i> ; d) Barra de ferramentas; e) Opção <i>Quadrant</i> ; f) Colocação da tubagem; g) Tubagem aplicada; h) Colocação de equipamento; i) Janela da atribuição de <i>tag</i> (Predefinição K); j) Resultado final.....	71
<b>Figura 5.8</b> – a) Seleção do <i>midpoint</i> ; b) Arrastamento do tanque; c) Resultado do arrastamento; d) Resultado do comando [ <b>Break</b> ]; e) Indicação a vermelho da secção a eliminar; f) Resultado final.....	72
<b>Figura 5.9</b> – Resultado da adição de objetos num diagrama P&ID. ....	73
<b>Figura 5.10</b> – a) Menu das propriedades da tubagem, <i>Assign Tag</i> ; b) Tipos de material das tubagens da base de dados; c) Tipos de fluido circulante da base de dados. ....	74
<b>Figura 5.11</b> – a) Colocação da <i>tag</i> da tubagem após premir a opção [ <b>Assign</b> ] da Figura 5.10.a); b) Resultado final. ....	75
<b>Figura 5.12</b> – a) Colocação do conector no <i>workspace</i> ; b) Parte das propriedades do conector; c) Primeiras especificações definidas; d) Desenho secundário a conectar. ....	76
<b>Figura 5.13</b> – a) e b) Exemplificação de como abrir a janela “ <i>Create Connection</i> ”; c) Janela “ <i>Create Connection</i> ”.....	77
<b>Figura 5.14</b> – a) e b), representação do resultado final do primeiro e segundo desenho, respetivamente; c) Opções disponíveis do conector após emparelhamento. ....	78
<b>Figura 5.15</b> – a) Menu “ <i>Project Manager</i> ”; b) Propriedades do desenho, “ <i>Drawing Properties</i> ”. ....	78



## Índice de tabelas

---

<b>Tabela 2.1</b> – Comparação entre elementos referentes à engenharia básica e de detalhe.....	6
<b>Tabela 3.1</b> – Simbologia de Linhas de Instrumentação, seguindo a norma ANSI/ISA-5.1-2009.....	21
<b>Tabela 3.2</b> – Exemplos de atribuição de códigos a elementos constituintes de diagramas PFD e diagramas P&ID.....	24
<b>Tabela 3.3</b> – Símbolos para diagramas PFD e P&ID – Bombas (01 e 04), Compressores (02 e 05) e Turbinas (03 e 06). .....	26
<b>Tabela 3.4</b> – Símbolos para diagramas PFD e P&ID – Tanques (01, 02 e 03); Reator (04); Caldeira (05); Motores (06 e 07); Colunas (08 e 09). .....	27
<b>Tabela 3.5</b> – Símbolos para diagramas PFD e P&ID – Permutadores de calor. ....	28
<b>Tabela 3.6</b> – Designação dos instrumentos nos diagramas, seguindo a norma ANSI/ISA-5.1-2009....	29
<b>Tabela 3.7</b> – Simbologia de tipos de controladores, dispositivos, seguindo a norma ANSI/ISA-5.1-2009. ....	30
<b>Tabela 3.8</b> – Controlo Elemental Final – Corpo de Válvulas.....	32
<b>Tabela 3.9</b> – Controlo Elemental Final – Atuadores de Válvulas de Controlo. ....	33
<b>Tabela 3.10</b> – Controlo Elemental Final – Dispositivos de Auto-Atuação. ....	34



## Acrónimos

---

<b>ABS</b>	Coluna de Absorção
<b>ANSI</b>	<i>American National Standards Institute</i>
<b>BFD</b>	<i>Block Flow Diagram</i>
<b>BL</b>	<i>Battery limits</i>
<b>BS</b>	<i>British Standards</i>
<b>CAE</b>	Classificação Portuguesa das Atividade Económicas
<b>DCS</b>	<i>Distributed Control System</i>
<b>DIN</b>	<i>Deutsches Institut für Normung</i>
<b>FC</b>	<i>Fail Closed</i>
<b>FEED</b>	<i>Front End Engineering Design</i>
<b>FMEA</b>	<i>Failure Modes and Effects Analysis</i>
<b>FO</b>	<i>Fail Open</i>
<b>HAZOP</b>	<i>Hazard and Operability Analysis</i>
<b>HVAC</b>	<i>Heat Ventilation and Air Conditioning</i>
<b>I&amp;C</b>	<i>Instrumentation and Control</i>
<b>IN</b>	Inches
<b>ISA</b>	<i>International Society of Automation</i>
<b>ISBL</b>	<i>Inside battery limits</i>
<b>ISO</b>	<i>International Organization for Standardization</i>
<b>JIS</b>	<i>Japanese Industrial Standards</i>
<b>MHA</b>	<i>Major Hazard Analysis</i>
<b>NC</b>	<i>Normally Closed</i>
<b>NO</b>	<i>Normally Open</i>
<b>OSBL</b>	<i>Outside battery limits</i>
<b>P&amp;ID</b>	<i>Piping and Instrumental Diagrams</i>
<b>PFD</b>	<i>Process Flow Diagrams</i>
<b>PIP</b>	<i>Process Industry Practices</i>
<b>PL&amp;P</b>	<i>Plot plant and Piping</i>
<b>PLC</b>	<i>Programmable Logic Controllers</i>
<b>PVC</b>	Policloreto de Vinilo
<b>R</b>	Reator

<b>REV</b>	Revisão
<b>RPM</b>	Rotações por minuto
<b>SI</b>	Sistema Internacional de Unidades
<b>TK</b>	Tanque
<b>WCS</b>	<i>World Coordinate System</i>
<b>XX</b>	Eixo dos xx's
<b>YY</b>	Eixo dos yy's

# Capítulo 1

---

## Introdução

Neste capítulo é feita uma descrição do problema e das motivações subjacentes à prática industrial da Engenharia de Processo. É uma área que envolve um vasto leque de profissionais com diversas funções a trabalhar no mesmo sentido. Desde investidores, engenheiros, passando pelos projetistas, ambientalistas, até aos gestores do projeto. Devido ao facto de ser um domínio complexo, existem regras que têm de ser respeitadas e práticas de referência que devem ser consideradas.

### 1.1. Contextualização do problema e suas motivações

As equipas de Projeto de Processo elaboram documentos técnicos (*deliverables*), que englobam informações sobre a construção, supervisão e manutenção da instalação industrial. A realização de Projetos de Engenharia de Processo, implica, da parte do cliente, a definição de requisitos e especificações. A aplicação do *know-how* e apresentação de soluções, (*deliverables*), é da responsabilidade da equipa que realiza o projeto. Estas equipas podem pertencer a empresas externas, especializadas em Engenharia de Processo, ou, serem equipas da própria empresa, de departamentos dedicados a este fim. Deste modo, é possível identificar dois contextos em que a prática de Engenharia de Processo está desenvolvida e organizada no meio industrial: o *workflow* realizado por empresas especializadas em Engenharia de Processo e o *workflow* praticado pelas empresas que realizam os seus próprios projetos. A TechnipFMC ([www.technipfmc.com](http://www.technipfmc.com)), a Technoedif ([www.technoedif.com](http://www.technoedif.com)) e a A4engenharia ([www.a4engenharia.com](http://www.a4engenharia.com)) são exemplos de empresas especializadas, contratadas por outras

empresas que desejam implementar ou fazer evoluir uma instalação industrial. Possuem uma alargada equipa de profissionais especializados em todas as áreas, o que permite realizarem qualquer projeto de raiz. Detêm métodos de trabalho otimizados, utilizando softwares detalhados para cada fase do Projeto do Processo, como por exemplo na realização de estudos *Hazard and Operability Analysis* (HAZOP), na organização de dados, nas simulações tanto económicas como estruturais (modelos 3D), e, na elaboração de diagramas P&ID e desenhos isométricos. Por outro lado, nas empresas do setor químico que realizam projetos de Engenharia de Processo, os seus recursos humanos e logísticos não são tão especializados.

Posto isto, o foco deste trabalho está associado aos *deliverables* principais constituintes de um Projeto de Engenharia de Processo, sendo necessário identificá-los, e assim analisar o processo mais eficiente possível na sua elaboração. Para tal, é feita uma conexão com uma indústria que possui um departamento de projeto de Engenharia de Processo, de forma a que a análise do seu *workflow* possibilite extrair as práticas recomendáveis neste domínio.

### 1.2. Objetivos

Esta dissertação de mestrado tem como principal objetivo rever as práticas industriais relativas ao *workflow* de um Projeto de Engenharia de Processo, bem como a elaboração de documentos finais, (*deliverables*), associados. Assim, o foco é reunir informações fundamentais que possam contribuir para descrever o *workflow* da Engenharia de Processo, bem como tornar mais eficiente a elaboração de diagramas de fabrico, nomeadamente diagramas P&ID e outros *deliverables*. Consequentemente, é também objetivo a realização de um levantamento das características e potencialidades de programas computacionais comumente utilizados em Engenharia de Processo: o Microsoft Visio e o AutoCAD Plant 3D. Este trabalho pretende ainda demonstrar, através de exemplos simples, a aplicação destas ferramentas computacionais na elaboração de diagramas P&ID.

### 1.3. Organização da dissertação

A dissertação encontra-se organizada em 6 capítulos. O primeiro contextualiza o problema, as suas motivações e os objetivos do trabalho. No Capítulo 2 são descritas as etapas e principais elementos da Engenharia de Processo. São abordados assuntos como engenharia básica e de detalhe e o manual de engenharia. Por fim, são elencados os principais elementos finais de um projeto de Engenharia de Processo. No Capítulo 3 são reunidos os principais *deliverables*. São apresentados os componentes fundamentais no reforço dos conhecimentos na elaboração de diagramas P&ID, como por exemplo a sua configuração, a simbologia a utilizar,



ou a designação de elementos. Também é dedicada uma secção ao desenhos isométricos e documentos relacionados, explicando o seu propósito e suas características. Para terminar o capítulo são demonstradas práticas de como realizar as listas de elementos processuais pertencentes aos diagramas P&ID, como por exemplos, de equipamentos, de linhas processuais e de válvulas. O Capítulo 4 compreende uma revisão de programas computacionais básicos e avançados para a realização de diagramas P&ID. Neste capítulo é introduzida a aplicação dos menus da plataforma AutoCAD Plant 3D. No Capítulo 5 são apresentados vários exemplos, passo-a-passo, de como realizar comandos e ações na plataforma AutoCAD Plant 3D. Por fim, no Capítulo 6, são apresentadas as principais conclusões e as perspectivas de trabalho futuro.



## Capítulo 2

---

# Engenharia de Processo – Etapas e Principais Elementos

Neste capítulo são apresentadas as principais linhas do *workflow* de Engenharia de Processo na perspectiva da prática industrial. Para tal, são abordados os tópicos da engenharia básica e de detalhe, de forma a ter uma noção de quais as tarefas que se realizam em primeiro lugar, e as que se efetuam numa fase mais avançada. Outro tópico referido é o manual de engenharia. Este é outro elemento que é elaborado pelas indústrias para preparar um projeto. Por fim, são também apresentados os principais elementos finais (*outputs*), de um projeto. Em capítulos seguintes alguns destes *outputs* são explorados e explicados de forma mais detalhada.

### 2.1. Engenharia básica e de detalhe

Um projeto de uma instalação industrial é dividido em duas categorias, engenharia básica e engenharia de detalhe. A maioria dos elementos da engenharia básica são lecionados nas instituições de ensino de Engenharia Química. Relativamente à engenharia de detalhe, esta não é, em geral, abordada com tanto pormenor devido à sua complexidade. Na Tabela 2.1 apresentam-se os elementos de ambas as categorias de projeto de uma instalação industrial.

## 2. Engenharia de Processo – Etapas e Principais Elementos

**Tabela 2.1** – Comparação entre elementos referentes à engenharia básica e de detalhe (Pinto, 2019).

Engenharia básica	Engenharia de detalhe
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Balanços mássicos; informação sobre as correntes do processo;</li><li>▪ Diagramas processuais (PFD);</li><li>▪ Descrição do processo;</li><li>▪ P&amp;ID preliminares;</li><li>▪ Especificação das utilidades necessárias;</li><li>▪ Especificação dos efluentes e emissões gasosas;</li><li>▪ Lista de fluidos;</li><li>▪ Lista de símbolos e unidades;</li><li>▪ Estudo de HAZOP;</li><li>▪ P&amp;ID finais (utilidades e processo);</li><li>▪ Dimensionamento preliminar de equipamento;</li><li>▪ Dimensionamento preliminar de válvulas e instrumentos;</li><li>▪ Lista preliminar de equipamento com dados de projeto e informação de pesos;</li><li>▪ Faseamento do projeto (<i>time schedule</i>).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Lista de normas e códigos aplicáveis;</li><li>▪ Projeto de sistemas de segurança e alívio;</li><li>▪ Especificações e dados de projeto do equipamento;</li><li>▪ Desenhos finais de equipamento;</li><li>▪ Recomendações quanto a isolamento, se necessário;</li><li>▪ Especificação de <i>piping</i>;</li><li>▪ Projeto de <i>piping</i>, incluindo isométricos e cálculos de flexibilidade;</li><li>▪ Especificação de válvulas;</li><li>▪ Listas de válvulas manuais e automáticas;</li><li>▪ Lista final de instrumentos;</li><li>▪ Lista de consumidores elétricos;</li><li>▪ Projeto elétrico;</li><li>▪ Projeto de construção civil e estruturas;</li><li>▪ Procedimentos de operação:<ul style="list-style-type: none"><li>- Primeiro arranque;</li><li>- Arranque normal;</li><li>- Operação normal;</li><li>- Paragem (<i>shut-down</i>);</li><li>- Paragens anormais e de emergência.</li></ul></li></ul>

Como se pode observar, elementos como o diagrama de blocos, o diagrama PFD, balanços mássicos, utilidades ou dimensionamento dos equipamentos, são geralmente abordados no âmbito de um plano curricular de Engenharia Química. Contudo, existem etapas importantes do projeto onde é necessário reforçar a formação curricular a nível académico, como por exemplo, a construção apropriada de diagramas P&ID e a elaboração de listagens completas de equipamentos, de válvulas e de tubagens do processo. No Capítulo 3 é referido como proceder para desenvolver estes tópicos.

Na secção seguinte, é introduzido o manual de engenharia, que engloba as especificações de um projeto de Engenharia de Processo, assente na engenharia básica e de detalhe.

## 2.2. Manual de engenharia

O manual de engenharia é o guia de apoio às atividades de engenharia necessárias ao desenvolvimento do projeto de acordo com as especificações de base, as normas, as regras e as técnicas pré-estabelecidas pela empresa. Assim, o cliente industrial pré-define as regras e especificações que terão de ser cumpridas pela equipa de projeto. Por exemplo, se for definido no manual de engenharia que todas as especificações das unidades processuais têm de estar definidas em unidades do Sistema Internacional de Unidades (SI) os responsáveis do projeto deverão elaborar toda a documentação do projeto nesse sistema de unidades.

São apresentados na Figura 2.1 os principais tópicos do manual de engenharia, que são posteriormente abordados em detalhe.



**Figura 2.1** – Tópicos do manual de engenharia.

### *Definição da capacidade a instalar*

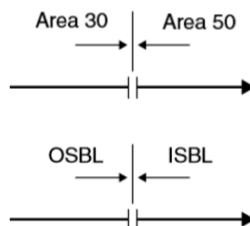
Em todos os projetos existe uma meta de produção, que serve como base para todos os cálculos necessários inerentes aos processos envolventes. A esta meta é adicionado 15% a 30% a mais do valor de produção pretendido devido à probabilidade de existirem perdas ou problemas na produção, garantindo, assim, sempre a meta pretendida. Este valor final é a capacidade que deve ser instalada na unidade industrial.

### *Armazenagens necessárias*

Definida a capacidade a instalar, é possível então definir as armazenagens necessárias ao projeto. Deste modo, esta informação permite dimensionar os tanques e reservatórios necessários ao projeto.

### *Definição de limites de bateria*

Os limites de bateria, ou *battery limits (BL)*, são limites representados nos diagramas P&ID de forma a indicar onde começa e acaba uma área com certas especificações. Podem ser definidos de duas formas, por áreas da fábrica, ou, de uma forma mais geral, dentro ou fora dos BL, *inside battery limits (ISBL)* ou *outside battery limits (OSBL)*, respetivamente, como representado pela Figura 2.2 (Toghraei, 2019).



**Figura 2.2** – Exemplos de *battery limits* definidos numa flange (Toghraei, 2019).

Estes limites são definidos quando existe alguma propriedade ou característica que é necessária limitar nos diagramas P&ID. Na prática podem ser limites físicos, como por exemplo uma flange, um ponto numa tubagem ou representados por uma coordenada do mapa. Por exemplo, em muitos casos as indústrias estão interligadas através de tubagens para trocarem os seus produtos de forma mais eficiente e económica. Nestes casos é necessário definir uma fronteira que indica o local onde as fábricas começam e acabam, ou seja, o ponto que separa as duas áreas fabris, identificando desta forma os responsáveis por ambas.

### *Especificação de matérias primas e produtos*

Especificar as propriedades pretendidas das matérias primas e dos produtos de um processo industrial é fundamental para que as equipas de projeto percebam como devem atuar na sua manipulação. Em todas as instalações industriais, sejam simples ou complexas, definem-se listas com as matérias primas e os produtos finais. Isto permite ter catalogado todas as substâncias. Assim, por exemplo, é facilitado o trabalho das equipas de projeto na implementação de condições de segurança a estas substâncias.

### *Especificação de utilidades*

É necessário especificar o tipo de utilidades que a instalação industrial irá adotar. Ou seja, é referido no Manual de Engenharia se as utilidades a instalar são, por exemplo, uma torre de arrefecimento, ou um permutador de calor com líquido de refrigeração, ou inclusive se é

feita troca de calor com outras instalações industriais vizinhas. Deste modo, a equipa de projeto realiza a integração energética de acordo com essa especificação.

### *Licenciamento industrial*

Relativamente ao licenciamento industrial, este é pedido após a instalação industrial ser projetada. Contudo, podem existir especificações no Manual de Engenharia sobre que tipo de licenciamento é pretendido. Isto é, por exemplo, pode ser requisito que a instalação não ultrapasse uma potência elétrica contratada superior a 99kVA, de modo a que o licenciamento seja mais fácil de obter. Nestes casos, a equipa de projeto tem de restringir, por exemplo, tecnologias, de forma a cumprir esse requisito.

Os termos do licenciamento industrial podem ser consultados no Decreto-Lei n.º 169/2012 de 1 de agosto e do Decreto-Lei n.º 73/2015 de 11 de maio.

Na Figura 2.3 apresentam-se as principais especificações que constam num manual de engenharia. Estão agrupadas em requisitos gerais, *layout* geral, normas de projeto de equipamento e instrumentação (Pinto, 2019).

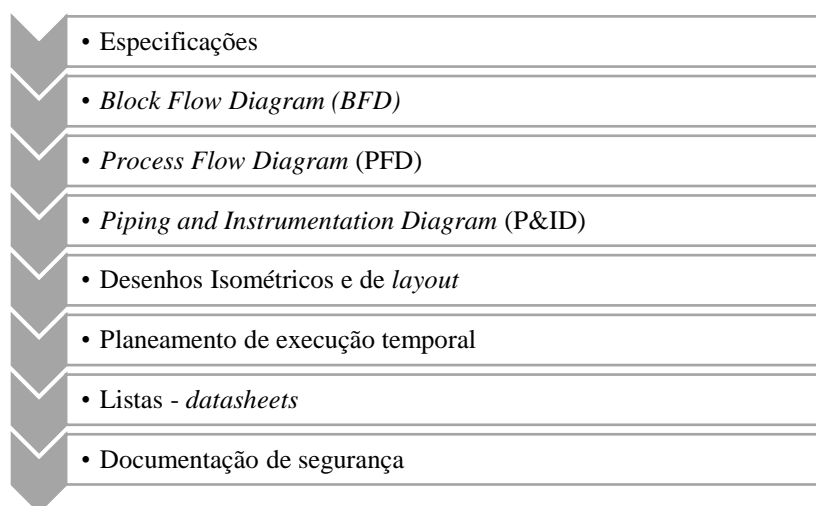
Requisitos gerais	<i>Layout</i> geral	Normas de projeto de equipamento	Instrumentação
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Códigos e normas</li> <li>• Leis e regulamentos</li> <li>• Unidades de medida</li> <li>• Códigos de fluidos</li> <li>• Medidas antipoluição</li> <li>• Sistema de isolamento</li> <li>• Proteção anti-incêndio</li> <li>• Sistemas de alívio de pressão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Layout</i> básico</li> <li>• Espaçamento entre equipamentos</li> <li>• Espaço necessário à manutenção</li> <li>• Limitações ao transporte de equipamento para o local</li> <li>• Espaço para futuras expansões</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permutadores de calor</li> <li>• Bombas, compressores e ventiladores</li> <li>• Pressões e temperaturas; colunas, vasos e recipientes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de controlo</li> <li>• Especificação do DCS</li> <li>• <i>Hook-Ups</i></li> <li>• Especificações gerais de equipamento</li> </ul>

**Figura 2.3** – Principais especificações referentes ao manual de engenharia (Pinto, 2019).

Na secção seguinte, são apresentados os principais documentos a serem entregues pelas equipas de projeto. Estes têm de estar de acordo com o Manual de Engenharia entregue pela empresa cliente.

### 2.3. Elementos finais – *outputs (deliverables)*

O desenvolvimento de um projeto de Engenharia geralmente envolve a realização de um estudo FEED, *Front End Engineering Design* (EPC Engineer, 2014-2016). Este estudo consiste num documento pouco extenso, não mais do que duas folhas A4, que define os aspetos operacionais e ambientais, as matérias-primas e os produtos finais, bem como as tecnologias associadas. Quando se evolui para a fase do projeto mais detalhada, o Projeto de Engenharia é constituído por diversos documentos. Quando são produzidos por uma empresa especializada são intitulados de *deliverables*. Trata-se do conjunto de documentos a entregar à empresa cliente, que possibilita a construção da unidade fabril, ou, em geral, aprovar formalmente a sua construção. Na Figura 2.4 são apresentados alguns dos documentos mais relevantes, pela ordem normal em que são elaborados, embora alguns deles sejam parcialmente realizados em simultâneo.



**Figura 2.4** – Alguns documentos a entregar relativos ao projeto (Moran, 2015).

#### *Especificações*

Existem diversas especificações sobre o projeto que são introduzidas ao longo do seu desenvolvimento. As especificações são classificadas como padrão e específicas. As especificações padrão podem ser definidas pela legislação, pelo licenciamento industrial, por normas, entre outros. As especificações específicas são em muito maior número e são relativas às metas de produção, ao tipo de processo, às frações de corte, entre muitas outras. A definição das especificações constitui um dos primeiros passos a definir num projeto de processo (Moran, 2015).



### *Block Flow Diagram*

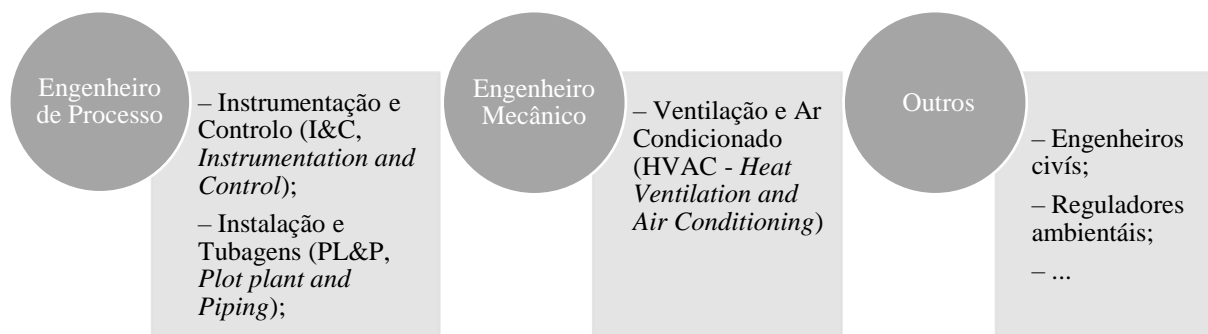
Um Diagrama de Blocos, *Block Flow Diagram* (BFD), é um desenho simples de um sistema de forma a entender as bases de todos os processos envolvidos. É constituído, como o nome indica, por blocos, todos iguais que podem representar um equipamento ou um conjunto inteiro de operações. Contém também a enumeração das correntes e o sentido dos materiais nelas existentes. Num processo complexo, estes diagramas têm a vantagem de serem mais simples e permitirem uma maior facilidade no entendimento de todo o processo.

### *Process Flow Diagram*

Após o BFD ser completado, é adicionado detalhe ao diagrama de forma a obter-se um PFD. Basicamente é um diagrama expandido onde os blocos são substituídos pelos símbolos específicos correspondentes a cada equipamento. Também é adicionado equipamento principal, como, por exemplo, equipamentos e válvulas, e também informação sobre o tipo de substâncias e suas quantidades que circulam em cada corrente. Tem como principal vantagem o facto de representar com maior detalhe o processo, sendo assim benéfico para qualquer situação onde seja necessário um estudo do mesmo, isto é, melhoria ou manutenção, por exemplo (Moran, 2015). Em comparação com um P&ID, tem a vantagem de ser mais simples, ou seja, de mais fácil entendimento geral. Contudo, na indústria é pouco utilizado, sendo o P&ID mais recorrente para qualquer situação do dia-a-dia.

### *Piping and Instrumentation Diagram*

Um P&ID contém informações sobre a instalação industrial, isto é, os equipamentos, a instrumentação aplicada e suas ligações, propriedades das tubagens, e ainda mecanismos de emergência segundo símbolos *standard* e sem orientação espacial. É usado, por exemplo, em todos os processos de fábricas de pasta e papel, refinarias, farmacêuticas entre outras. Porém, existem indústrias onde não faz sentido, isto é, onde não existem processos de transformação, como por exemplo linhas de montagem. É um documento que desde o início do projeto até a sua implementação, envolve um vasto grupo de engenheiros, das mais diversas áreas de engenharia, representados na Figura 2.5.



**Figura 2.5** – Exemplos de profissionais envolvidos na realização de diagramas P&ID (Toghraei, 2019).

O papel de um P&ID é de extrema importância, pois este é usado durante todo o processo, desde o seu desenvolvimento e aperfeiçoamento, até à manutenção da fábrica, depois de estar em funcionamento. É um documento que é frequentemente usado por operadores, engenheiros de controlo e de manutenção.

### *Desenhos Isométricos e de Layout*

Os desenhos Isométricos e de *Layout* de um processo industrial especificam a forma de como a fábrica será implementada, isto é, todas as informações da tubagem a instalar, a localização relativa dos equipamentos, infraestruturas, acessos, etc. Fornece informação suplementar, sobre as dimensões, as elevações e disposição de toda a unidade industrial. Para além disso, é possível ter acesso a informações como, por exemplo, zonas de expansão, localização de armazéns, entradas e saídas da fábrica, entre outras (Pinto, 2019).

### *Planeamento de execução temporal*

Em todos os projetos é realizado um planeamento temporal da implementação da fábrica, onde as várias tarefas são organizadas em diagramas de Gantt. Os recursos associados a estas tarefas são cuidadosamente planeados e analisados de forma a minimizar o tempo e custo de todo o processo. Dividem-se em processos contínuos, que dizem respeito ao planeamento do projeto de construção, e processos descontínuos, relativos à operação da instalação (Moran, 2015).

### *Listas - datasheets*

Existem listas que são necessárias elaborar de forma a organizar toda a informação referente ao processo. São, por exemplo, listas de equipamentos, de válvulas, de linhas

processuais, que são fundamentais para obter informação específica sobre os vários componentes do processo de fabrico. Estas listas compreendem informação sobre especificações de funcionamento, material de construção, lugar de instalação, entre outras. São ainda organizadas *datasheets* com algumas destas informações para serem entregues aos fabricantes dos equipamentos, de forma a saberem as especificações requeridas para o processo (Pinto, 2019).

### *Documentação de Segurança*

A indústria química, pela natureza dos seus processos e matérias, exige muitos cuidados a todos os níveis. É de extrema importância que uma instalação industrial satisfaça um conjunto de critérios de segurança de modo a minimizar a ocorrência de acidentes que possam colocar em risco vidas humanas e o ambiente, bem como o capital investido. Desta forma é necessário preservar ao máximo a integridade de todos e minimizar os possíveis danos na instalação. Para isso são realizados estudos, como por exemplo, HAZOP, *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA), *Major Hazard Analysis* (MHA), de forma a identificar potenciais perigos e falhas funcionais existentes na unidade fabril. Os seus objetivos são o de minimizar o risco de acidentes, bem como as consequências destes, e garantir a segurança dos trabalhadores (Dunjo, et al., 2009) (PrimaTech, 2019). Estes estudos são realizados principalmente em processos químicos complexos. Contudo, em instalações simples, como estações de tratamentos de água, também podem ser feitos. São realizados por um vasto grupo interdisciplinar de *experts* em várias áreas, naturalmente envolvendo engenheiros químicos, mecânicos, civis, ambientais, bem como outros técnicos especializados, como por exemplo, eletricitas. Estes trabalham em conjunto para elaborar relatórios, *deliverables*, que identificam possíveis perigos e riscos processuais e também falhas no design industrial. No Anexo I pode ser consultado um excerto de um relatório HAZOP. Uma descrição mais detalhada das metodologias HAZOP pode ser encontrada em (PQRI, 2015).

A seguir, o Capítulo 3 engloba a elaboração de *deliverables* com mais detalhe, nomeadamente os diagramas P&ID, os desenhos isométricos e as listas de elementos processuais. São apresentadas e explicadas regras e metodologias utilizadas nas suas elaborações.



## Capítulo 3

---

### *Deliverables*

Neste capítulo são descritas regras e metodologias para melhorar e compreender a elaboração de *deliverables*. Estes desempenham funções muito distintas que são analisadas nas secções seguintes, nomeadamente, diagramas P&ID, desenhos isométricos e listas para catalogar/organizar elementos processuais.

#### **3.1. Diagramas P&ID**

Em primeiro lugar, é referido como configurar de forma técnica e organizada, a apresentação das informações adicionais ao diagrama P&ID, isto é, a configuração de todo o documento. Em seguida, são demonstradas as linhas utilizadas, suas designações e conexão com outros diagramas P&ID. É também apresentada simbologia para diagramas PFD e diagramas P&ID relativa a equipamentos, instrumentação e válvulas.

##### **3.1.1. Organização do documento**

No meio industrial, cada empresa possui uma metodologia própria na organização e construção de diagramas P&ID. Existem características comuns que são fundamentais para que qualquer pessoa do ramo consiga interpretá-los. Por exemplo, é sempre necessário um espaço reservado para o título do diagrama, bem como indicar o autor do desenho do diagrama e os termos legais. Informações como diagramas relacionados, revisões realizadas ou notas e verificações são aspetos importantes, mas secundários, que podem, ou não, estar presentes. Contudo, como são desenhos técnicos, existem normas para a sua elaboração, nomeadamente para o tamanho do documento. Por exemplo, o *American National Standards Institute*, ANSI,

### 3. Deliverables

recomenda o tamanho “D”. A *International Organization for Standardization*, (ISO), recomenda o tamanho “A1” para a elaboração destes documentos, segundo a norma ISO 15519-2:2015. Sempre que possível, são usadas as normas ISO nas descrições efetuadas ao longo do trabalho, exceto quando tal não é possível, ou é indicada outra norma. Na Figura 3.1 está representada uma possível forma de como organizar um desenho P&ID.



**Figura 3.1** – Organização do diagrama de P&ID (Toghraei, 2019).

Em seguida é apresentado e explicado cada bloco constituinte do P&ID, bem como um diagrama final completo da proposta de organização da informação nele reportada.

#### Título

Neste bloco, são apresentadas as informações principais relevantes ao documento. É onde se identifica a empresa, o tipo de diagrama (neste caso um P&ID) bem como o seu código de identificação e a última revisão feita (Figura 3.2).

SÍMBOLO 	
TÍTULO Diagrama de Instrumentação e Tubagens Purificação de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
Desenho N°	REV N°
01.01.001	1

**Figura 3.2** – Bloco referente ao título.

Responsáveis e licença

Neste bloco são indicadas as pessoas responsáveis pelo diagrama, como por exemplo o designer ou o engenheiro. Também podem ser indicados os termos legais do documento, se necessário (Figura 3.3).

Responsáveis // Licença	
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 5px;"> <p><i>Permissão</i>                      Data: __/__/__</p> <p>Assinatura: _____</p> <p>Nº: _____</p> </div>	
<p>Este documento foi preparado exclusivamente para X por Y e sujeita aos termos e condições de seu contrato com Y...</p>	

**Figura 3.3** – Bloco referente aos responsáveis e termos legais.

Desenhos relacionados

Uma vez que existem vários diagramas P&ID, é necessário listar os que fazem parte do diagrama apresentado. Isto é, diagramas com interesse para uma melhor compreensão do P&ID em questão e diagramas interligados. Estes podem ter informações que são omitidas no desenho, como por exemplo legendas (Figura 3.4).

Des. Nº	Desenhos Relacionados	Rev.
01.02.001	Uti. fria – Água de refr.	A

**Figura 3.4** – Bloco referente aos desenhos relacionados.

Revisões realizadas

Este bloco compreende uma tabela que contém informações sobre as últimas revisões feitas ao P&ID, assim como a sua data e o responsável da revisão. Encontra-se a meio do diagrama e é preenchida de baixo para cima de forma a não se confundir com a informação presente na tabela dos desenhos relacionados (Figura 3.5).

### 3. Deliverables

---

0	13/01/2013	Emitido para Aprovação	-
<b>Nº.</b>	<b>Data</b>	<b>Revisão</b>	<b>Responsável</b>

**Figura 3.5** – Bloco referente às revisões realizadas.

#### Notas e verificações

Por fim, no bloco de notas e verificações, é assinalado tudo o que não pode ser explicado/representado no desenho do P&ID. No campo destinado às notas, são indicadas informações que os responsáveis determinam ser importante mencionar. Por exemplo, pode conter indicações sobre a construção do P&ID, normas utilizadas relevantes, informações específicas sobre algum equipamento, válvula, tubagem ou instrumento.

As verificações servem para deixar em aberto algo que é necessário fazer ou confirmar. Por exemplo, quando existe uma dúvida que só se pode esclarecer numa fase mais tardia do projeto, esta é aqui apresentada (Figura 3.6).

<b>Notas:</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Todas as válvulas de corte têm corpo de Aço inoxidável.</li><li>2. Tubagens em Aço inoxidável 304, (resistência elevada à oxidação e corrosão)</li><li>3.</li><li>4.</li></ol>
<b>Verificações:</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Confirmar todas as válvulas de alívio de pressão durante a Engenharia de Detalhe.</li><li>2.</li><li>3.</li><li>4.</li></ol>

**Figura 3.6** – Bloco referente às notas e verificações.

Na Figura 3.7 apresenta-se um diagrama final completo da proposta de organização da informação.

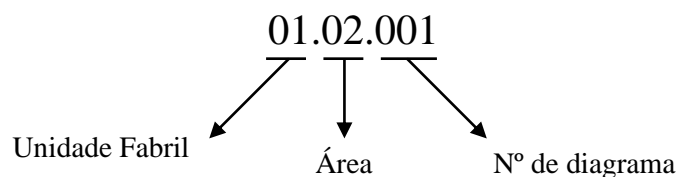


<b>Notas:</b> 1. Todas as válvulas de corte têm corpo de Aço inoxidável. 2. Tubagens em Aço inoxidável 304, (resistência elevada à oxidação e corrosão) 3. 4. 5.	
<b>Verificações:</b> 1. Confirmar todas as válvulas de alívio de pressão durante a Engenharia de Detalhe. 2. 3. 4. 5.	
Des. N.º 52-66-002	Rev. A
Desenhos Relacionados Unt. fria - Água de refr.	
Responsáveis // Licença Permissão Data: / / Assinatura: _____ Nº: _____	
Este documento foi preparado exclusivamente para X por Y e sujeito aos termos e condições de seu contrato com Y...	
N.º 0	Data 13/01/2013
Revisão Emitido para Aprovação	Responsável -
TÍTULO Diagrama de Instrumentação e Tubagens Purificação de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
Desenho Nº 52.35.013	REV Nº 0

Figura 3.7 – Diagrama final completo da proposta de organização da informação (Toghraei, 2019).

#### 3.1.1.1. Designação do diagrama P&ID

Por existirem diversas localizações onde os processos das unidades fabris se podem encontrar, é necessário atribuir um código de identificação a cada diagrama, de forma a identificá-lo o melhor possível. Para tal, é atribuído um código com três parcelas, que traduzem: a fábrica a que o diagrama P&ID pertence, uma vez que podem existir diversas instalações industriais da mesma empresa; a área a que se refere dentro da fábrica definida anteriormente; e por fim o número individual do diagrama P&ID pertencente à área também definida anteriormente. Na Figura 3.8 é possível observar a sua correspondência.



**Figura 3.8** – Legenda das parcelas do código atribuído a diagramas P&ID.

Deste modo, é possível ter um código de identificação único para cada diagrama P&ID de forma a identificar a unidade fabril e a área considerada.

A atribuição de códigos a, por exemplo, equipamentos, é feita da mesma forma, à exceção que não é indicada a que fábrica pertence. Esta atribuição é demonstrada na subsecção 3.1.3.


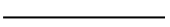
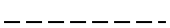
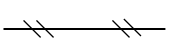
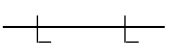
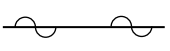
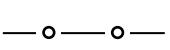
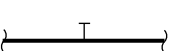
#### 3.1.2. Linhas nos diagramas

Na construção de um diagrama P&ID, são utilizadas linhas com diversos tipos de traços. Estas servem para definir as ligações entre instrumentos de medição e controlo, bem como as ligações físicas entre equipamentos processuais que representam linhas de processo.

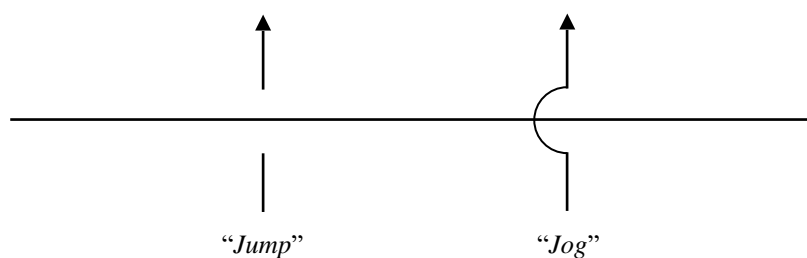
Em diagramas PFD, as linhas apresentadas são todas da mesma natureza, ou seja, linhas de processo, que representam as correntes do processo. Em diagramas P&ID, como existem linhas para a instrumentação, é necessário diferenciá-las das linhas de processo. Assim, as linhas de processo são representadas com um traço ligeiramente mais grosso do que as linhas de instrumentação, segundo a norma ISO 15519-2:2015 (Giesecke, et al., 2016).

Na Tabela 3.1, estão listadas linhas que geralmente são utilizadas para representar as ligações de instrumentos e linhas de processo (item número 01 na Tabela) (Lipták, 2003).

**Tabela 3.1** – Simbologia de Linhas de Instrumentação, seguindo a norma ANSI/ISA-5.1-2009 (Lipták, 2003).

Nº.	Símbolo	Aplicação
01		Representação genérica de uma ligação física ligada a uma linha de processo.
02		Ligação <u>física</u> de transmissão do impulso do processo ou equipamento.
03		Ligação de sinal <u>elétrico</u> de transmissão do impulso do processo ou equipamento.
04		Ligação de sinal <u>pneumático</u> de transmissão do impulso do processo ou equipamento.
05		Ligação de sinal <u>hidráulico</u> de transmissão do impulso do processo ou equipamento.
06		Ligação de sinal <u>eletromagnético orientado</u> de transmissão do impulso do processo ou equipamento.
07		Linha de comunicação entre dispositivos e funções baseado em microprocessadores. Recomendado para sistemas DCS <sup>1</sup> .
08		Instrumento conectado à linha de processo através de uma <i>flange</i> .

Outro pormenor a ter em atenção, é a sobreposição das linhas. É aconselhável que seja evitado ao máximo, contudo por vezes é inevitável. Para solucionar este problema existem duas formas: aplicar um “*jump*”, ou um “*jog*”. Estas duas formas estão representadas na Figura 3.9 para um melhor entendimento (Toghraei, 2019).



**Figura 3.9** – Diferentes tipos de sobreposições de linhas.

### 3.1.2.1. Designação das linhas de processo

É necessário atribuir um número de identificação a cada linha da instalação industrial. Isto permite que não exista qualquer linha com a mesma designação em toda a fábrica.

<sup>1</sup> *Distributed Control System* (DCS) – Sistema de controlo de várias tarefas de uma instalação industrial.

### 3. Deliverables

---

No meio industrial as designações variam de empresa para empresa. Embora as designações adotadas para as linhas de processo possam variar, existe um padrão base bastante utilizado. Este é constituído por quatro parcelas que contêm as principais características tais como: tipo de fluido circulante; classificação do tipo de material da tubagem; número a identificar a secção e a linha; diâmetro da conduta; espessura da conduta (opcional) (Pinto, 2019). A Figura 3.10 representa uma possível organização das características referidas anteriormente.



**Figura 3.10** – Legenda das várias parcelas da *tag* das tubagens.

A primeira parcela traduz o tipo de fluido ou material sólido fluidizado que atravessa a conduta. Geralmente é colocada em primeiro lugar, contudo pode aparecer em segundo, estando o diâmetro da conduta em primeiro. Neste exemplo, as letras AGP significam “Água Pura”.

Em segundo lugar aparece o tipo de material da conduta, que neste caso é 16HS01, que significa que a conduta é de aço inoxidável de PN<sup>2</sup> 16.

A terceira parte representa a secção fabril onde se encontra a tubagem e o número de série de cada tubagem, respetivamente. Este número é único, ou seja, é atribuído a uma só conduta, de forma a não existirem designações iguais.

Por fim, tem-se o diâmetro nominal do tubo expresso frequentemente em polegadas que, como referido anteriormente, pode ser apresentado em primeiro lugar na designação.

Podem ser adicionadas mais parcelas, como por exemplo o tipo e espessura de isolamento e também o tipo de flanges.

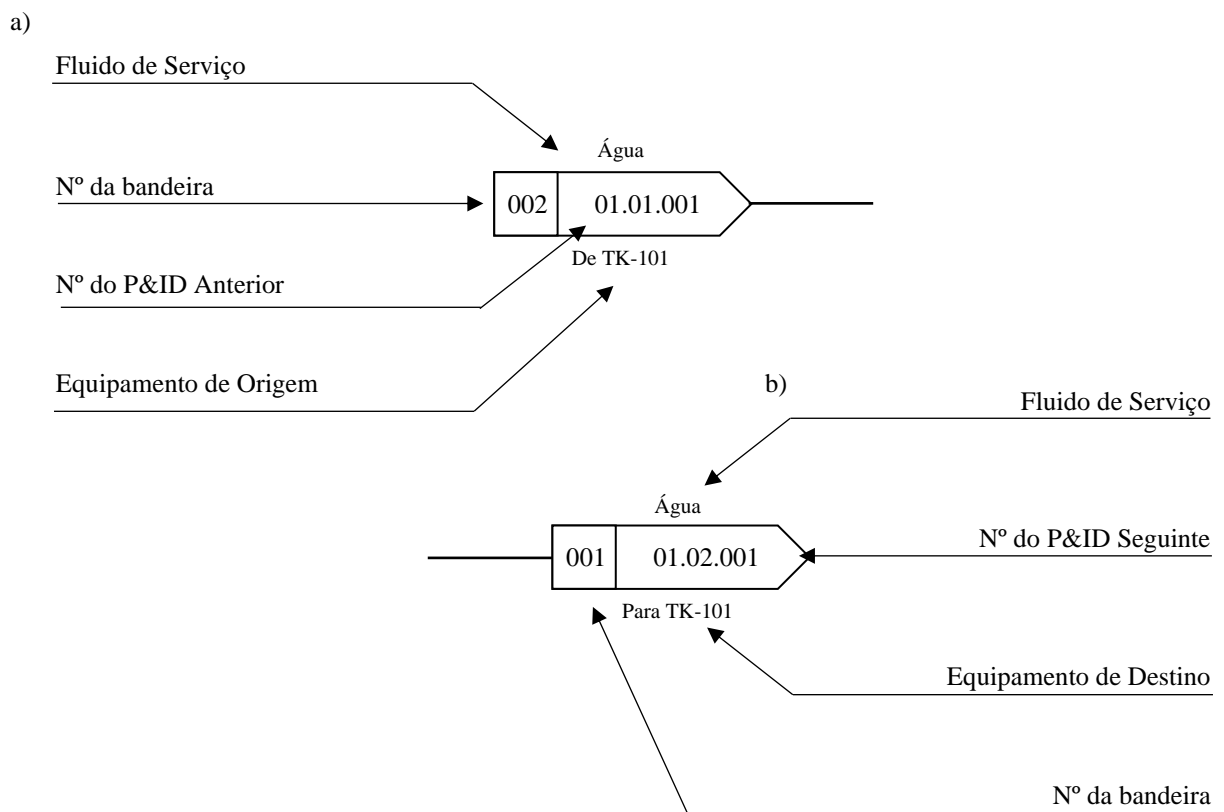
---

<sup>2</sup> Pressão Nominal

### 3.1.2.2. Interligação entre diagramas

Em qualquer fábrica, incluindo pequenas instalações industriais, existe um conjunto de diagramas P&ID.

Na existência de inúmeros diagramas P&ID, é necessário conectar todos os documentos de forma a que seja possível interpretar a sua continuidade. Para tal é aplicado, às ligações das tubagens que são “interrompidas”, um conector, isto é, um retângulo em forma de seta onde são indicadas informações como o tipo de matéria presente na tubagem, o número do P&ID anterior/seguinte e o equipamento de origem/destino. A ligação ao conector muda dependendo se é uma entrada ou saída de matéria, representado nas Figuras 3.11, respetivamente (Toghraei, 2019).



**Figura 3.11** – Conectores de a) entrada, b) saída.

### 3.1.3. Simbologia e Designação de Elementos Processuais

É necessário atribuir uma designação a cada elemento processual presente nos diagramas P&ID. Por exemplo, equipamentos, válvulas ou bombas, recebem um código, “tag” específico dependendo: do tipo, recebe uma letra; da secção, recebe o primeiro número; do número de equipamentos iguais existentes na secção em questão, recebe o segundo número. Na

### 3. Deliverables

---

Tabela 3.2, estão representados três exemplos de elementos onde se pode observar a atribuição do seu código de identificação.

**Tabela 3.2** – Exemplos de atribuição de códigos a elementos constituintes de diagramas PFD e diagramas P&ID (Pinto, 2019).

Exemplo Nº.	Elemento	Designação
1	Permutador de calor (“ <i>Exchanger</i> ”)	E01.01
2	Bomba (“ <i>Pump</i> ”)	P03.17
3	Válvula hidráulica (“ <i>Hydraulic Valve</i> ”)	HV08.28

No Exemplo 1 trata-se de um permutador de calor. É atribuída a letra E (do inglês “*exchanger*”). Em seguida é atribuído o número 01 por se tratar da primeira secção do processo. O último número é atribuído individualmente a cada um dos equipamentos. Tem-se assim um número de série que permite identificar um dado equipamento em particular. No Exemplo 2 é atribuída a letra P (do inglês “*Pump*”) por se tratar de uma bomba. No Exemplo 3, por se referir a uma válvula hidráulica, são atribuídas as letras HV (do inglês “*Hydraulic Valve*”). Os restantes números são atribuídos analogamente ao Exemplo 1.

Os exemplos da Tabela 3.2 estão todos na língua Inglesa, mas não é obrigatório. A atribuição das letras é feita da forma mais conveniente ao projeto. Deste modo, os responsáveis do projeto têm a liberdade para em vez de atribuir, por exemplo, a letra T a um tanque, escolher as letras TK (do Inglês “*Storage Tank*”) (Turton, et al., 2012). Na Figura 3.12 estão representadas formas comuns de designar equipamentos de processo. Estas escolhas dependem dos elementos que existem, e deve ser feita para evitar elementos com as mesmas letras, facilitando assim o entendimento do diagrama (Pinto, 2019).

Equipamento de Processo	Formato Geral XX.YZZ A/B
Informação suplementar	<p> <b>XX</b> representam as letras de identificação do equipamento;  <b>C</b> – Compressor ou Turbina;  <b>E</b> – Permutador de Calor;  <b>H</b> – Caldeira;  <b>P</b> – Bomba;  <b>R</b> – Reator;  <b>T</b> – Torre;  <b>TK</b> – Tanque de Armazenamento;  <b>V</b> – “vessel”;  <b>Y</b> designa a área dentro da instalação industrial;  <b>ZZ</b> é o número individual designado a cada equipamento;  <b>A/B</b> identifica unidades paralelas ou de backup – unidades que não são representadas em diagramas PFD, mas referidas nas legendas dos equipamentos. </p>

**Figura 3.12** – Designação de equipamentos (Turton, et al., 2012).

Em grandes instalações industriais, um *Piping and Instrumentation Diagram* tem alto nível de complexidade devido aos seus processos e requisitos relativos à monitorização e segurança. A elaboração do diagrama P&ID requer um vasto conhecimento da linguagem simbólica utilizada, isto devido à vasta informação que é necessário representar. A simbologia comumente utilizada para equipamentos, instrumentação e válvulas é apresentada nas subsecções seguintes.

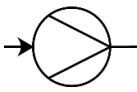

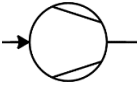
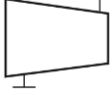
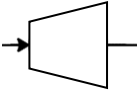
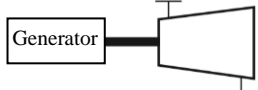
### 3.1.3.1. Equipamentos

Os símbolos que representam equipamentos de processo num PFD e num P&ID são diferentes. Por exemplo, num diagrama PFD são usados símbolos específicos para diferenciar um vaporizador de um condensador. Por sua vez, num diagrama P&ID estes equipamentos representam-se com um maior detalhe, indicando a sua estrutura do equipamento e pormenores que permitem identificar certas das suas características. Por exemplo, no caso de permutadores de calor, o nível de detalhe permite saber de imediato se se trata de um Permutador de Carcaça e Tubos, ou de Placas.

Na Tabela 3.3 são apresentados alguns dos símbolos para identificar bombas, compressores e turbinas.

### 3. Deliverables



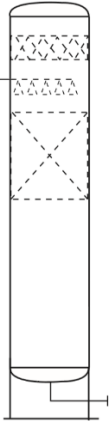


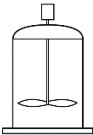

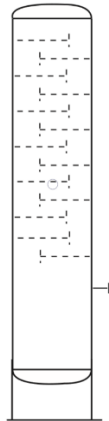



**Tabela 3.3** – Símbolos para diagramas PFD e P&ID, seguindo as normas ISA S5.1, BS 5070 e ISO 10628 – Bombas (01 e 04), Compressores (02 e 05) e Turbinas (03 e 06) (HardHat Engineering, 2019).

Nº.	Símbolos diagramas PFD	Descrição	Nº.	Símbolos diagramas P&ID
01		Bomba	04	
02		Compressor	05	
03		Turbina	06	

A Tabela 3.4 apresenta símbolos utilizados em diagramas PFD que representam tanques, reatores, caldeiras e motores. São também apresentados dois exemplos de desenhos de colunas utilizadas na elaboração de diagramas P&ID. É de salientar que em diagramas P&ID, estes símbolos devem ser usados, na medida do possível. Contudo, em contextos específicos, são possíveis alterações destes nos diagramas P&ID, para representar com maior realismo os equipamentos existentes. Por essa razão, a representação de equipamentos difere bastante entre projetos de distintas instalações industriais.



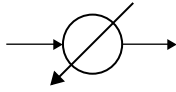
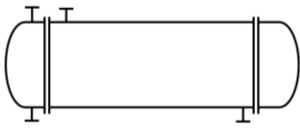
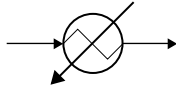
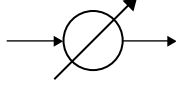
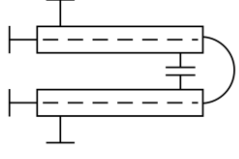
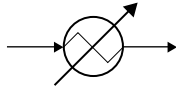
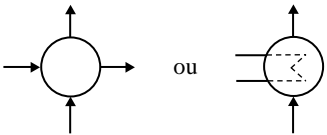
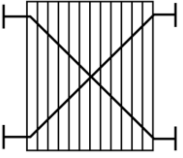
**Tabela 3.4** – Símbolos para diagramas PFD e P&ID, seguindo as normas ISA S5.1, BS 5070 e ISO 10628 – Tanques (01, 02 e 03); Reator (04); Caldeira (05); Motores (06 e 07); Colunas (08 e 09) (HardHat Engineering, 2019).

Nº.	Símbolos diagramas PFD	Descrição	Exemplos de colunas em diagramas P&ID
01	 	Tanque vertical e Tanque horizontal (Condensador)	<p>08</p>  <p>Coluna de Enchimento dotada de <i>demister</i> e difusor (<i>spray nozzle</i>)</p>
02		Tanque de teto aberto	
03		Tanque esférico (Gasómetro)	
04		Reator com misturador	
05		Caldeira	<p>09</p>  <p>Coluna de pratos</p>
06	 ou 	Motores (Símbolo a adicionar a equipamentos)	
07		Misturador (Símbolo a adicionar a equipamentos)	

Por fim, na Tabela 3.5 é apresentada a simbologia para representar permutadores de calor em diagramas PFD e em diagramas P&ID.

### 3. Deliverables

**Tabela 3.5** – Símbolos para diagramas PFD e P&ID, seguindo as normas ISA S5.1, BS 5070 e ISO 10628 – Permutadores de calor (HardHat Engineering, 2019).

Nº.	Símbolos diagramas PFD	Descrição	Exemplos de permutadores de calor em diagramas P&ID
01		Permutador de Calor de Utilidades Heater	Permutador Carcaça e Tubos <i>Shell and tube (S&amp;T)</i> 
02		Permutador de Calor de Utilidades Vaporizador	
03		Permutador de Calor de Utilidades Cooler	Permutador de Tubos Coaxiais <i>Double pipe</i> 
04		Permutador de Calor de Utilidades Condensador	
05		Permutador de Calor de Processo, entre correntes.	Permutador de Placas <i>Plate and frame (P&amp;F)</i> 

#### 3.1.3.2. Instrumentação

Para qualquer instrumento representado num diagrama P&ID é necessário indicar um conjunto de características específicas, imprescindíveis para um bom entendimento e representação das suas funções e funcionamento. Para tal, é necessário especificar o tipo de função do instrumento, através de letras; o local do controlo do instrumento, pelo divisor no símbolo, (por exemplo,  $\ominus$ ); o tipo de controlo, pelo tipo de símbolo (por exemplo,  $\boxplus$ ); e o número do instrumento/*loop*, através de números.

Em primeiro lugar, é necessário identificar a função do instrumento. Dependendo da função pretendida, são assim atribuídas duas a cinco letras, agrupadas em letras principais e secundárias, (I) e (II) respetivamente, como representado na Tabela 3.2. Esta atribuição é assente na revisão ISA, ou seja, maioritariamente as letras correspondem à função (em Inglês), como por exemplo “A – Analysis” ou “F – Flow rate”. Em português há traduções que não coincidem com a primeira letra, como “F – Flow rate para Caudal”, por isso é necessária uma atenção redobrada neste campo. Na Tabela 3.6 não estão representadas todas as letras existentes, apenas as mais utilizadas.



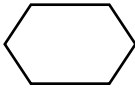



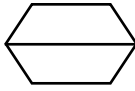



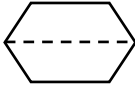



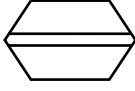



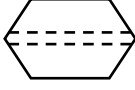

**Tabela 3.6** – Designação dos instrumentos nos diagramas, seguindo a norma ANSI/ISA-5.1-2009 (Lipták, 2003).

	Letras Principais (I)		Letras Secundárias (II)		
	Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5
	Variável medida/inicial	Variável atuador	Função passiva	Função ativa	Função específica
A	Análise		Alarme		
C	Escolha livre			Controlo	Fechado / <i>Closed</i>
D	Escolha livre	Diferencial			Desvio
F	Caudal / <i>Flow</i>	Rácio			
H	Manual / <i>Hand</i>				Alto / <i>High</i>
I	Corrente		Indicador		
L	Nível / <i>Level</i>		<i>Light</i>		Baixo / <i>Low</i>
O	Escolha livre		Orifício, Restrição		Aberto / <i>Open</i>
P	Pressão				
Q	Quantidade	Integral, Total	Integral, Total		
R	Radiação		Registo		
S	Rotação, Frequência	Segurança		Interruptor / <i>Switch</i>	
T	Temperatura			Transmissor	
U	Multivariável		Multifunção	Multifunção	
V	Vibração			Válvula	

Em cada símbolo de controlo, pode existir, ou não, uma divisão. Esta fornece informação sobre o local onde se encontra o instrumento. Isto é, se está no campo, na sala de controlo, ou em cabines auxiliares junto aos equipamentos. Na Tabela 3.7 estão representados os cinco divisores existentes, inseridos em várias formas diferentes que se irão desprezar para já, e explicadas mais adiante.

### 3. Deliverables

**Tabela 3.7** – Simbologia de tipos de controladores, dispositivos, seguindo a norma ANSI/ISA-5.1-2009 (Lipták, 2003).

Coluna 1 Dispo. simples sem controlo		Coluna 2 Disp. contínuos em rede		Coluna 3 Disp. computacionais, funções		Coluna 4 Disp. com controlador lógico programável	
Nº.	Símbolo	Nº.	Símbolo	Nº.	Símbolo	Nº.	Símbolo
01		06		11		16	
02		07		12		17	
03		08		13		18	
04		09		14		19	
05		10		15		20	

Com base na Tabela 3.7, temos os cinco tipos de divisores representados, por exemplo, pelos números 01, 02, 03, 04 e 05, cujo significado é explicado a seguir.

- 01) – **Sem Divisão.** Este tipo de instrumento está instalado na linha de fabrico, no campo junto aos equipamentos, como por exemplo as tubagens. Estão ligados, ou não, ao sistema de controlo, mas não estão instalados na sala de controlo ou num armário auxiliar. Normalmente estão acessíveis aos operadores.
- 02) – **Linha Sólida.** Indicação de que o instrumento está instalado na sala de controlo principal e que está acessível e visível ao operador.
- 03) – **Linha Tracejada.** Instrumento localizado dentro da sala de controlo, mas não está acessível nem visível ao operador. Normalmente este tipo de instrumento é um instrumento com menor importância.
- 04) – **Linha Sólida Dupla.** Instalação do instrumento num armário auxiliar no campo, no lugar de controlo. Trata-se de equipamento com um painel acessível e visível ao operador.
- 05) – **Linha Tracejada Dupla.** Analogamente à linha sólida dupla, o instrumento também está montado num armário auxiliar no campo, mas não está disponível nem visível ao operador.

Através da Tabela 3.8, pode também observar-se que a representação de indicadores de controlo adota diversas formas. Podem ser agrupados em quatro grupos, representados pelas colunas 1, 2, 3 e 4, que significam, dispositivos simples sem controlo, dispositivos contínuos em

rede, dispositivos computacionais e dispositivos com controlo lógico programável (PLC), respetivamente. Dispositivos simples sem controlo são os instrumentos e/ou funções compostos por hardware simples, isto é, sistemas baseados em microprocessadores sem capacidades de controlo para sistemas DCS ou PLC, por exemplo. São exemplos de dispositivos simples os sensores de temperatura, pressão, indicadores de nível, etc. Os dispositivos contínuos em rede representam instrumentos e/ou funções interligados entre si através de um DCS, por exemplo. Também podem representar um sistema PLC simples, contudo esta representação não é comum. São constituídos por microprocessadores configuráveis, analógicos ou digitais, que possuem função de controlo contínuo, sendo um sistema simples e leve do ponto de vista computacional. O operador tem acessibilidade limitada ao controlador, conseguindo alterar valores como o set-point, por exemplo. Dispositivos computacionais suportam funções básicas, mas que não lhes permite controlar maquinaria. Por outro lado, os dispositivos indicados na coluna 4 representam dispositivos PLC, que são computadores mais avançados que os dispositivos elencados na coluna 3 (Meha & Reddy, 2015).

### 3.1.3.3. Válvulas (corpo + atuador)

As válvulas usadas em linhas de fluidos, podem ser classificadas de várias formas atendendo ao seu corpo e seu atuador. A classificação pode se baseada no mecanismo de funcionamento (manual ou solenoide) ou pelo seu método de ação, estrangulamento ou bloqueio (válvula de corte, borboleta, etc.).

Relativamente ao mecanismo de funcionamento, válvulas manuais são válvulas atuadas por operadores, através de uma alavanca ou de um volante. As válvulas solenoides são utilizadas quando é necessário controlar o caudal de um fluido de forma automática. São muito usadas na indústria e estão disponíveis no mercado válvulas de vários tipos de design adequadas a funções específicas. Estas válvulas funcionam através da passagem de eletricidade por um atuador magnético. Em repouso, sem passagem de corrente elétrica, a válvula encontra-se fechada (NC – *Normally Close*). Quando existe corrente elétrica, cria-se um campo magnético que empurra um êmbolo abrindo assim uma passagem para o fluido circular. De modo contrário, a válvula pode encontrar-se aberta (NO – *Normally Open*), e na existência de corrente elétrica, o êmbolo fechar a passagem. Por razões de segurança, as válvulas têm uma posição pré-definida no caso de falha, isto é, de forma a garantir a posição quando ocorre uma falha. Nomeadamente, se a sua posição final é aberta (FO – *Fail Open*) ou fechada (FC – *Fail Closed*) (OMEGA, 2019).

### 3. Deliverables

O método de ação de uma válvula, estrangulamento ou bloqueio, difere se a válvula consegue regular a sua abertura, ou se apenas está aberta ou fechada, respetivamente. Isto é, válvulas de estrangulamento podem exibir uma percentagem de abertura de 0 a 100%. Contudo, normalmente operam com maior eficiência na gama dos 20% a 80%. São exemplo disso válvulas de Guilhotina (*Gate*), Esfera (*Ball*) ou Borboleta (*Butterfly*). No que toca às válvulas de bloqueio, estas apenas podem estar totalmente abertas ou fechadas. São também designadas de válvulas *on-off*. São exemplo disso as válvulas Globais, (*Globe*) ou de Diafragma. Existe outros tipos de válvulas, como as válvulas de corte (*Check*) que são válvulas de um só sentido, ou seja, previnem que exista fluxo inverso através da válvula (Giesecke, et al., 2016).

Na Tabela 3.8 encontram-se representados oito símbolos diferentes associados a cada tipo de válvula, assim como uma breve descrição das mesmas. Os símbolos 01, 02 e 03, são símbolos genéricos, que podem representar válvulas selenoides ou manuais. Os restantes símbolos são aplicados quando se pretende especificar um certo de tipo específico de corpo da válvula (Lipták, 2003).






**Tabela 3.8** – Controlo Elemental Final, seguindo a norma ANSI/ISA-5.1-2009 – Corpo de Válvulas (Lipták, 2003).

Nº.	Símbolo	Descrição
01		Válvula genérica de dois sentidos Pode ser: Válvula de Global Reta ( <i>Globe valve</i> ) Válvula Solenoide de dois sentidos ( <i>Solenoid valve</i> ) Válvula de Gaveta ( <i>Gate valve</i> )
02		Válvula genérica de ângulo de dois sentidos Pode ser: Válvula de Global de ângulo ( <i>Globe valve</i> ) Válvula Solenoide de ângulo
03		Válvula genérica de três sentidos. Seta indica o sentido do fluido em caso de falha. Pode ser: Válvula de Global Reta ( <i>Globe valve</i> ) Válvula Solenoide ( <i>Solenoid valve</i> )
04		Válvula Borboleta ( <i>Butterfly valve</i> )
05		Válvula de Corte ( <i>Check valve</i> )
06		Válvula Global de dois sentidos ( <i>Globe valve</i> )
07		Válvula de Esfera ( <i>Ball valve</i> )
08		Válvula genérica de dois sentidos com indicação que normalmente está fechada (NC – <i>Normally Closed</i> ; NO – <i>Normally open</i> )
		Válvula genérica de dois sentidos com indicação que a sua posição de falha é fechada (FC – <i>Fail Closed</i> ; FO – <i>Fail open</i> )

Apresentados os principais tipos de válvulas (corpo), é possível analisar os seus atuadores. Qualquer válvula de controlo têm um atuador final para dar indicação de que tipo se trata. Existem vários tipos de atuadores, os gerais, ou seja, os que estão interligados entre si e/ou a um sistema de controlo, e os que têm o seu próprio ciclo, sem dependerem de mais instrumentos, isto é, os auto-atuadores (Lipták, 2003).

Na Tabelas 3.9 estão representados os tipos de atuadores mais utilizados, assim como é apresentada uma breve descrição de cada tipo.

**Tabela 3.9** – Elemento Final de Controlo, seguindo a norma ANSI/ISA-5.1-2009 – Atuadores de Válvulas de Controlo (Lipták, 2003).

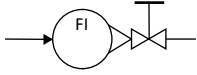
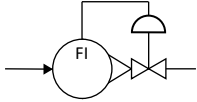
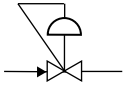
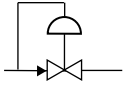
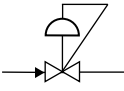
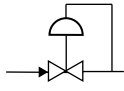


Nº.	Símbolo	Descrição
01		Atuador genérico.
02		Atuador genérico de pistão. Linear ou rotacional. Pode operar em modo On-Off
03		Atuador físico manual.
04		Atuador de segurança de alívio da conduta. Ativado por mola, peso ou sinal computacional.
05		Atuador rotativo motorizado.

Analogamente, na Tabela 3.10 estão representados os tipos de auto-atuadores mais utilizados, assim como uma breve descrição de cada tipo.

### 3. Deliverables

**Tabela 3.10** – Elemento Final de Controlo, seguindo a norma ANSI/ISA-5.1-2009

– Dispositivos de Auto-Atuação (Lipták, 2003).

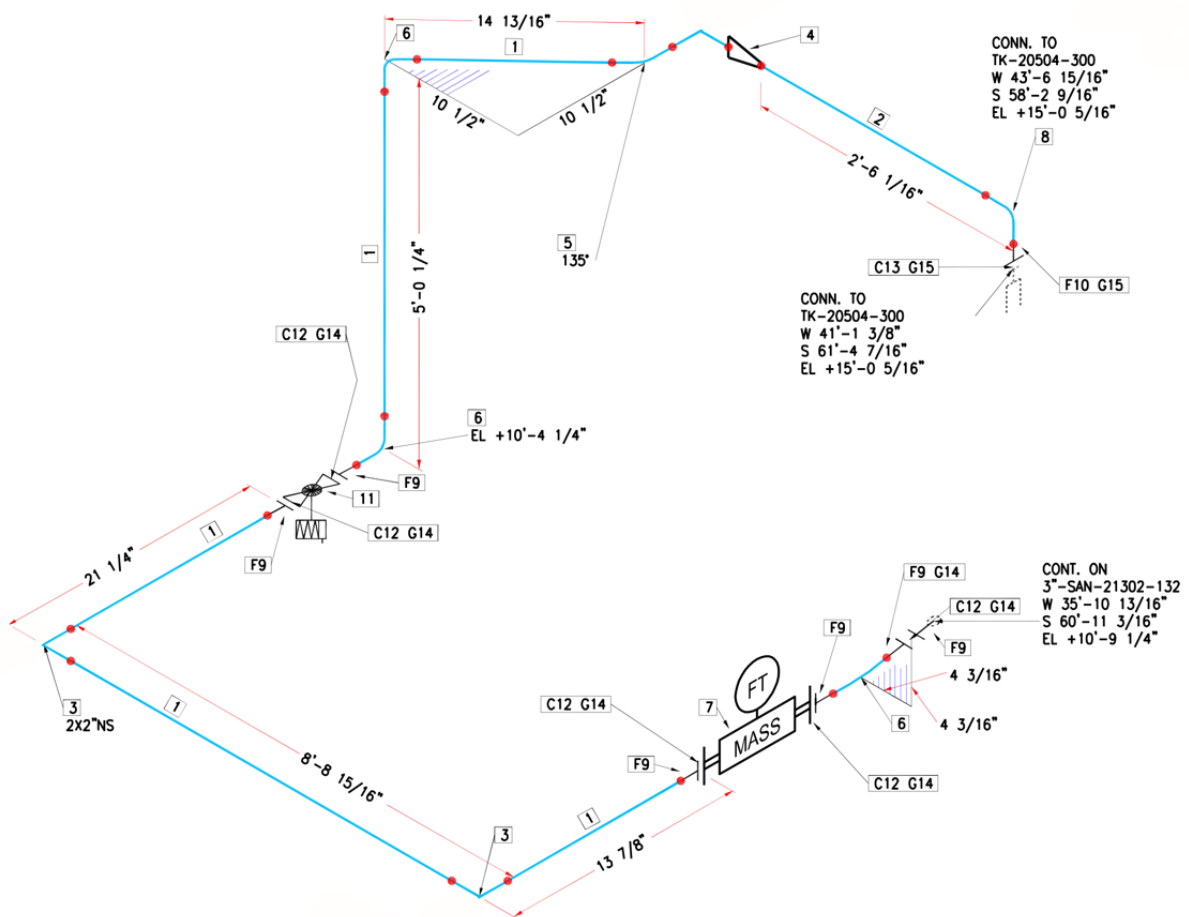
Nº.	Símbolo	Descrição
01		Medidor de caudal de área variável de uma válvula com atuador manual. Regulado pelo operador.
02		Regulador constante de caudal a partir de um <i>setpoint</i> . Regulador de caudal de área variável.
03		Regulador de contrapressão. ( <i>Backpressure</i> ). Ativa para regular a pressão a montante. Medição feita na válvula.
04		Regulador de contrapressão. ( <i>Backpressure</i> ). Ativa para regular a pressão a montante. Medição feita na conduta.
05		Regulador de redução de pressão. Ativa para regular a pressão a jusante. Medição feita na válvula.
06		Regulador de redução de pressão. Ativa para regular a pressão a jusante. Medição feita na conduta.
07		Válvula de segurança genérica de pressão. Ativada quando a pressão é elevada.
08		Válvula de segurança genérica de pressão. Ativada quando a pressão é baixa (vácuo).

Nesta subsecção todos os símbolos apresentados pertencem aos diagramas P&ID.



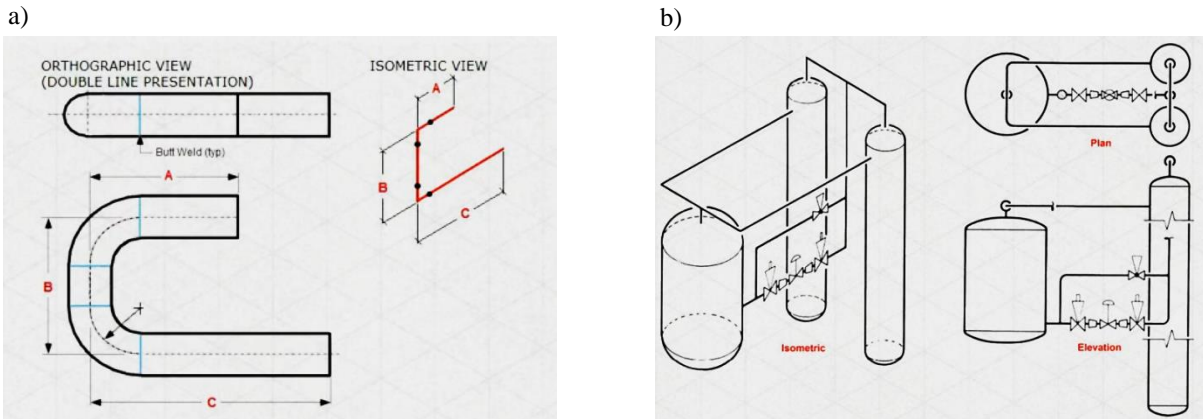
## 3.2. Desenhos Isométricos

Em Engenharia de Processo, quando são referidos desenhos isométricos, ou “desenhos *iso*”, estes dizem respeito a desenhos de tubagens que estão representados em perspectiva isométrica (Figura 3.13). Estes são realizados em grelhas isométricas, desta forma o desenho em perspectiva simplifica a sua interpretação (ToolGuyd, 2019).



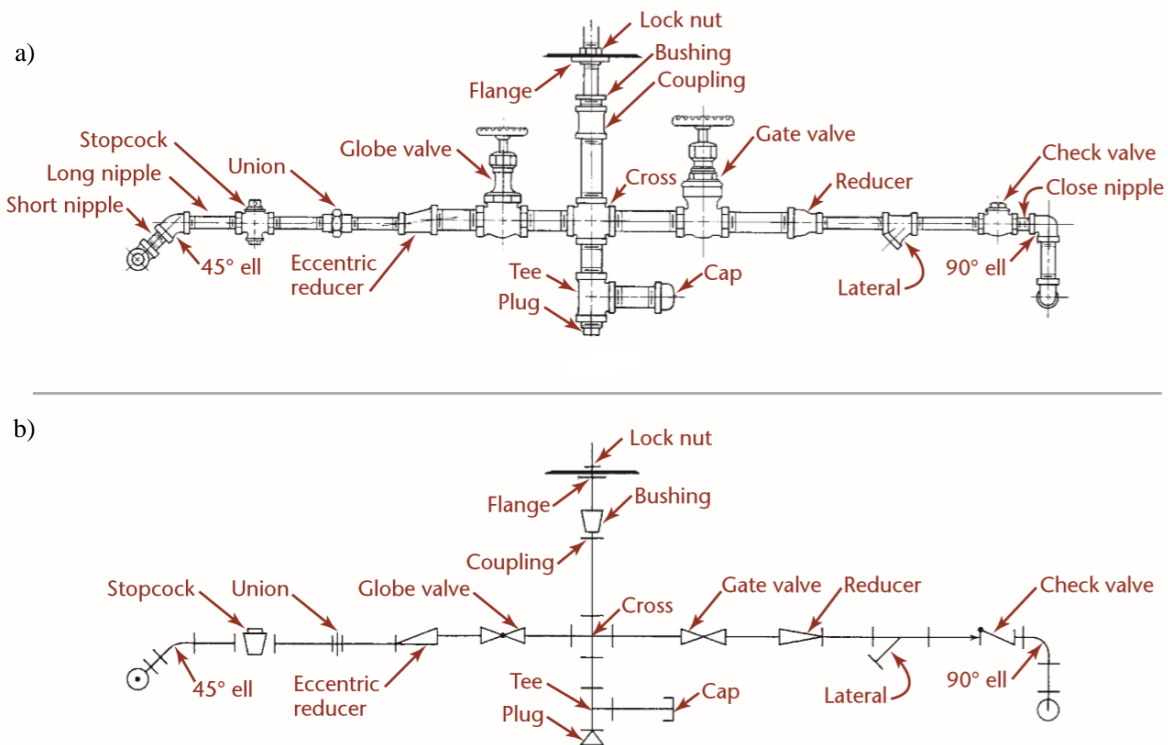
**Figura 3.13** – Exemplo de um desenho isométrico de linhas de processo (Cook Process Solutions, 2015).

A Figura 3.14 a) e b), permite comparar a facilidade relativa da identificação do objeto, representados nesta perspectiva e através das correspondentes projeções ortogonais. Estas projeções constituem os desenhos ortográficos, onde são representadas as várias projeções 2D dos objetos, nomeadamente, de topo, da planta, de frente, do fundo, da direita e da esquerda. A sua principal desvantagem é a necessidade de existirem pelo menos duas projeções para representar o que um único desenho isométrico possibilita visualizar de forma imediata.



**Figura 3.14** – Comparação entre desenhos em perspectiva isométrica e respetiva projeção ortogonal a) linha de processo, b) esquema industrial (Giesecke, et al., 2016).

As projeções ortogonais são retiradas de modelos 3D da instalação industrial. Isto significa que o seu nível de detalhe é elevado. Na Figura 3.15 é comparada a forma como se representam os elementos processuais em desenhos ortogonais e isométricos.



**Figura 3.15** – Comparação de detalhe da simbologia de a) projeções ortogonais e b) e utilizada em projeções isométricas (Giesecke, et al., 2016).

Pode observar-se que a forma de representar os elementos processuais nos desenhos isométricos é muito mais simples. Isto torna os desenhos mais leves, possibilitando uma melhor leitura quando se está a analisar um desenho na vista isométrica.

O principal objetivo de se realizarem desenhos isométricos das tubagens, é facilitar a transmissão de informação aos fabricantes sobre as características de todos os envolventes à instalação da tubagem. Também são utilizados em estudos de tensão, de forma à sua montagem ser o mais afinada possível, evitando assim problemas no futuro. Outros exemplos da utilização destes desenhos são as análises dos custos envolvidos.

Os desenhos isométricos permitem, para além de indicar a orientação, o comprimento e o diâmetro das linhas de processo, mostrar também quantos cotovelos, (*elbows*), das tubagens existem, o tipo e número de ligações, (*joints*), existem entre as tubagens. Ainda indicam os elementos de processo pertencentes a esse troço de tubagem (Parisher & Rhea, 2012). Existem símbolos análogos aos diagramas P&ID, como por exemplo as válvulas. Contudo, existe simbologia específica para o tipo de ligações entre as tubagens. Na Figura 3.16 encontram-se alguns destes símbolos. Os restantes podem ser consultados no Anexo II.

	Flanged	Screwed	Bell & Spigot	Welded	Soldered
Joint					
Elbow					
Elbow (45°)					

**Figura 3.16** – Simbologia de ligação das tubagens, utilizada em desenhos isométricos (Giesecke, et al., 2016).

Estas representações seguem regras específicas, tais como:

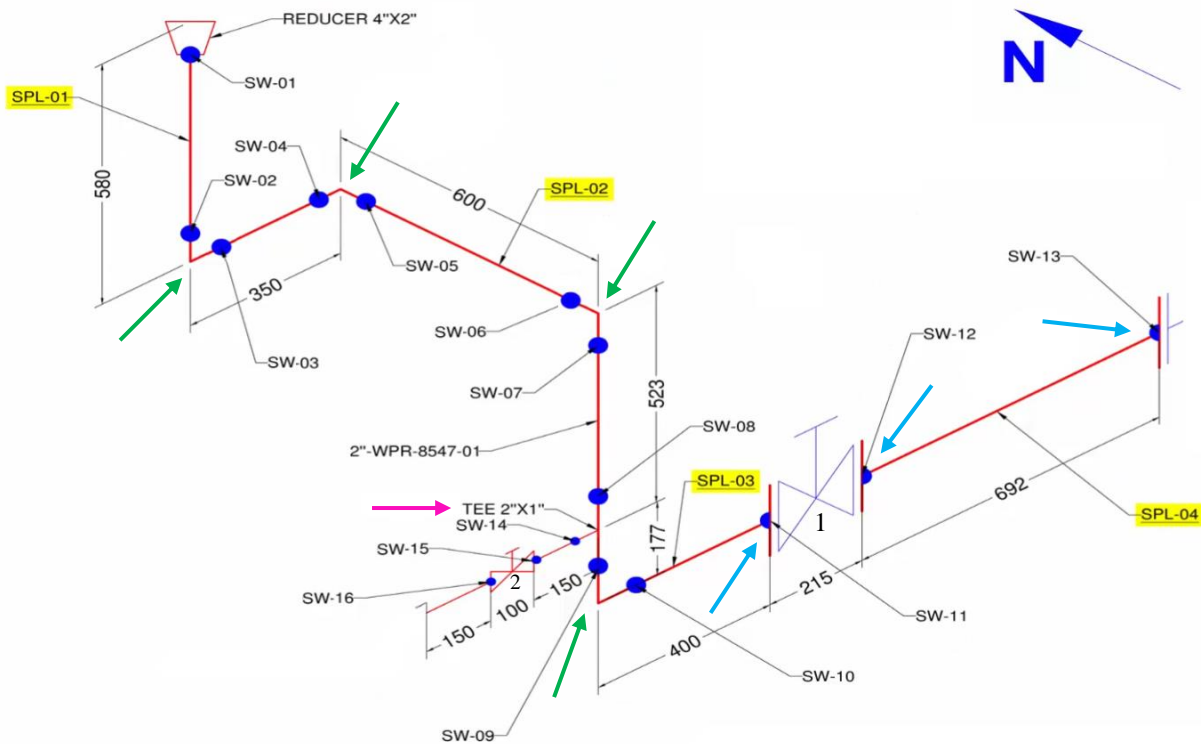
- A representação dos elementos e das linhas processuais não é desenhada à escala. Isto implica que todas as linhas representadas no desenho necessitem de indicação sobre o seu comprimento;
- Por serem representadas por uma linha, é necessário especificar também o seu diâmetro;
- Todas as linhas são orientadas em relação a uma seta a indicar o Norte. Desta forma, é possível desenhar com exatidão como a instalação industrial tem de ser implementada no terreno.

Os intitulados *spools*, são componentes pré-fabricados, com especificações standard, que facilitam a montagem *in situ*. Estes incluem tubos, flanges e conexões que são montados durante o seu fabrico, antes de serem entregues aos construtores. Podem ser conectados de forma irreversível, por exemplo, sendo soldados (Fusion - Weld Engineering Pty Ltd, 2014).

### 3. Deliverables

Deste modo a sua instalação é facilitada. A sua indicação em desenhos *iso* pode ser feita pela tag “SPL”.

Para visualizar todas as características abordadas e obter um melhor entendimento geral, é analisado um exemplo simples de um desenho *iso*, representado na Figura 3.17.

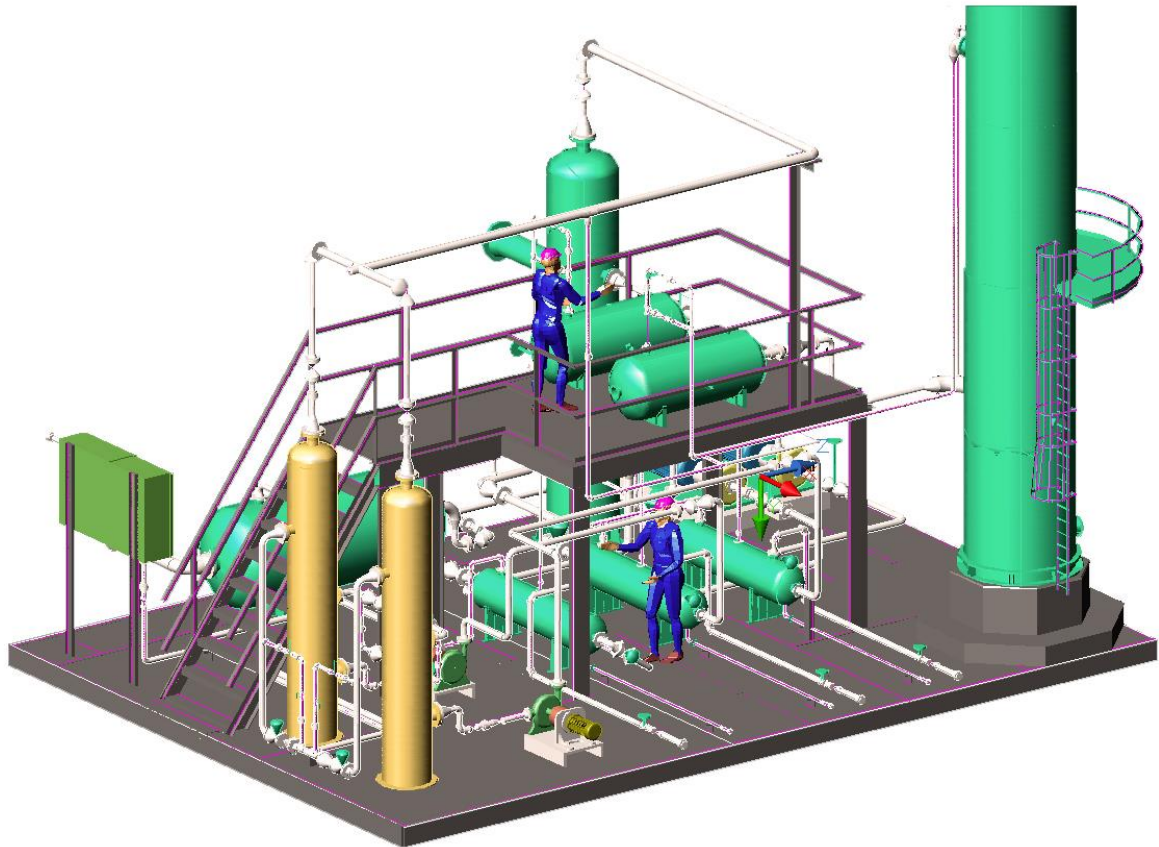


**Figura 3.17** – Exemplo de um desenho isométrico simples (Piping Técnica, 2016).

A primeira informação a retirar é que existem oito tubagens, onde quatro destas são consideradas *spools*, representadas a amarelo. O seu comprimento é assinalado em cada troço. O diâmetro, neste caso, é apenas indicado uma vez na tubagem principal (linha grossa, 2 polegadas), e na tubagem secundária (linha fina, 1 polegada). Assume-se que todos os segmentos da tubagem principal têm o mesmo diâmetro. Em seguida, observa-se que existem dezasseis juntas, *joints*. Estas estão representadas pelos pontos a azul, que indicam que estas se encontram soldadas, *soldered* (SW), à tubagem. Também é necessário retirar a informação de quantos elementos adicionais às tubagens estão representados no desenho. Ou seja, existe um redutor (4" x 2") que faz a ligação entre a tubagem representada de 2 polegadas, com uma de 4 polegadas, pertencente a outro desenho. Existem também quatro curvas, *elbows* (de 90°), assinaladas pelas setas a verde. Três flanges estão presentes no desenho, assinaladas pelas setas a azul ciano. Existem duas válvulas no desenho. A válvula número 1 é uma *gate valve*, de 2 polegadas, ligada por duas *flanges*. A válvula número 2, é igualmente uma *gate valve*, mas é de

1 polegada e está soldada à tubagem. Por fim, representado pela seta a rosa, existe uma junta “T”, *tee* (de 2" x 1") que liga a tubagem secundária à principal.

Estes desenhos isométricos podem ser realizados à mão utilizando papel isométrico. Contudo, já é possível realizá-los com a utilização de plataformas computacionais, a partir de desenhos tridimensionais, (Figura 3.18).



**Figura 3.18** – Exemplo de um desenho tridimensional (3D) de uma instalação industrial realizada em software CAD (Tabakov, s.d.).

Estes desenhos tridimensionais ajudam a visualizar, por exemplo, pormenores de posicionamento dos equipamentos processuais, alçados e zonas de passagem.

Existem outros desenhos técnicos de especialidades, nomeadamente, relativos à instalação industrial, como por exemplo, desenhos de estruturas, alicerces e inclinações do terreno.

## 3.3. Listas de Equipamentos, Linhas e Acessórios

As listas, como referido nos *deliverables* do Capítulo 2, têm um papel fundamental na organização de um projeto e na organização de uma indústria. Estas são realizadas para catalogar e organizar informação sobre todos os equipamentos, tubagens, válvulas, instrumentos, acessórios, fluidos, entre outros. Estas informações são referentes a tudo o que lhes diz respeito. Por exemplo, *tags*, *specs*, tipo de material de construção, localização, fornecedores, condições de operação, manutenções realizadas, etc. Tudo que seja importante de referir, é colocado nestas listas. Nas subsecções seguintes, é demonstrado como realizar listas para equipamentos, linhas de processo e também de válvulas, acessórios e instrumentos.

### 3.3.1. Lista de equipamentos

É importante ter uma lista de todos os equipamentos presentes na instalação industrial de forma catalogada, organizada por secções e com as informações mais relevantes relacionadas com cada um. Deste modo, constrói-se uma tabela para cada secção, reunindo uma lista dos equipamentos presentes nesta. A Figura 3.19 representa um exemplo de como se devem organizar os equipamentos de uma secção.

Símbolo da Empresa		Lista de Equipamentos						Secção: <u>Absorção de NOx</u>	
Documento Nº _____								Obra: Purificação de Efluente Gasoso	
Item Nº	Designação	Características Principais	Fornecedor	Marca/Modelo	P&ID Nº	Doc. Nº	Obs.		
a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)		
1	Bomba de Recirculação de Água Ultrapura	Bomba em Ferro Fundido, Q=100m <sup>3</sup> /h; H=20mcl	-	-	01.02.03	-	-		
2	Motor Bomba B01.01	380V; 11kW; 2900 RPM							
3	Permutador de Calor (Tubular)	Permutador de passagem simples com bastidores fixos, camisa soldada e junta de expansão.	-	-	01.02.03	-	-		
4	Absorvedor de vapores de NOx	Torre fabricada em PVC reforçado a Poliéster	-	-	01.02.03	-	-		

**Figura 3.19** – Lista organizada de equipamentos de uma secção (Pinto, 2019).

Na elaboração da lista de equipamentos começa-se por construir o cabeçalho, onde se identifica o tipo de lista, a empresa, o número do PFD, onde este conjunto de equipamentos de encontra representado, e, por fim, a secção e a obra para qual foi realizada. Em seguida, procede-se à listagem. Para tal organiza-se a tabela como representado na Figura 3.19. As informações a apresentar são (Pinto, 2019):

- a) Identificação do equipamento: Código referente a cada equipamento;
- b) Designação do equipamento: Indicação de que equipamento se trata e alguma informação específica;
- c) Características principais: Breve descrição das principais condições de operação, tipo de equipamento, tipo de construção e de materiais, etc. Varia consoante o equipamento em questão;
- d), e), f), g), h) Estes campos são destinados, respetivamente a, fornecedor, marca ou modelo, código do P&ID em que está representado e, por fim, a observações extra.

A organização da lista pode ser feita de várias formas, mas a mais usual é agrupar por tipo de equipamentos. Ou seja, agrupar as bombas, os permutadores, as colunas de absorção, etc. Desta forma é mais fácil de identificar na lista o equipamento que se procura.

#### **3.3.2. Lista de tubagens**

Após a atribuição dos códigos às linhas fabris apresentada anteriormente, é importante agrupá-las e organizá-las numa lista de forma a facilitar a sua identificação. Esta lista dispõe de informações adicionais, como condições de operação nominais e limite (Pinto, 2019). Desta forma, constrói-se uma tabela como a representada na Figura 3.20.



Símbolo da Empresa		Lista de linhas de processo												Rev.	Descrição	Data						
Documento Nº _____														A	Safety Test Reactor RBMK 4	01-01-2019						
														B	Coluna de Absorção de Ácido Clorídrico - manutenção	28-03-2019						
Item	Linha Nº	Fluido	Diam.	Mat.	Cod.	P&ID	DE	PARA	T [°C]	P [barg]	Caudal [m³/h]	Condições de Operação	T [°C]	P [barg]	Caudal [m³/h]	Design	T [°C]	P [barg]	Caudal [m³/h]	Obs.	Rev.	
a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	j)	k)	l)		m)	n)	o)		p)	q)				
1	AGP-LB2-02101-100	Água pura	100	PVC	LB2	01.02.03	Coletor de Água T-204	P02.07	35	1.5	50		60	5.0	-		-			-	A	
2	VAG-LB2-02115-450	Vapor de Água	450	Stainless Steel 253MA	LB2	01.02.03	R02.13	VAG-LB2-02108-250 VAG-LB2-02109-250	170	9.0	100		230	30	-		-			-	A	
3	ACL-LB2-02142-200	Ácido Clorídrico 33%	200	PVC + FRP	LB2	01.02.03	T02.27	ABS02.65	40	1.0	70		60	2.0	-		-			-	B	
4	ACL-LB2-02145-200	Ácido Clorídrico 33%	200	PVC + FRP	LB2	01.02.03	ABS02.65	T02.27 T02.28 T02.29	40	1.0	70		60	2.0	-		-			-	B	

Figura 3.20 – Lista organizada de linhas de processo (Pinto, 2019).

### 3. Deliverables

---

No cabeçalho da lista, para além do número do documento, encontram-se as últimas revisões que foram feitas às tubagens. Neste exemplo a última alteração à lista foi o evento B “*Coluna de Absorção de Ácido Clorídrico – manutenção*”. Desta forma é possível ver na lista quando e quais as tubagens que foram colocadas/alteradas.

Em seguida procede-se à listagem. Para tal organiza-se a tabela como representado na Figura 3.20. As informações a apresentar são:

- a) – Numeração: Atribui-se a cada item um número para facilitar a identificação entre documentos;
- b) – Identificação da tubagem: Código de identificação de cada tubagem/linha;
- c) – Fluido: Breve identificação do fluido/material sólido circulante na tubagem;
- d) – Diâmetro: Indicação do diâmetro nominal da conduta;
- e) – Material: Tipo de material que é constituída a tubagem;
- f) – Código: Código atribuído ao tipo de material da tubagem;
- g) – P&ID: Indicação de qual o P&ID em que a tubagem se encontra;
- h), i) – Campos reservados para localizar o início e o fim da tubagem, respetivamente.  
No exemplo 2, a tubagem em questão é um separador, isto é, inicia-se no Reator R02.13 e liga-se a duas tubagens diferentes;
- j), k), l) – Condições de operação: Indicação das condições a que a tubagem está sujeita, nomeadamente temperatura, pressão e caudal;
- m), n), o) – Design: Limites máximos de operação da conduta;
- p) – Observações: Espaço reservado para qualquer nota importante a referir;
- q) – Revisão: Indicação da última revisão onde a tubagem em questão foi colocada ou sofreu qualquer alteração. Isto permite uma melhor organização em termos de manutenção.

#### 3.3.3. Lista de válvulas, acessórios e instrumentação

Semelhantemente à lista de tubagens e de equipamentos, existem listas para válvulas manuais, acessórios e instrumentos. Mais uma vez, é de interesse que todo o equipamento esteja catalogado e organizado de forma a ser de fácil identificação, caso seja necessário conhecer informação específica como o local, a função, a marca ou o fornecedor, por exemplo. Como exemplificação, a Figura 3.21 engloba as três listas por uma questão de melhor entendimento prático, contudo é necessário realizar uma lista individual para cada categoria de objetos.

Símbolo da Empresa		Lista de Válvulas Manuais Lista de Acessórios Lista de Instrumentos										Secção: <u>Absorção de NOx</u>	
Documento Nº _____												Obra: Purificação de Efluente Gasoso	
Item Nº	DN / PN	Características Principais		Local de aplicação / Linha	Fluido	Fornecedor	Marca	Modelo / Ref.ª	Catálogo	Obs.			
a)	b)	c)		d)	e)	f)	g)	h)	g)	i)			
1	VB02.301	100/16	Válvula de borboleta, Ferro Fundido, rev. a PTFE.		VAG-LB2-02101-100	VAG	-	-	-	-	-	-	
2	VD02.302	25/10	Válvula de diafragma, Corpo em PTFE, Membrana em PTFE.		T02.08	ACL	-	-	-	-	-	-	
3	STR02.301	100/16	Filtro para "Finos", Corpo em ferro revestido a PTFE, meio filtrante em PP, com slots de 0.35mm.		ACL-LB2-02102-200	ACL	-	-	-	-	-	-	
4	PRD02.302	100/16	Disco de rotação em Grafite.		P02.301	AGP	-	-	-	-	-	-	
5	HV02.301	125/18	Válvula hidráulica ON-OFF, de borboleta, Corpo de ferro rev. a PTFE.		ACL-LB2-02102-150	ACL	-	-	-	-	-	-	
6	PI02.302	25/16	Manómetro (0 a 10 bar), Diafragma em PTFE.		ACL-LB2-02102-150	ACL	-	-	-	-	-	-	

**Figura 3.21** – Lista organizada de válvulas, acessórios e instrumentação (Pinto, 2019).

### 3. Deliverables

---

Analogamente às listas anteriores, a divisão da Tabela 3.12 é feita por:

- a) Identificação do objeto: cada peça tem um código único, que é atribuído da mesma forma que se realiza com os equipamentos, já explicado anteriormente.
- b) Diâmetro nominal e pressão nominal.
- c) Características principais: Breve apresentação de características inerentes ao objeto em questão.
- d) Local de aplicação/Linha: Local onde se encontra instalado o objeto (tubagem, equipamento ou instrumentos).
- e) Fluido: Indicação a que material, fluido ou sólido fluidizado, o objeto é aplicado.
- f), g), h), g), e i) Representam, fornecedor, marca, modelo/referência, catálogo e observações, respetivamente.

A elaboração destes diagramas de fabrico e listas é facilitada através do uso de plataformas computacionais específicas. Por exemplo, as listas de linhas de processo, podem ser obtidas de forma automática, (Secção 4.2.4.1), a partir dos diagramas, usando software específico. Desta forma, é muito vantajosa a sua utilização. No capítulo seguinte é feita uma introdução à plataforma computacional AutoCAD Plant 3D, sendo posteriormente, no Capítulo 5, testados alguns casos práticos com este software.

## Capítulo 4

---

# Software para a elaboração de Diagramas de Processo

Quando é necessário construir um P&ID a partir de um PFD, existem várias possibilidades no que toca à escolha do melhor software. O modo de seleção passa por escolher um software gratuito ou comercial e pelo nível de detalhe que se pretende obter, isto é, escolher software mais simples de trabalhar, ou mais complexo. Neste capítulo é apresentado e explorado software básico, nomeadamente o Microsoft Visio e o Edraw Max. É examinado igualmente software avançado, nomeadamente o AutoCAD Plant 3D. Sendo este um programa profissional, as licenças são consideravelmente mais onerosas do que a dos programas básicos. Mais adiante, no Capítulo 5, são representados vários exemplos que ilustram a utilização de algumas destas ferramentas computacionais.

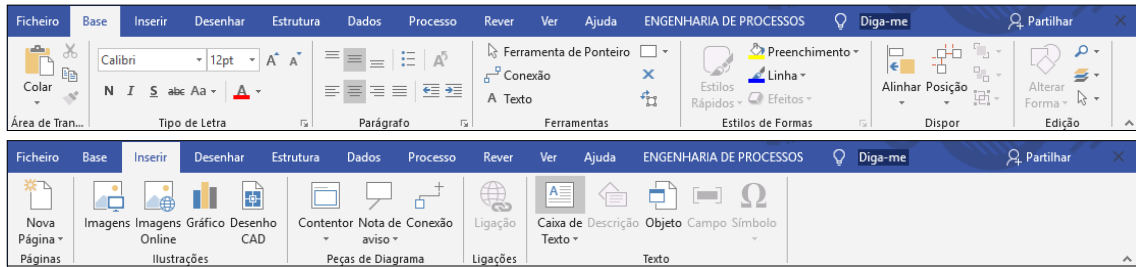
### 4.1. Software básico: Microsoft Visio e Edraw Max

Como referido anteriormente, existem diversos softwares onde a elaboração de diagramas P&ID é mais fácil, mas o nível de detalhe que se consegue obter não é o profissional. Para estudar esta questão são selecionados dois programas, o Visio e o Edraw Max. São de forma sucinta, analisados de modo a identificar as principais vantagens e desvantagens da sua utilização, para fins académicos.

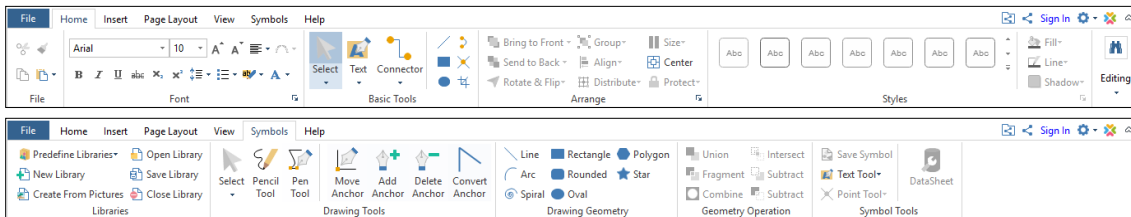
Ambos os programas permitem a criação de diagramas P&ID. Para além disso, permitem a elaboração de fluxogramas, gráficos, diagramas, tabelas, apresentações, e diversas aplicações na área do design, podem ser realizadas com alguma facilidade. Para melhor os explorar, são apresentados na Figura 4.1 exemplos dos menus de ambos.

## 4. Software para a elaboração de Diagramas de Processo

a)



b)

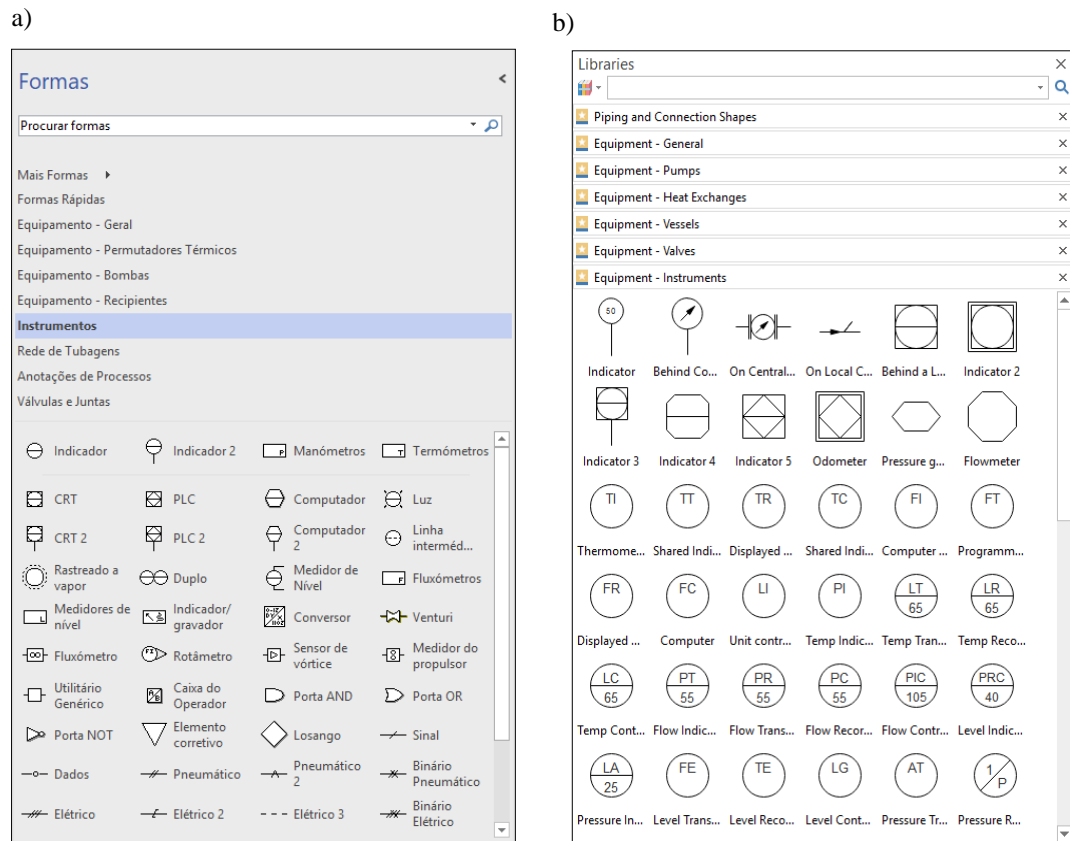


**Figura 4.1** – a) Principais menus utilizados no Microsoft Visio; b) Principais menus utilizados no Edraw Max.

As interfaces destes dois programas, são bastante intuitivas e de fácil aprendizagem. Todavia, uma vez que o Visio é da Microsoft, os seus menus são em muitos aspetos exatamente iguais aos restantes programas da empresa, como por exemplo o Word, PowerPoint ou Excel. Esta característica contribui para uma familiarização mais rápida com os seus comandos.

Na Figura 4.1 pode observar-se que existe uma semelhança na disposição dos comandos em ambos os ambientes. Como não são programas profissionais, não existem muitas opções. Tal permite que em pouco tempo de utilização se adquira aptidão para realizar com facilidade o que se pretende desenhar. Relativamente às bibliotecas (Figura 4.2) dos programas, ambas dispõem de símbolos de equipamento industrial, permutadores de calor, bombas, válvulas, instrumentação entre outros. Porém estes símbolos não seguem uma norma específica, ISO ou ISA, por exemplo. Assim, existem símbolos que estão especificados segundo as normas ISO e outros conjuntos especificados seguindo as normas ISA.

## 4. Software para a elaboração de Diagramas de Processo



**Figura 4.2** – a) Biblioteca do Microsoft Visio; b) Biblioteca do Edraw Max.

De modo a ilustrar os resultados que se podem obter com ambos os programas, nas Figuras 4.3 e 4.4, são apresentados diagramas P&ID de duas secções pertencentes a dois projetos distintos elaborados com o Visio e o Edraw Max, respetivamente.

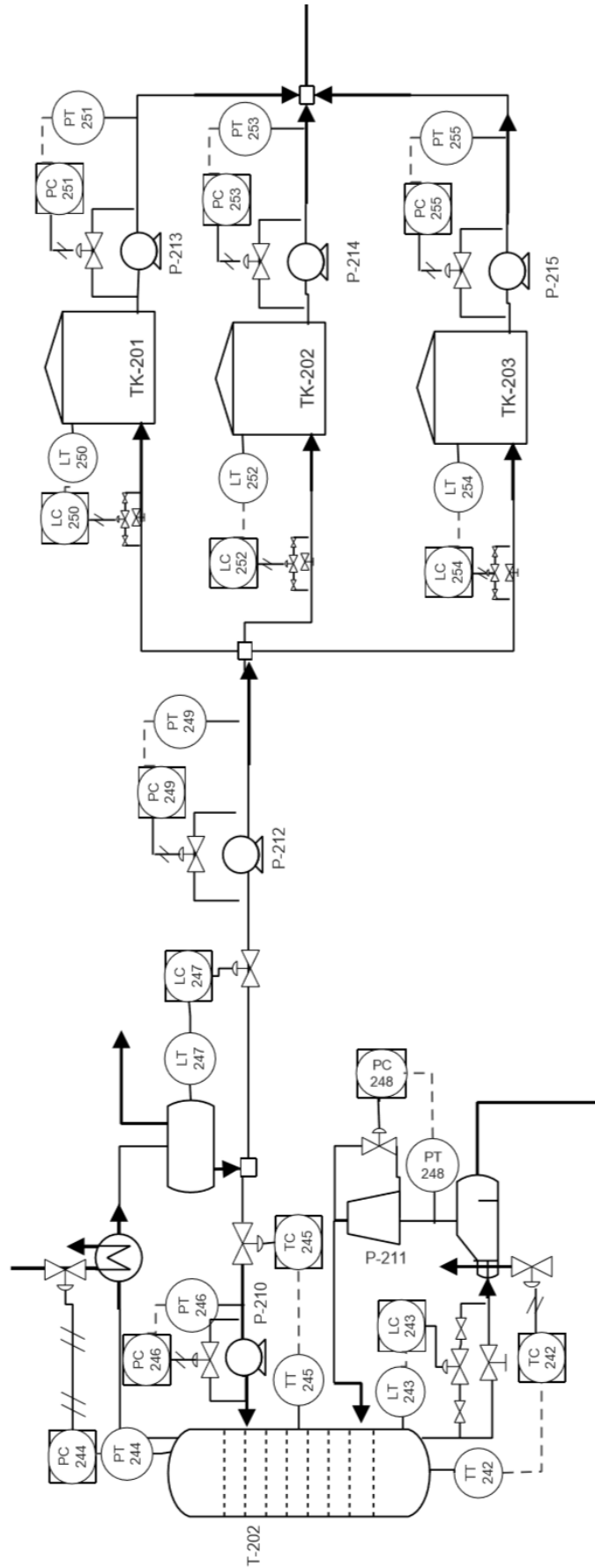


Figura 4.3 – Exemplo de diagrama P&ID elaborado em Microsoft Visio (Jordão, et al., 2019).



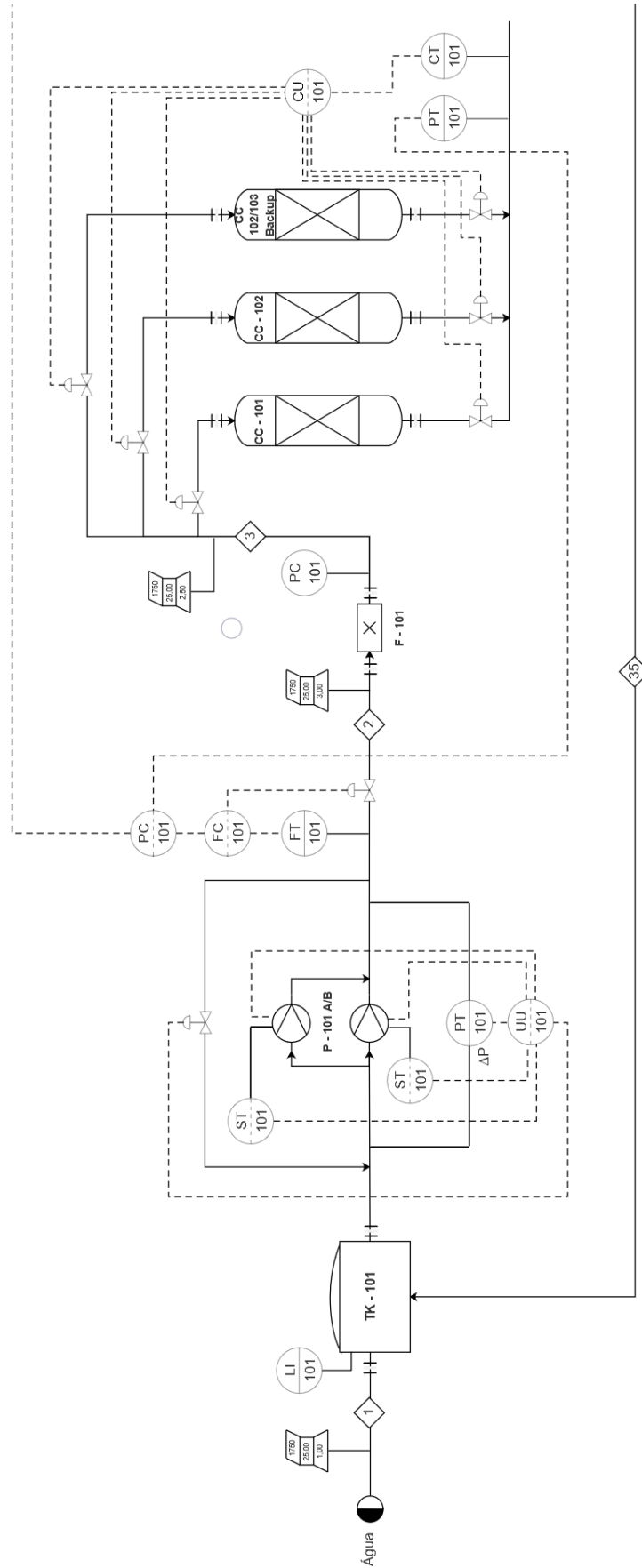


Figura 4.4 – Exemplo de diagrama P&ID elaborado em Edraw Max (Almeida, et al., 2019).

## 4. Software para a elaboração de Diagramas de Processo

---

Pode-se concluir que com ambos os softwares é possível obter desenhos com algum nível de detalhe técnico, havendo poucas diferenças entre ambos. Não existem diferenças significativas quando se comparam estes resultados. Contudo, existem pequenas diferenças no processo de elaboração dos diagramas, nomeadamente a nível da forma como se ligam os vários componentes do diagrama, etc. Porém estas particularidades têm mais peso num, ou no outro, dependendo do utilizador que está a realizar o diagrama. Porém, o fator que mais influencia a escolha de um destes dois programas é a sua disponibilidade.

De forma a existir comparação com programas computacionais avançados, na secção seguinte é abordado o AutoCAD Plant 3D.

### 4.2. Software avançado: AutoCAD Plant 3D

Um dos softwares avançados mais utilizado, há mais de uma década, é o AutoCAD, da Autodesk. Esta ferramenta computacional tem uma versão especializada designada AutoCAD P&ID. Atualmente é comercializado sob a designação de AutoCAD Plant 3D. Permite elaborar diagramas P&ID, bem como projetar toda a instalação industrial em formato 3D, isto é, representar à escala equipamentos, interligados por todas as tubagens, com as devidas válvulas, suportes, bombas entre outros.

Neste capítulo, é apresentada a interface da versão 2020 do AutoCAD Plant 3D, a mais recente até à data da realização deste trabalho. São apresentados os menus mais importantes, as ferramentas mais utilizadas, as normas que disponibiliza relativamente à simbologia, as interligações entre desenhos e importação/exportação de dados em formato Excel. Todos os menus do programa estão definidos em língua inglesa. Em seguida, é realizada uma introdução à utilização desta ferramenta, começando pela apresentação dos principais menus e ferramentas. Na Figura 4.5 está representada a página de abertura do programa.

## 4. Software para a elaboração de Diagramas de Processo

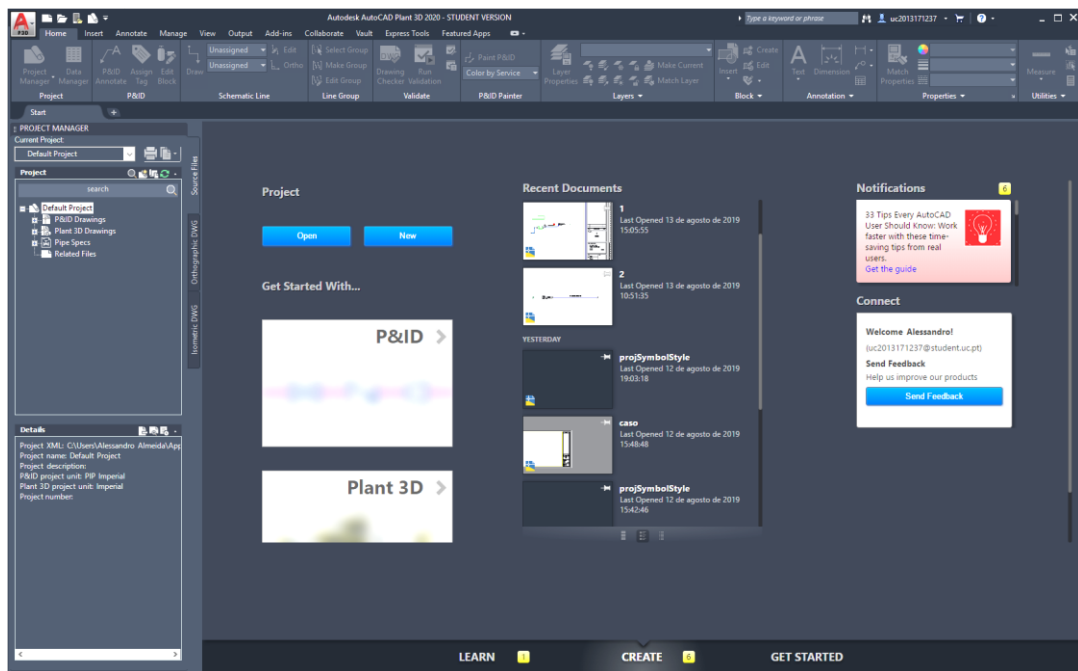


Figura 4.5 – Página inicial do AutoCAD Plant 3D.

### 4.2.1. Menu Principal

No Menu Principal encontram-se as funções para começar, guardar e terminar um projeto, entre outras, (Figura 4.6). Algumas destas funções também estão presentes nos menus ao longo do documento, com mais opções para o utilizador configurar.

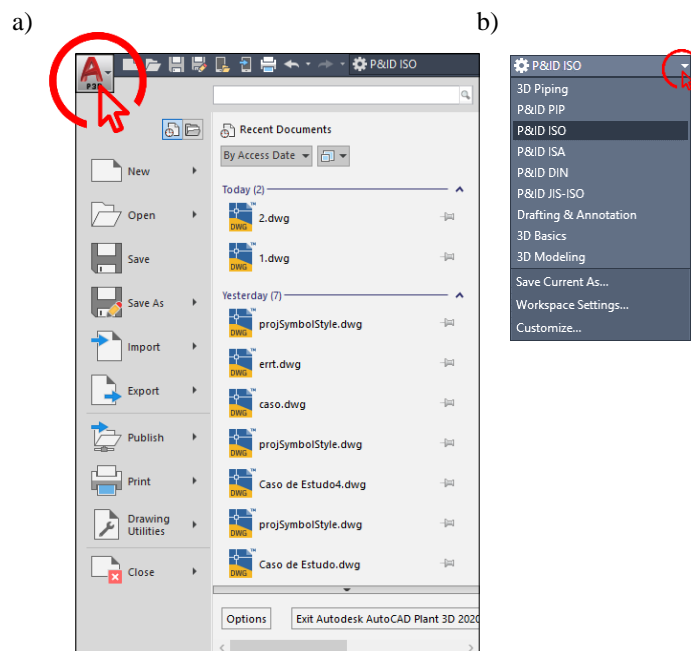



Figura 4.6 – a) Opções básicas do programa, no menu principal do AutoCAD; b) Janela dos vários workspaces disponíveis.

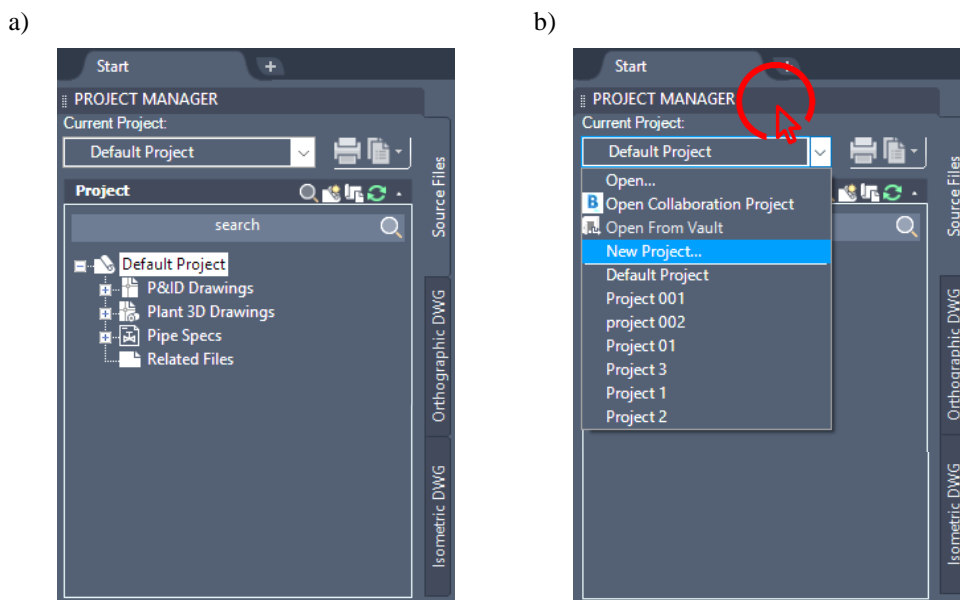
## 4. Software para a elaboração de Diagramas de Processo

Na Figura 4.6.a), no canto superior direito, a caixa  permite configurar os menus a apresentar para o tipo de desenho que se pretende construir: diagramas P&ID ou desenhos em 3D, como representado na Figura 4.6.b).

O programa AutoCAD Plant 3D disponibiliza uma biblioteca de simbologia separada por normas PIP, ISO, ISA, DIN e JIS.

### 4.2.2. Project Manager

O AutoCAD organiza os ficheiros numa hierarquia, começando por um Projeto, que é único, no qual se incluem todas as suas informações e desenhos. Os desenhos são divididos em desenhos principais, ou seja, os P&ID e os tridimensionais (“*Plant 3D*”), e em desenhos Ortográficos e Isométricos, tal como se pode observar na Figura 4.7 a). A Figura 4.7 b) demonstra outra forma de iniciar um novo projeto.



**Figura 4.7** – a) Disposição do menu *Project Manager*; b) Janela onde se encontra uma das vias para iniciar um novo projeto.

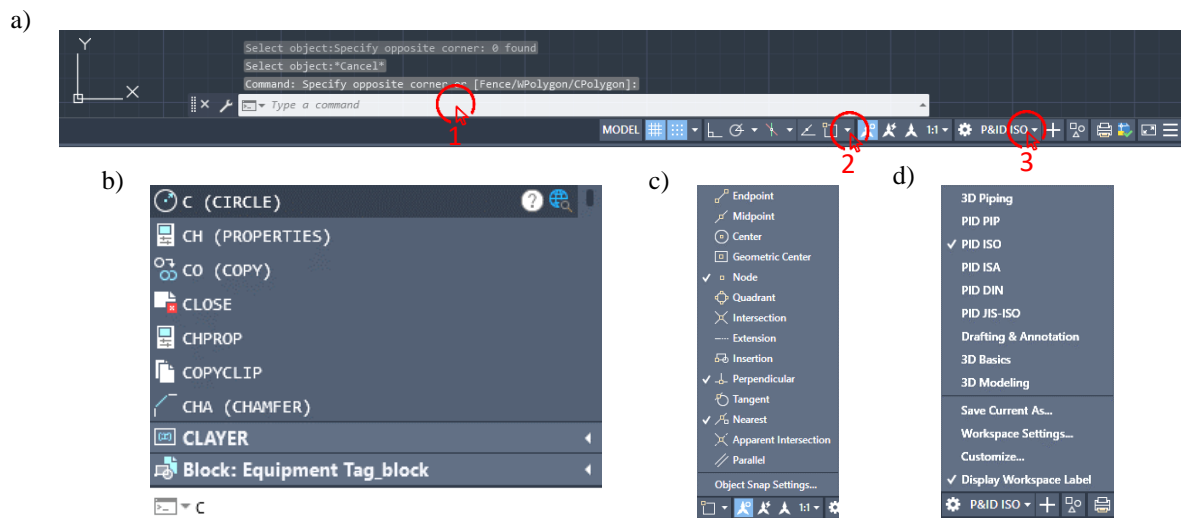
No caso em que se tem um diagrama P&ID, realizado noutra plataforma e que se pretenda melhorar no AutoCAD, é aconselhável sempre realizar primeiro o diagrama P&ID e depois o tridimensional (“*Plant 3D*”). Esta recomendação deve-se ao facto de existir informação que se pode transferir do desenho 2D para o 3D. É também possível transferir do 3D para o 2D alguma informação, mas em menor extensão do que no caso contrário.

### 4.2.3. Command Line e Drafting Settings Bar

Na Figura 4.8.a), representado pela seta número 1 encontra-se a Linha de Comandos, *Command Line*. Esta permite a realização de comandos através da escrita dos mesmos na barra. Isto é, permite ir buscar ferramentas sem ser necessário ir aos menus. Por exemplo, escrevendo a letra “C” são apresentados os principais comandos começados por esta letra, como está ilustrado na Figura 4.8.b). Continuando a escrever o comando pretendido, ele irá surgir, sendo apenas necessário seleccioná-lo.

Na parte superior da Linha de Comandos, o AutoCAD dá a indicação das ações que o utilizador pode fazer, bem como o histórico das que já foram efetuadas. Inclusivé, em certos comandos, apresenta opções de escolha que complementam o comando seleccionado. Contudo, se não se escolher nenhuma das opções, o programa assume a opção que está predefinida.

A Barra das Definições de Desenho, *Drafting Settings Bar*, apresentada no canto inferior direito da Figura 4.8.a), contém várias opções sobre a forma como o utilizador utiliza o espaço de trabalho, *workspace*. As duas opções mais utilizadas estão assinaladas pelas setas número 2 e 3. É possível observar nas Figuras 4.8.c) e 4.8.d) os respetivos menus.



**Figura 4.8** – a) Vista da *Command line* e da *Drafting settings bar*; b) – Comandos dispostos pela *Command line* para a letra “C”, correspondente à seta número 1; c) – Opções de cursor, correspondente à seta 2; d) – Opções de normas a apresentar no *workspace*, correspondente à seta 3.

No primeiro menu, seta 2, são dispostas várias opções sobre o comportamento do cursor no momento de desenhar. Por exemplo, a segunda opção “*Midpoint*” permite que sempre que o cursor passe por cima de um segmento de reta, o utilizador tenha a indicação de onde consegue colocar o objeto, exatamente no ponto médio desse segmento. A terceira opção, “*Center*” é análoga à anterior, com a diferença que esta indica o ponto central exato de uma circunferência.

## 4. Software para a elaboração de Diagramas de Processo

Deste modo, é facilitado o posicionamento do objeto no lugar pretendido. É possível selecionar várias opções, dependendo do que o utilizador desejar. Nem sempre é bom ter muitas opções ativas, pois isso pode atrapalhar a realização de uma ação específica ou o programa insistir em fazer outra.

O segundo menu permite escolher as normas relativas à simbologia a serem colocadas no desenho. Não interfere com a norma escolhida no momento da criação do documento, apenas muda o menu onde se encontram os equipamentos, válvulas, instrumentos, etc. É preciso ter em atenção que ao estar com um desenho P&ID aberto, ou seja, 2D, e ter o menu *3D piping* selecionado, não irá ser apresentada nenhuma simbologia referente a diagramas P&ID. Isto é devido a estar selecionado outro ambiente de trabalho.

### 4.2.4. Tool Bars: Home, Insert, View e Output

Na paleta horizontal situada acima do *workspace*, está a maioria das ferramentas do software. Seguidamente, são apresentados e analisados os principais separadores, nomeadamente o *Home*, *Insert*, *View* e *Output*. A partir destes separadores, são referidos os blocos que contêm os comandos mais importantes e mais utilizados, com uma breve explicação dos mesmos. É de salientar que esta revisão do AutoCAD Plant 3D é adaptada para o meio académico. Isto significa que existem outros comandos e ferramentas mais complexas que não são abordados neste documento.

#### 4.2.4.1. Separador – Home

Neste separador, representado na Figura 4.9, são analisados os blocos *Project*, *P&ID*, *P&ID Painter*, *Layers* e por fim *Utilities*, que se podem observar com mais detalhe pelas Figuras 4.10, 4.12, 4.14, 4.15 e 4.16, respetivamente.

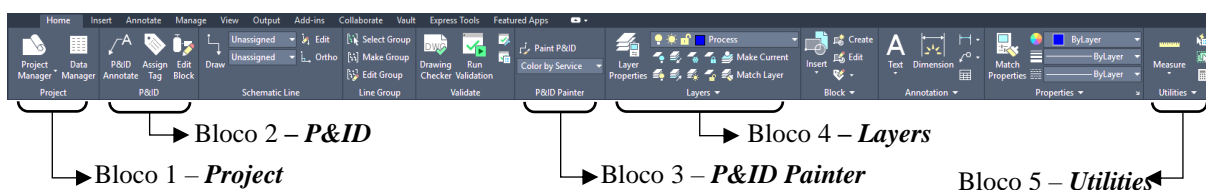
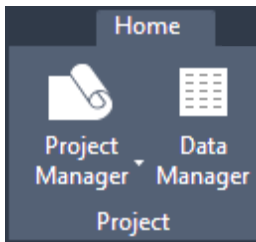


Figura 4.9 – Vista geral dos comandos pertencentes ao separador *Home*.

### Bloco 1 – Project





**Figura 4.10** – Bloco *Project* pertencente ao separador *Home*.

*Project Manager*, é outra alternativa onde é possível abrir e criar um novo projeto. Contém também a opção *Project Setup*, que permite aceder a todas as definições gerais e referentes aos desenhos.

*Data Manager*, é uma das mais importantes ferramentas no que toca à organização do projeto. O próprio AutoCAD organiza cada equipamento, válvula, instrumento, tubagem, etc, numa lista com todas as suas características. Toda a informação referente ao actual desenho está listada nesta lista. É uma base de dados “live”, ou seja, qualquer alteração realizada na base de dados, ou diretamente no desenho, é automaticamente atualizada em todos os campos onde essa informação se encontra. Pode-se observar um exemplo de duas tubagens na Figura 4.11 que ilustra as suas propriedades.

Line Number	Service	Nominal Size	Nominal Spec	Description	Comment	PnPID	Tag	Status
101	AGP			PIPE LINE GROUP		718	101	New
102	FO			PIPE LINE GROUP		759	102	New

**Figura 4.11** – Vista geral da janela *Data Manager* com exemplo de linhas de tubagens.

O comando exportar  é uma ferramenta muito útil que possibilita salvar os dados nas folhas de cálculo que, posteriormente, podem ser usados para criar, de forma automática, as listas elaboradas na Secção 3.3. Assim, informações como o fornecedor ou o número do modelo de um dado equipamento podem ser introduzidos de forma mais simples, por exemplo no programa Excel. Desta forma, após as devidas alterações, é possível importar  os dados novamente para a aplicação de AutoCAD.

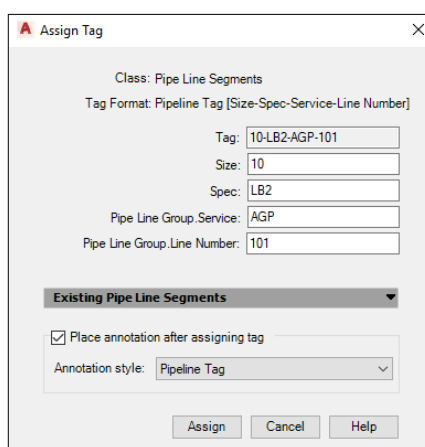
### Bloco 2 – P&ID



**Figura 4.12** – Bloco P&ID pertencente ao separador *Home*.

P&ID Annotate serve para colocar notas acerca das propriedades dos equipamentos no P&ID. Ao usar este comando, as opções do tipo e forma das anotações diferem de objeto para objeto.

Assign Tag é utilizado para mudar as propriedades dos objetos, tais como, por exemplo, o nome, o diâmetro de tubagens, o tipo de material usado (“*spec*”), o fornecedor, entre outros. O número e tipo de propriedades depende do objeto que se está a trabalhar. Na Figura 4.13 está exemplificado o comando aplicado a uma linha de tubagem.



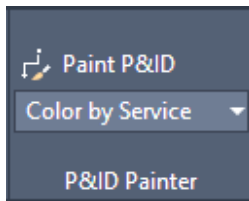
**Figura 4.13** – Janela *Assign Tag* para uma linha de tubagem.

A cada objeto atribui-se um identificador (*Tag*). O programa assegura-se que não seja possível introduzir mais nenhum *tag* com o mesmo número. Podem existir dois objetos com as mesmas *specs*, mas o identificador (*tag*) é diferente.

O Edit Block é muito útil quando se pretende alterar ou criar um objeto que não está disponível nas bibliotecas. O utilizador entra em modo de edição, podendo realizar mudanças ao objeto específico. Terminada a definição do objeto, o utilizador pode adicioná-lo à paleta da simbologia.



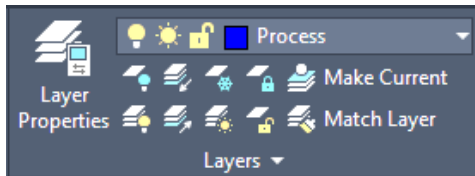
### Bloco 3 – P&ID Painter



**Figura 4.14** – Bloco *P&ID Painter* pertencente ao separador *Home*.



*P&ID Painter* permite observar no diagrama conjuntos de objetos que pertencem todos ao mesmo grupo. Por exemplo, pode ser atribuída a mesma cor às tubagens com o mesmo fluido circulante, com o mesmo diâmetro, agrupar equipamentos em funcionamento e os de backup, tipo de válvulas ou bombas. Para facilitar a compreensão e interpretação do diagrama é possível agrupar áreas do diagrama e destacá-las por cores distintas.

### Bloco 4 – Layers

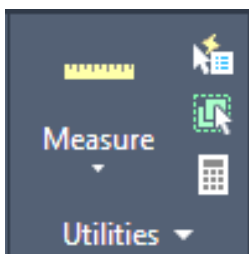


**Figura 4.15** – Bloco *Layers* pertencente ao separador *Home*.




Neste bloco é possível aceder ao *Layer Properties*. A utilização desta ferramenta é importante para elaborar um projeto sólido, bem organizado, e separar os vários tipos de objetos em diferentes camadas, (*Layers*). Por exemplo, é recomendável uma

*layer* para os equipamentos, outra para as válvulas, e assim sucessivamente. Esta metodologia de trabalho é recomendada porque desta forma é possível realizar tarefas que englobam todos os elementos que se encontram na *layer*. Por exemplo, se for necessário alterar a cor das válvulas presentes num desenho, basta alterar a cor da *layer* para que o software altere automaticamente a cor de todas as válvulas no desenho. É possível mostrar/esconder  *layers*, ou seja, fazer com que não apareçam no diagrama. Outra opção disponível é a de bloquear  todas as opções de edição. Este comando é útil quando o utilizador não quer correr o risco de alterar por engano algum objeto do diagrama presente numa determinada *layer*.

### Bloco 5 – Utilities



**Figura 4.16** – Bloco *Utilities* pertencente ao separador *Home*.

No Bloco *Utilities*, encontram-se ferramentas que facilitam o trabalho ao utilizador. A ferramenta *Measure*, pode ser usada para medir distâncias, ângulos, raios, áreas e volumes. A *Quick Select* , permite selecionar de forma rápida um conjunto de objetos dependendo da propriedade pretendida. Se o utilizador desejar selecionar tudo que esteja no desenho, basta utilizar o *Select All* . Para qualquer cálculo, existe também a opção de *Quick Calculator* .

## 4. Software para a elaboração de Diagramas de Processo

### 4.2.4.2. Separador – *Insert*

Neste separador, representado pela Figura 4.17, é analisado o bloco *Import* que está em mais detalhe representado na Figura 4.18.

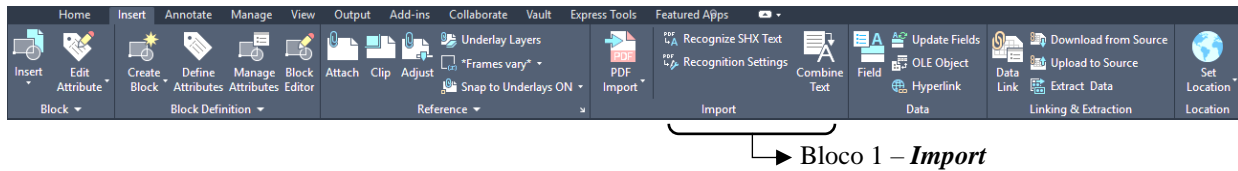


Figura 4.17 – Vista geral dos comandos pertencentes ao separador *Insert*.

### Bloco 1 – *Import*

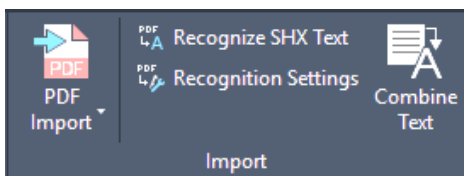


Figura 4.18 – Bloco *Import* pertencente ao separador *Insert*.

Uma ferramenta útil que a AutoDesk incluiu nos desenhos exportados em PDF é a possibilidade de se voltar a importar de forma a que seja possível editá-los novamente. Contudo, a informação neles contida é armazenada na forma vetorial. Assim, ou se importa o

diagrama completo como se fosse um único bloco, ou com os segmentos individualizados. A janela que o software apresenta ao importar um PDF dispõe de diversas opções, assim como o tipo de desenho e uma pré-visualização do mesmo (Figura 4.19). A opção [*Import as block*] permite a escolha da importação do desenho em vetores individuais ou em bloco.

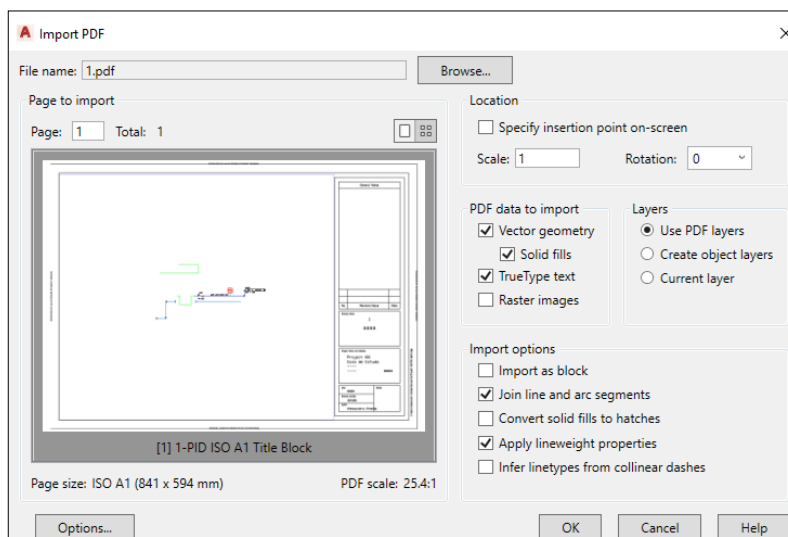


Figura 4.19 – Janela *Import PDF* de um desenho P&ID.

4.2.4.3. Separador – View

O separador View representado pela Figura 4.20, é constituído pelas secções a analisar, *Palettes*, *Interface* e *Viewport Tools*, representadas em detalhe pelas Figuras 4.21, 4.23 e 4.26, respetivamente.

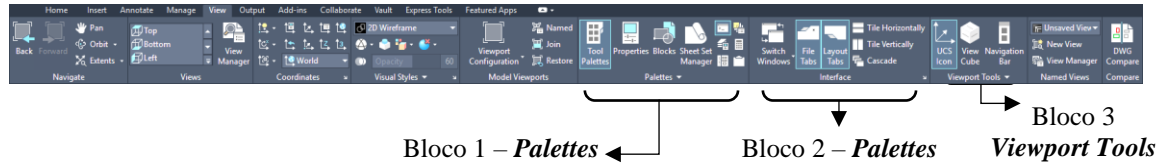


Figura 4.20 – Vista geral dos comandos pertencentes ao separador View.

Bloco 1 – Paletts

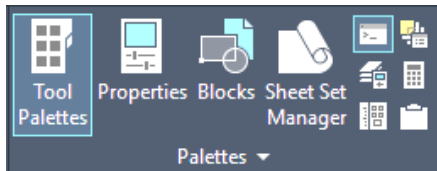


Figura 4.21 – Bloco Palettes pertencente ao separador Insert.

*Tool Palettes* é onde se encontra toda a simbologia para estruturar os diagramas P&ID. A janela que o software abre está representada pela Figura 4.22, onde se encontram com mais detalhe algumas das classes que a paleta dispõem como, *Lines*, *Equipment*, *Valves* e *Instruments*, sendo possível observar também símbolos pertencentes à norma ISO, neste caso.

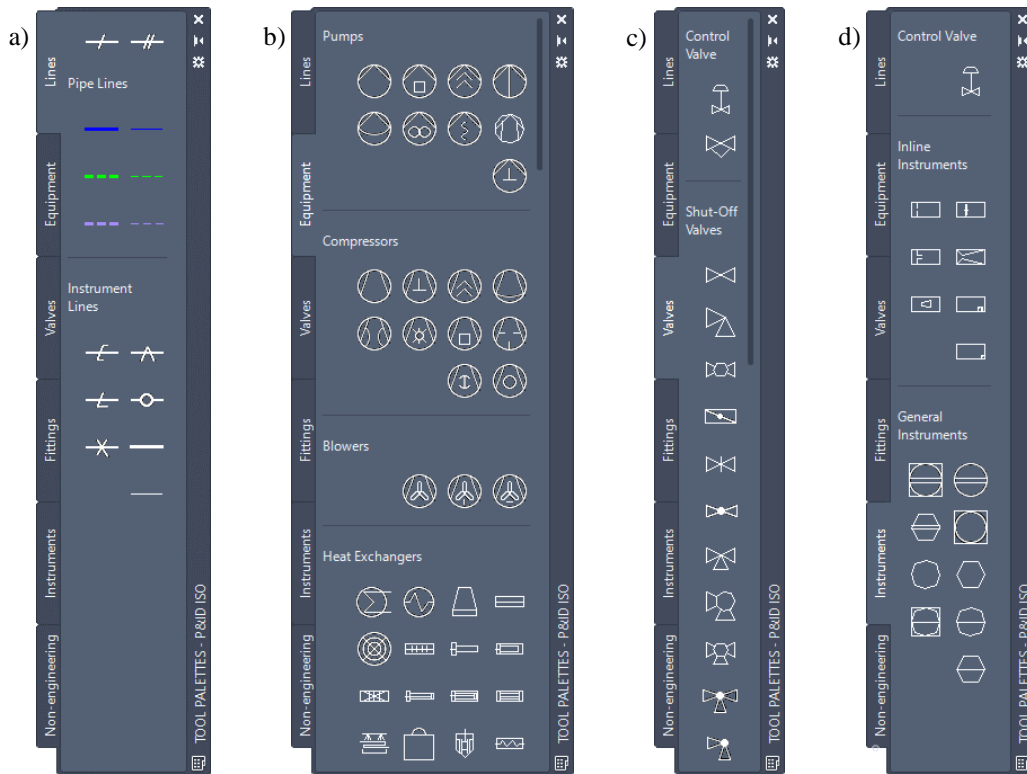
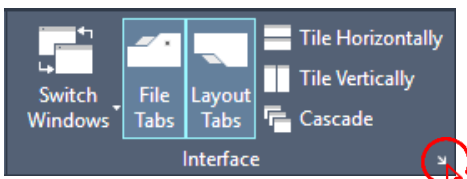


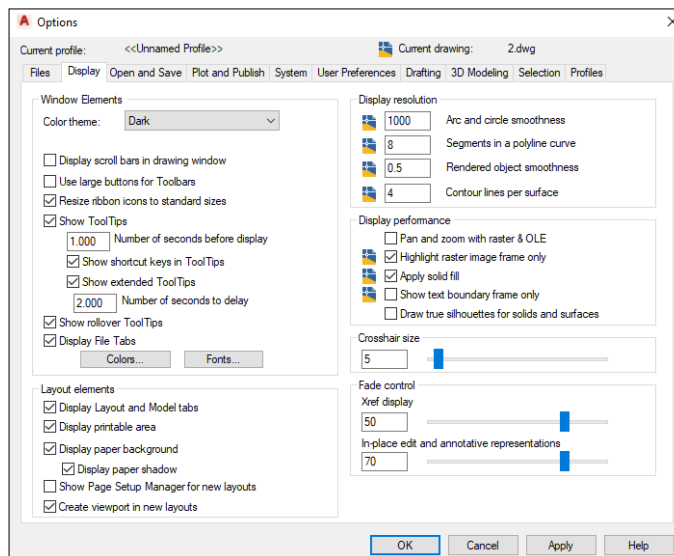
Figura 4.22 – Simbologia presente em a) Lines, b) Equipment, c) Valves e d) Instruments.

### Bloco 2 – Interface



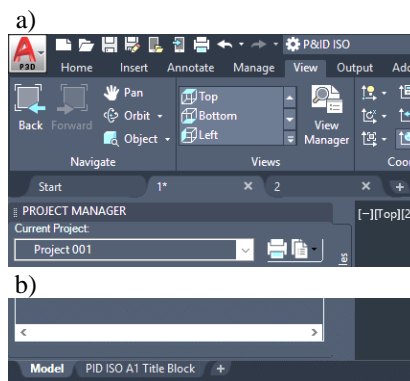
**Figura 4.23** – Bloco *Interface* pertencente ao separador *Insert*.

*Interface* permite personalizar as definições de visualização do workspace. É possível alterar a cor de fundo, o cursor, o *mesh* da malha entre outros aspetos através da janela representada pela Figura 4.24, que está disponível no ícone assinalado pela seta vermelha na Figura 4.23.



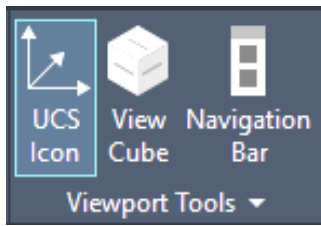
**Figura 4.24** – Opções referentes à *interface* do workspace.

É recomendado que as opções *File Tabs* e *Layout Tabs* estejam sempre ativadas, como representado na Figura 4.23. Desta forma, os separadores de desenhos são dispostos na parte superior esquerda da tela, Figura 4.25.a), e as *layers* de trabalho dispostas no canto inferior esquerdo, Figura 4.25.b). Estas *layers* do workspace possibilitam ao utilizador trabalhar apenas no modelo ou num ambiente onde exista um template.



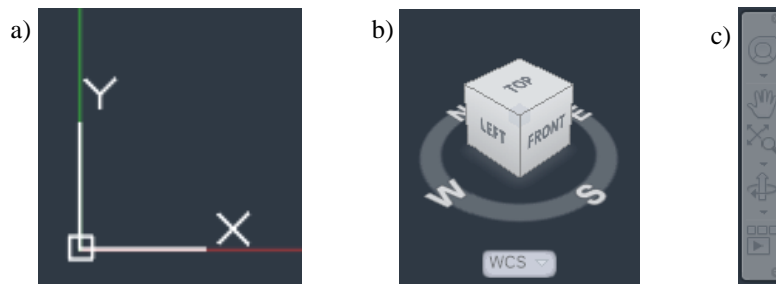
**Figura 4.25** – Visualização dos: a) separadores de desenhos; b) layers do workspace.

**Bloco 3 – Viewport Tools**



**Figura 4.26** – Bloco Viewport Tools pertencente ao separador Insert.

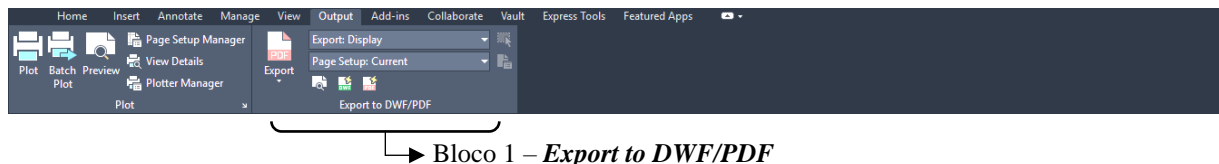
Este pequeno Bloco serve para ativar/desativar três ferramentas muito úteis, *UCS Icon*, *View Cube* e *Navigation Bar*, que servem para orientação, mudança de vistas e navegação no workspace, respetivamente. Encontram-se representadas na Figura 4.27.a), b) e c), respetivamente. As duas últimas opções são usadas em ambiente 3D.



**Figura 4.27** – a) Plano Cartesiano; b) Cubo de mudanças de vistas, WCS; c) Barra de navegação.

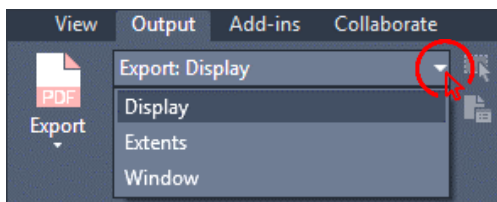
**4.2.4.4. Separador – Output**

Por fim é analisado o separador *Output*, na Figura 4.28. Neste, apenas é explorado o Bloco *Export to DWF/PDF*, representado pela Figura 4.29.



**Figura 4.28** – Vista geral dos comandos pertencentes ao separador *Output*.

**Bloco 1 – Export to DWF/PDF**



**Figura 4.29** – Bloco *Export to DWF/PDF* pertencente ao separador *Insert*.

Como referido anteriormente, é possível exportar os desenhos em formato PDF. Para tal basta utilizar o botão *Export* PDF.

Caso não seja alterado, por definição a exportação é feita por completo relativamente ao desenho atual. Contudo, se for pretendida apenas uma secção específica do desenho, a opção *Window* permite criar essa área com o cursor.

#### 4. Software para a elaboração de Diagramas de Processo

---

Uma vez realizada uma análise geral sobre os comandos principais do AutoCAD Plant 3D, no capítulo seguinte, introduzem-se formas de realizar algumas tarefas simples, na elaboração de diagramas P&ID nesta plataforma computacional.

# Exemplo da aplicação do AutoCAD Plant 3D na elaboração de diagramas P&ID

De forma complementar ao capítulo anterior, é em seguida exemplificada a utilização do programa computacional AutoCAD Plant 3D na elaboração de diagramas P&ID. Os exemplos são apresentados de modo a ilustrar a forma como deve ser utilizado o programa, passo a passo, com auxílio de imagens da interface do software. São abordadas como realizar tarefas referidas em secções anteriores, como: a criação de projetos (subsecções 4.2.1 e 4.2.2), adição de simbologia e elementos (subsecção 3.1.3), atribuição de designações, (*tags*) (subsecção 3.1.2.1) e a conexão de diagramas P&ID da (subsecção 3.1.2.2).

### 5.1. Criação de um novo projeto e de desenhos

Quando se inicia um projeto em AutoCAD Plant 3D é necessário inicialmente especificar certas propriedades, tais como, o diretório onde é guardada toda a informação e a norma da simbologia para o projeto.

– Criar um novo projeto

Para criar um novo projeto, seguir os passos seguintes:

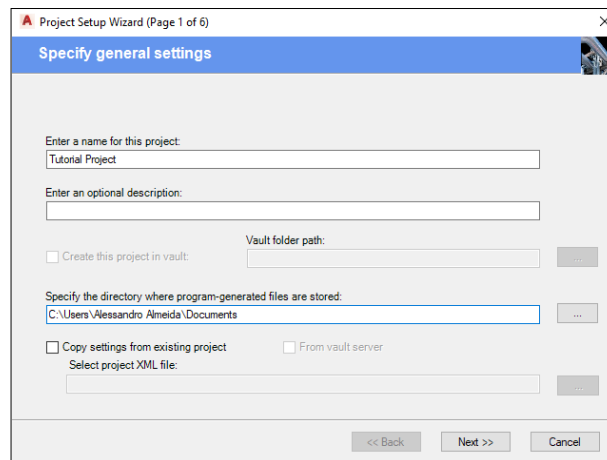
1. Clicar em *PROJECT MANAGER*;
2. Selecionar o separador *Source Files*;
3. Abrir caixa “*Current Project*”;
4. Com o botão esquerdo do rato<sup>3</sup> clicar em *New Project*.

---

<sup>3</sup> Salvo indicação em contrário, na descrição ao longo do capítulo subentende-se que ao clicar com o rato se está a utilizar o botão esquerdo.

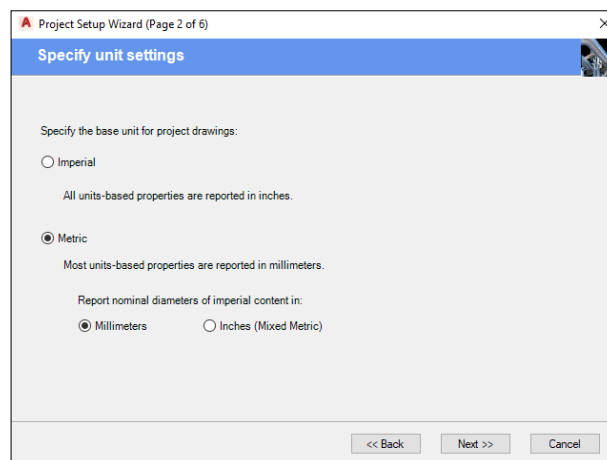
## 5. Exemplo da aplicação do AutoCAD Plant 3D na elaboração de diagramas P&ID

Em seguida, na sequência deste procedimento surge a primeira janela (ver Figura 5.1), onde se coloca o nome pretendido do projeto e o diretório onde se guardam automaticamente todos os ficheiros associados.



**Figura 5.1** – Janela (1 de 6) de um Novo Projeto.

Após preencher os campos, deve clicar-se em [*Next >>*]. É mostrada a segunda janela (Figura 5.2). Nesta janela é possível escolher o sistema de unidades, nomeadamente o sistema imperial ou o sistema métrico.

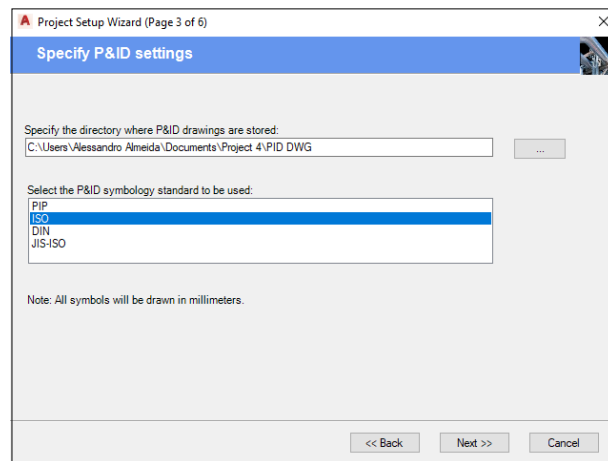


**Figura 5.2** – Janela (2 de 6) de um Novo Projeto.

Uma vez selecionado o sistema de unidades (neste caso foi selecionado o sistema de unidades métrico), prossegue-se clicando em [*Next >>*]. Abre-se assim uma terceira janela (Figura 5.3). Nesta etapa é dado ao utilizador a possibilidade de seleccionar a norma para a simbologia a utilizar na elaboração do diagrama P&ID. É de salientar que esta opção também pode ser alterada numa fase mais avançada da elaboração do P&ID.






## 5. Exemplo da aplicação do AutoCAD Plant 3D na elaboração de diagramas P&ID



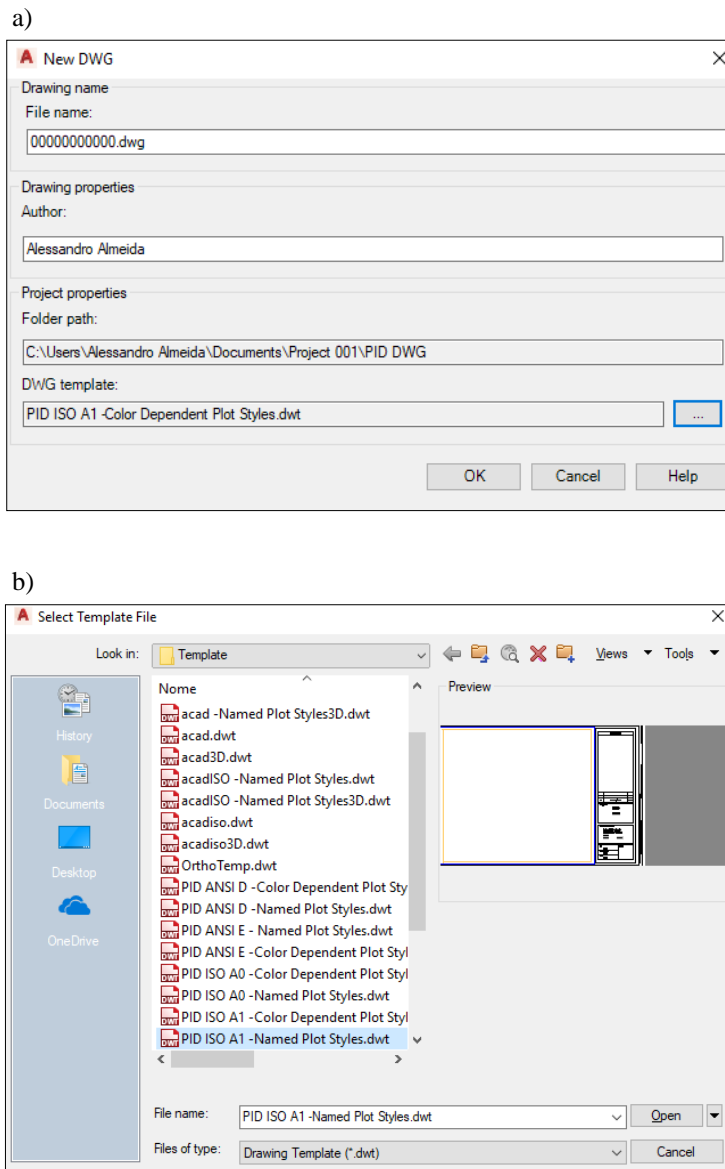
**Figura 5.3** – Janela (3 de 6) de um Novo Projeto.

Nas três janelas seguintes é possível selecionar opções que permitem especificar diretórios da base de dados do projeto, na qual é recomendado que se mantenham as definições escolhidas automaticamente.

Após a escolha das definições da terceira janela, para concluir esta primeira etapa e criar o projeto, clicar em [*Next >>*], [*Next >>*], [*Next >>*] e, por fim, em [*Finish*].

Com o projeto aberto, o próximo passo é criar a folha de desenho que se pretende, especificando se é para elaborar um diagrama P&ID ou um diagrama 3D. Para tal, no menu [**PROJECT MANAGER**], separador **Source Files**], a primeira ação a fazer é escolher o tipo de desenho. Neste exemplo seleciona-se um diagrama P&ID, clicando em  e, em seguida, no botão [*New Drawing*, ]. Na sequência destas ações surge a janela representada pela Figura 5.4.a). É necessário agora atribuir um nome ao desenho e escolher o *template* para o diagrama P&ID. As várias opções são visíveis na Figura 5.4.b), clicando no botão .

## 5. Exemplo da aplicação do AutoCAD Plant 3D na elaboração de diagramas P&ID



**Figura 5.4** – a) Janela de um Novo Desenho P&ID; b) Janela para escolha do *template* P&ID.

Nas Figuras 5.5 e 5.6, encontram-se dois exemplos de *templates* distintos, A e B, respetivamente, para a elaboração de diagramas P&ID. Estes *templates* têm uma configuração diferente da referida na Secção 3.3.1. Contudo, como referido anteriormente, cada empresa tem a sua metodologia e adota a sua própria configuração nos diagramas P&ID.

## 5. Exemplo da aplicação do AutoCAD Plant 3D na elaboração de diagramas P&ID

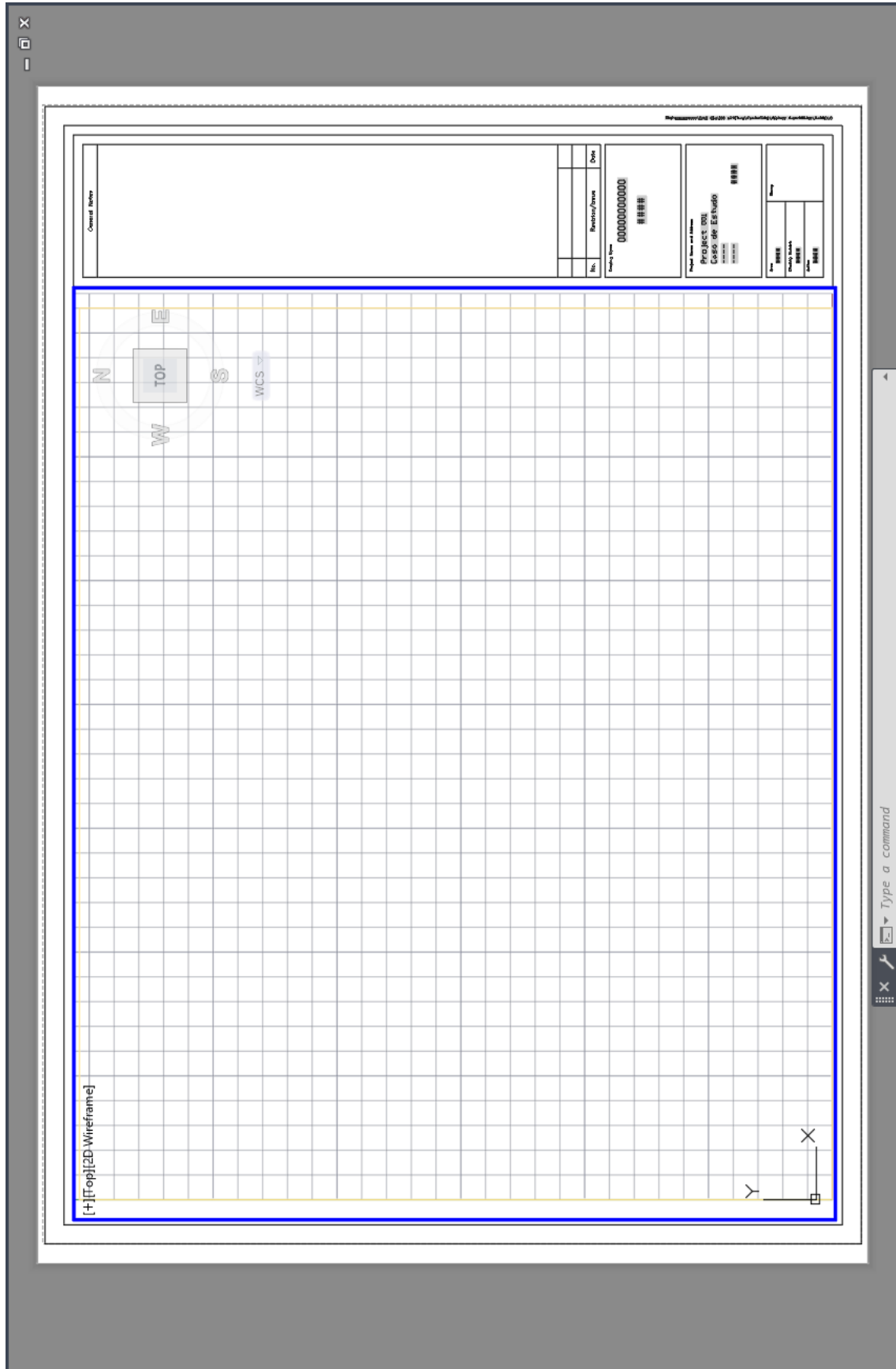


Figura 5.5 – Template A para a elaboração de diagramas P&ID disponibilizado na biblioteca do AutoCAD Plant 3D.

## 5. Exemplo da aplicação do AutoCAD Plant 3D na elaboração de diagramas P&ID

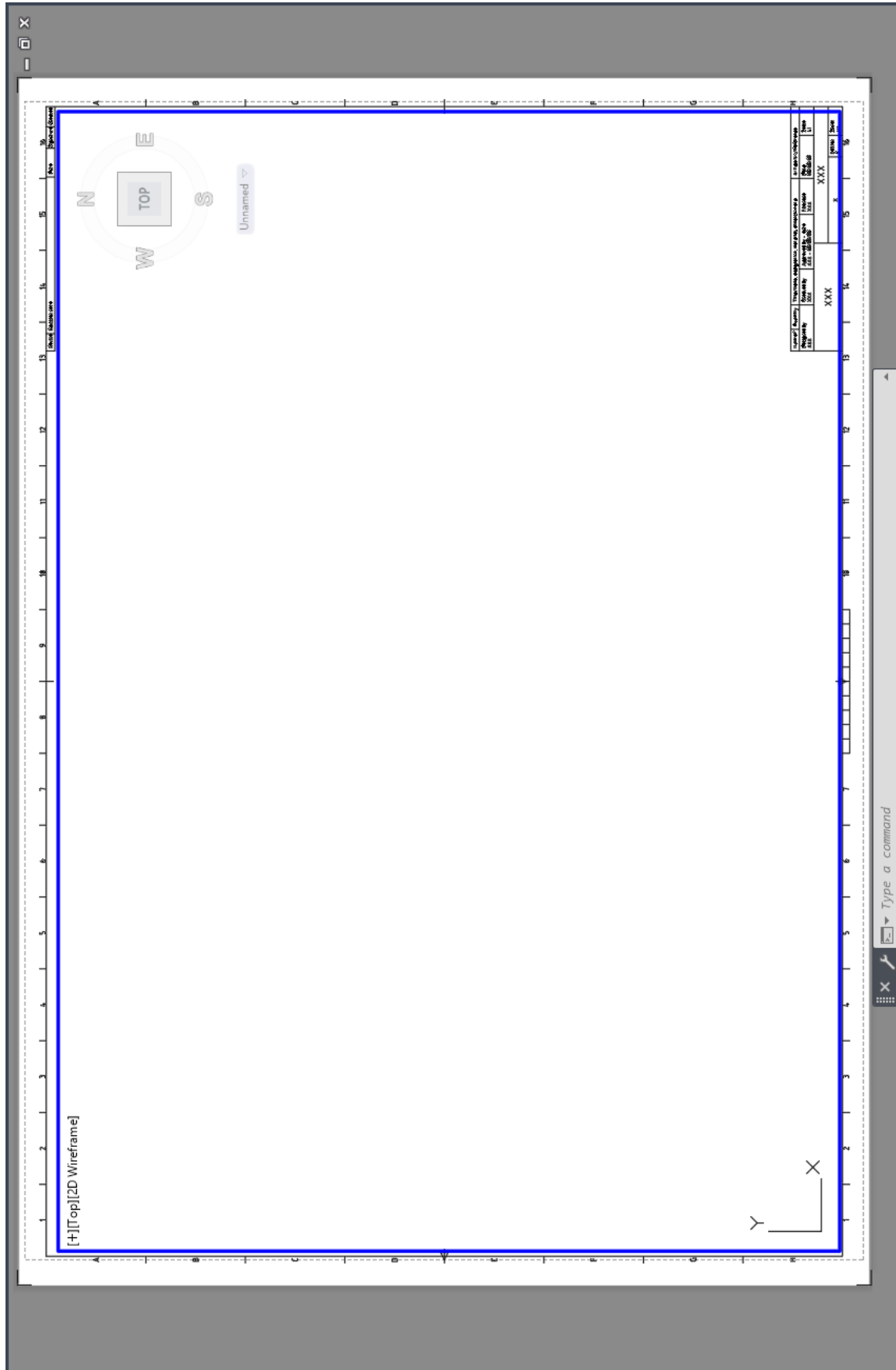
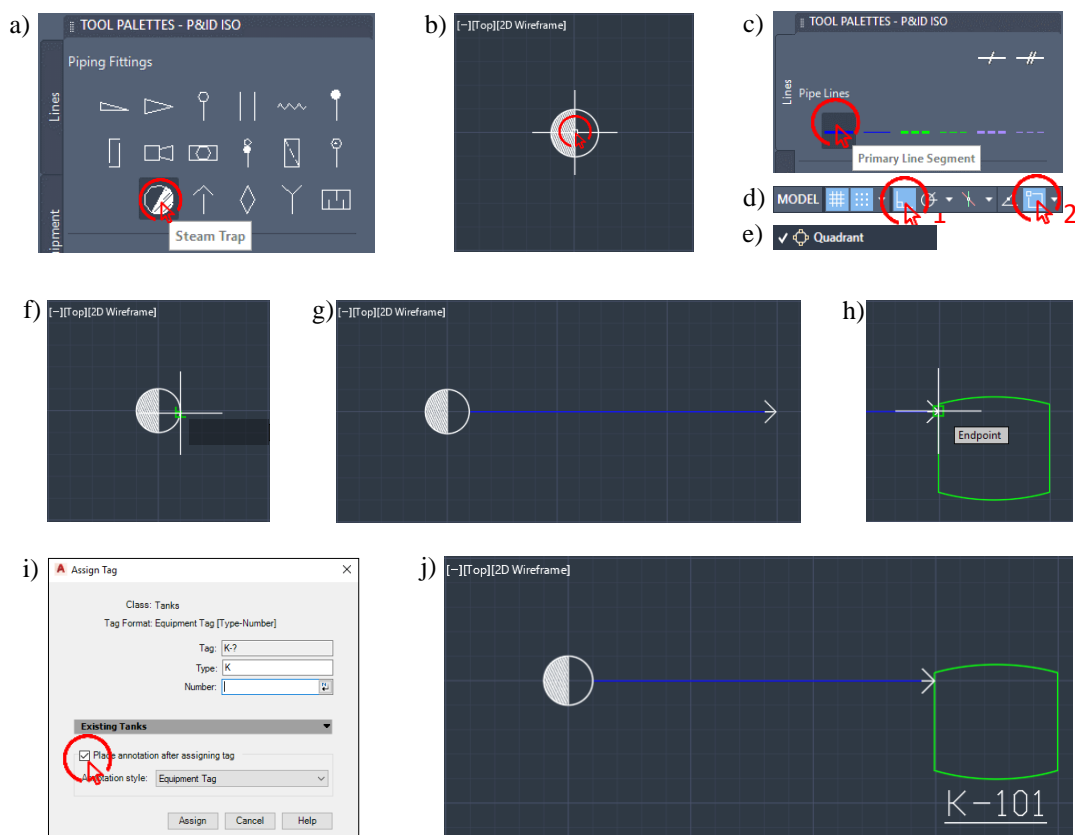


Figura 5.6 – *Template B* para a elaboração de diagramas P&ID disponibilizado na biblioteca do AutoCAD Plant 3D.

## 5.2. Introdução de elementos: tanques; válvulas; instrumentação

Embora este software facilite a adição de objetos ao desenho e a sua manipulação seja intuitiva, o processo de aprendizagem requer algum tempo de exploração dos comandos e da metodologia para executar os vários passos na construção dos vários componentes do desenho. Qualquer elemento das bibliotecas de simbologia, como equipamentos e válvulas, por exemplo, é adicionado sempre do mesmo modo: selecionar o objeto pretendido (clique no objeto) no separador **[TOOL PALLETES – P&ID ISO]**, e colocá-lo no *workspace*. Este procedimento é ilustrado passo-a-passo na Figura 5.7.



**Figura 5.7** – a) Separador *Fittings*; b) Colocação do objeto no *workspace*; c) Separador *Lines*; d) Barra de ferramentas; e) Opção *Quadrant*; f) Colocação da tubagem; g) Tubagem aplicada; h) Colocação de equipamento; i) Janela da atribuição de *tag* (Predefinição K); j) Resultado final.

Quando não existem os símbolos pretendidos na biblioteca de simbologia, é possível criar ou adaptar os existentes. Na Figura 5.7 é utilizado o símbolo “*Steam Trap*” para ser usado como uma entrada de substâncias. É colocado no *workspace* e rodado, clicando com o botão direito do rato, “*Right Click*”<sup>4</sup> no objeto e selecionando a opção **[Rotate]** (Figura 5.7.a) e 5.7.b)).

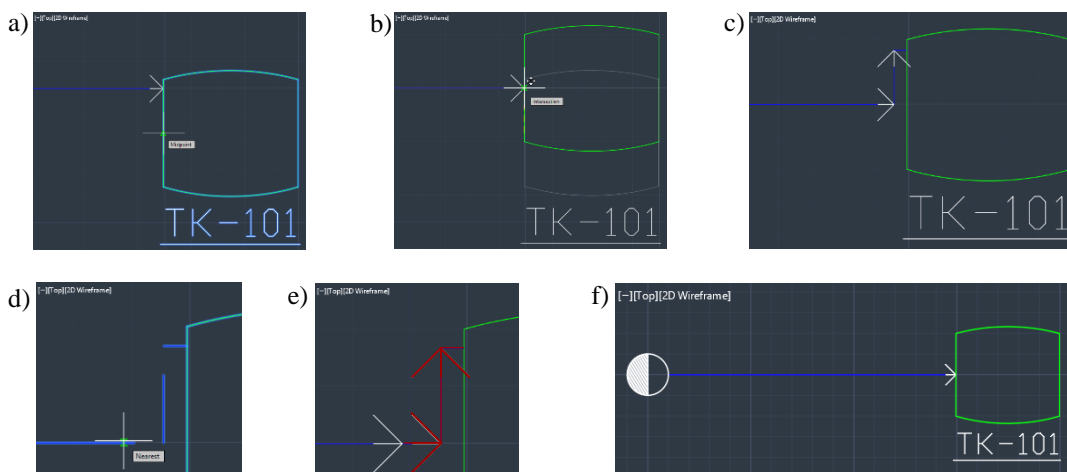
<sup>4</sup> Ao longo do documento, ao utilizar o botão direito do rato este é indicado da forma “*Right Clcik*”.

## 5. Exemplo da aplicação do AutoCAD Plant 3D na elaboração de diagramas P&ID

Em seguida, é adicionada uma tubagem (Figura 5.7.c), 5.7.f) e 5.7.g)). Os comandos assinalados pelas setas 1 e 2 na Figura 5.7.d) são muito úteis para facilitar o trabalho no *workspace*. Ao acionar o comando 1, este permite que tudo o que for criado/alterado segue sempre uma linha perpendicular. Isto é, ao criar uma tubagem esta ficará sempre numa posição perpendicular ao eixo dos XX ou dos YY. Esta característica mantém-se ao mover um objeto. No comando 2, é ativada a opção [*Quadrant*], Figura 5.7.e). Assim o AutoCAD indica os pontos referentes aos quadrantes da circunferência (0°, 90°, 180° e 270°). Deste modo a linha fica situada exatamente no quadrante pretendido (neste caso nos 0°).

As Figuras 5.7.h), 5.7.i) e 5.7.j) ilustram a adição de um tanque, a atribuição do código 101 e a classe TK, e a colocação da *tag* por baixo do tanque, respetivamente. Esta *tag* só fica disponível para colocação no *workspace* se se ativar a opção assinalada pela seta na Figura 5.7.i). Caso contrário, o tanque fica com essa designação, mas não é apresentada no diagrama.

É sempre aconselhável adicionar a tubagem após a adição dos equipamentos que esta interliga. Isto porque ao adicionar os equipamentos o ponto onde se realiza essa ligação é o predefinido pelo software. Na Figura 5.7.j) é possível observar que o tanque está conectado à tubagem pelo seu topo. Se se pretender que essa ligação seja feita noutra ponto do tanque, é necessário executar passos extra relativamente ao passo de adicionar primeiro o tanque e só depois ligar a tubagem ao ponto pretendido. A Figura 5.8 exemplifica este cenário e uma das formas de o executar com sucesso.



**Figura 5.8** – a) Seleção do *midpoint*; b) Arrastamento do tanque; c) Resultado do arrastamento; d) Resultado do comando [*Break*]; e) Indicação a vermelho da secção a eliminar; f) Resultado final.

Assim, inicialmente é movido o tanque para a posição pretendida, realizando “*Right Click*” no objeto e utilizando a opção [*Move*], tal como ilustrado pelas Figuras 5.8.a) e 5.8.b). É de notar que o resultado, apresentado na Figura 5.8.c), é que a tubagem se vai adaptando à medida que se desloca o objeto. Para evitar este comportamento, a estratégia mais simples é

## 5. Exemplo da aplicação do AutoCAD Plant 3D na elaboração de diagramas P&ID

desconectar a ligação linha-objeto, isto é, “puxando” essa linha pelo ponto de interligação. Após estarem ambos desconectados, primeiro move-se o objeto e depois interligam-se novamente. Para exemplificar outra forma de editar linhas de tubagens, na Figura 5.8.d) é selecionada a linha utilizando “*Right Click*” e o comando [*Schematic Line Edit* → *Break* → **Selecionar o ponto da quebra** → **Carregar na tecla “Enter”**]. Assim é possível cortar a linha. Desta forma, é possível eliminar a parte que está ligada ao equipamento (linha a vermelho na Figura 5.8.e)). Em seguida, para conectar novamente a linha, apenas é necessário alongá-la até ao tanque.

Analogamente ao tanque, é possível adicionar válvulas, instrumentos, entre outros objetos, tal como representado pela Figura 5.9.

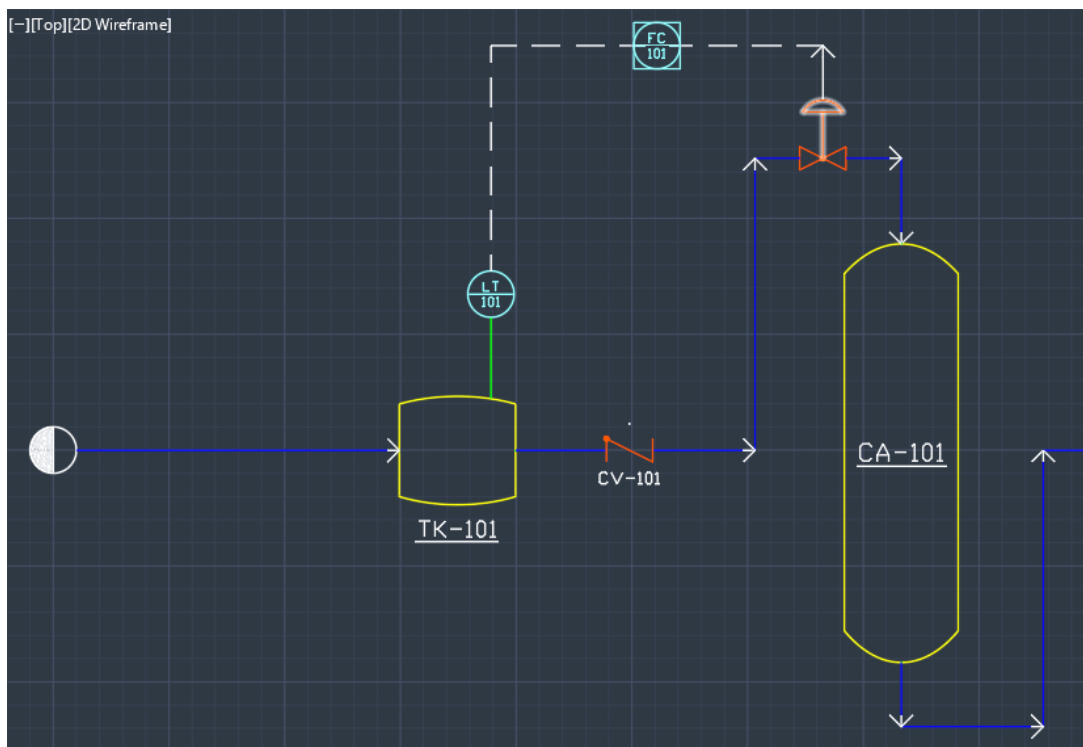


Figura 5.9 – Resultado da adição de objetos num diagrama P&ID.

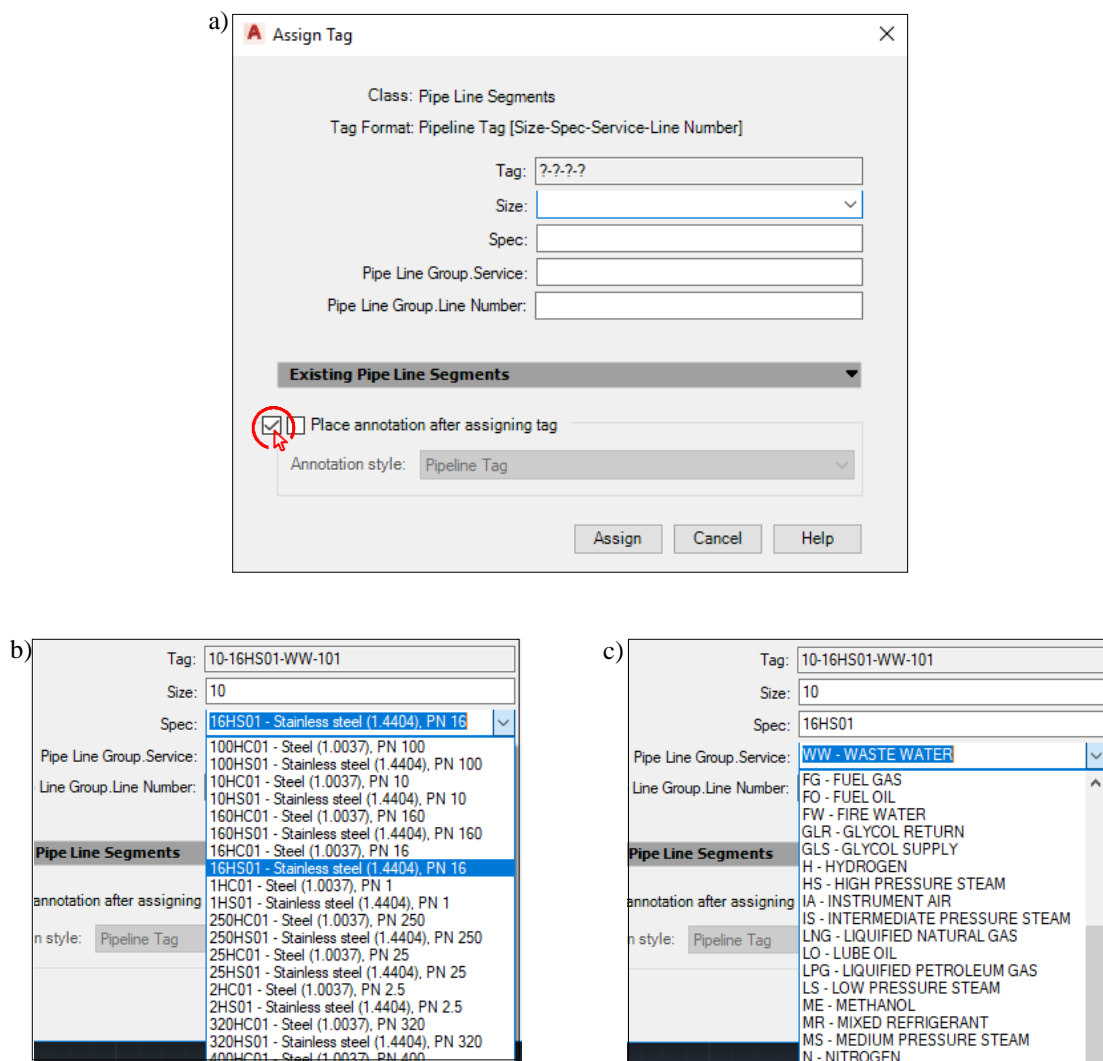
### 5.3. Atribuição de tags às tubagens

Como explicado anteriormente, é atribuído a cada tubagem uma *tag*, isto é, um código de indentificação. O AutoCAD permite adicionar *tags* às tubagens indicando o seu número individual (*Pipe Line Group/Line Number*), o seu diâmetro (*Size*), o tipo de material da tubagem (*Spec*) e o tipo de fluido circulante (*Pipe Line Group/Service*). As duas últimas propriedades são definidas a partir de uma base de dados.

Atendendo ao exemplo construído na Figura 5.9, é necessário atribuir *tags* às tubagens tal como ilustrado na Figura 5.10.a). Alguns exemplos de propriedades relativas aos tipos de

## 5. Exemplo da aplicação do AutoCAD Plant 3D na elaboração de diagramas P&ID

materiais das tubagens e aos fluidos de serviço, que estão disponíveis nas bases de dados, são apresentados nas Figuras 5.10.b) e 5.10.c), respetivamente.



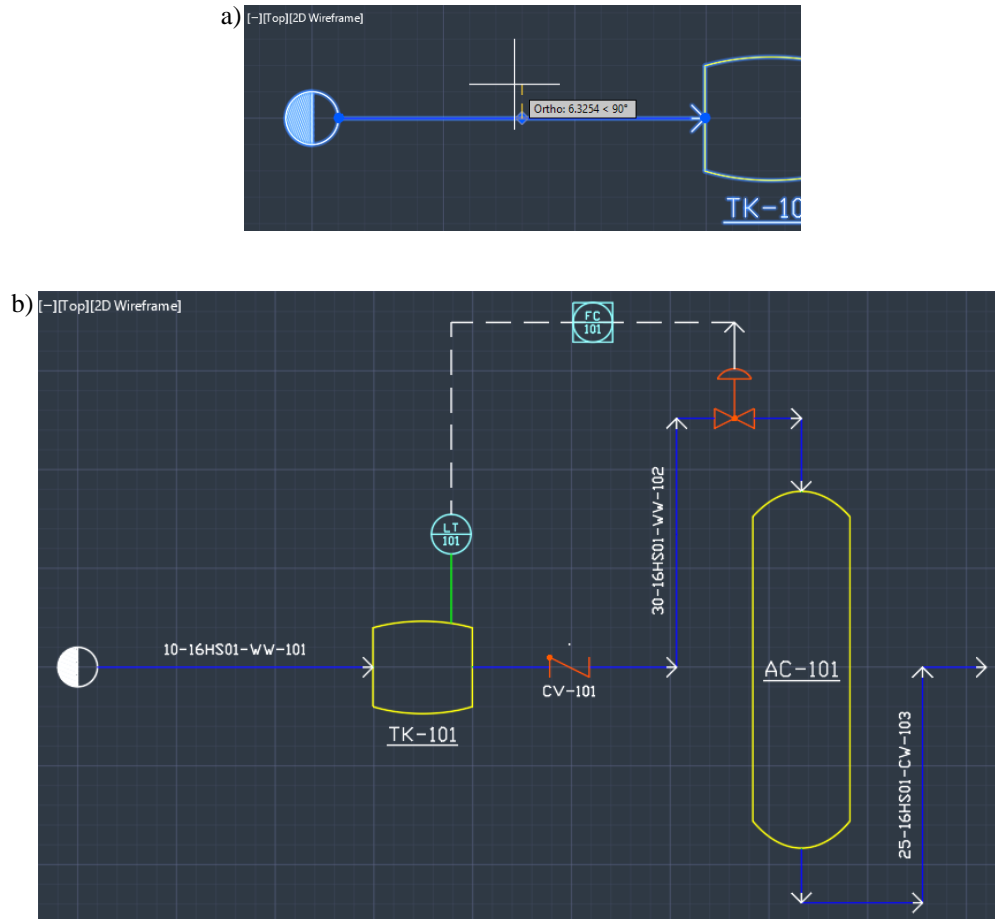
**Figura 5.10** – a) Menu das propriedades da tubagem, *Assign Tag*; b) Tipos de material das tubagens da base de dados; c) Tipos de fluido circulante da base de dados.

A janela das propriedades, Figura 5.10.a), permite definir as características da tubagem selecionada. Apesar de existir um campo específico para cada componente, o software permite ao utilizador colocar uma descrição na caixa de texto. Esta funcionalidade é útil porque deste modo é possível adotar qualquer ordem na organização das propriedades. Outra vantagem associada a esta funcionalidade é o facto de, se não existirem na base de dados as opções pretendidas, do tipo de material da tubagem ou do tipo de fluido circulante, o utilizador poder personalizar estes campos com as siglas que entender.



## 5. Exemplo da aplicação do AutoCAD Plant 3D na elaboração de diagramas P&ID

Mais uma vez, a colocação da *tag* no *workspace* é feita analogamente às dos objetos, ou seja, é necessário seleccionar a opção assinalada com a seta a vermelho na Figura 5.10.a). Em seguida, basta colocar a *tag* no lugar pretendido.

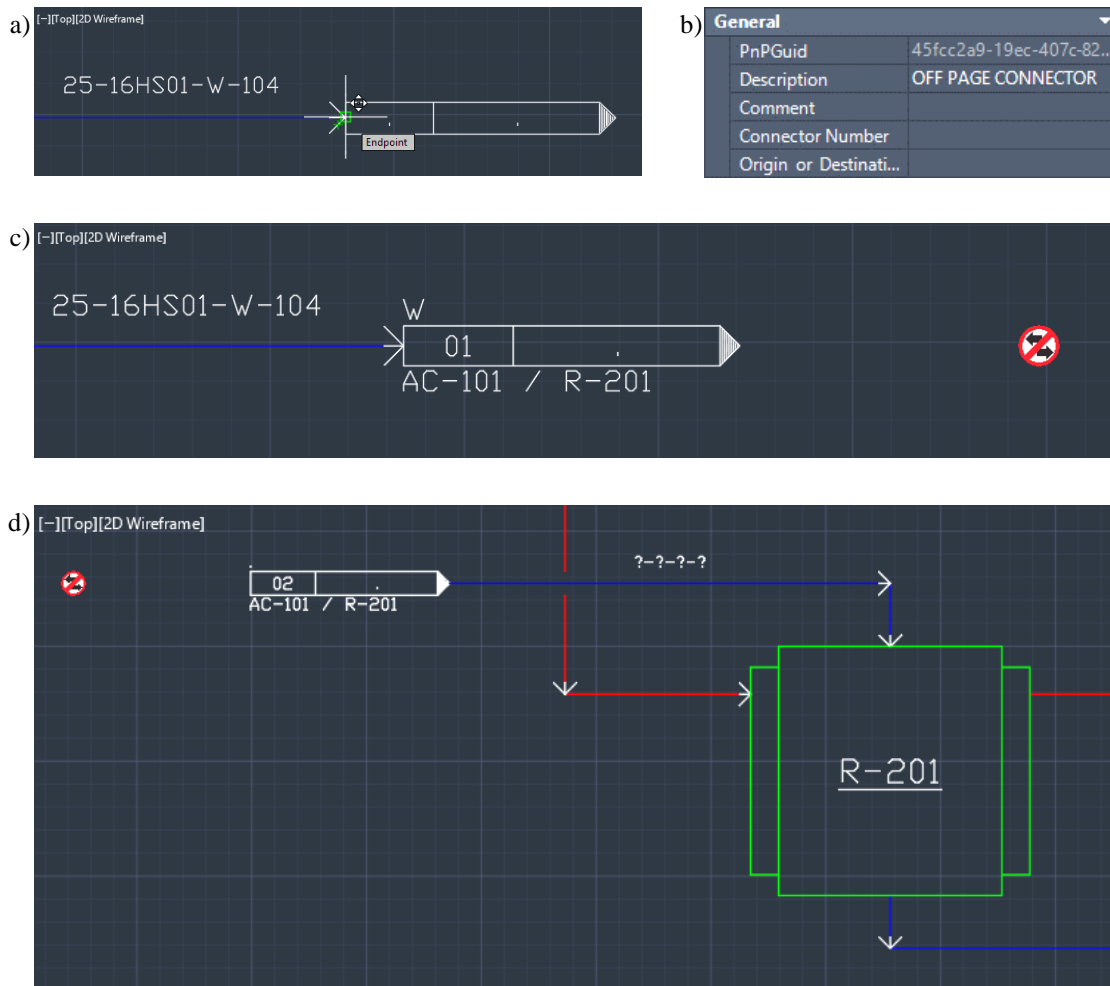


**Figura 5.11** – a) Colocação da *tag* da tubagem após premir a opção [Assign] da Figura 5.10.a); b) Resultado final.


### 5.4. Interligação de desenhos: conectores

Uma funcionalidade muito útil que o AutoCAD possui, é a criação de uma hiperligação entre desenhos. Ao utilizar os conectores referidos no Secção 3.1.2.2, é possível interligar os diagramas de forma a que o utilizador consiga, através deste, abrir o diagrama seguinte, ou seja o diagrama a que está conectado. As Figuras 5.12, 5.13 e 5.14 ilustram resumidamente os passos para interligar o diagrama até agora elaborado, Figura 5.11, com um segundo diagrama (Figura 5.12.d)).

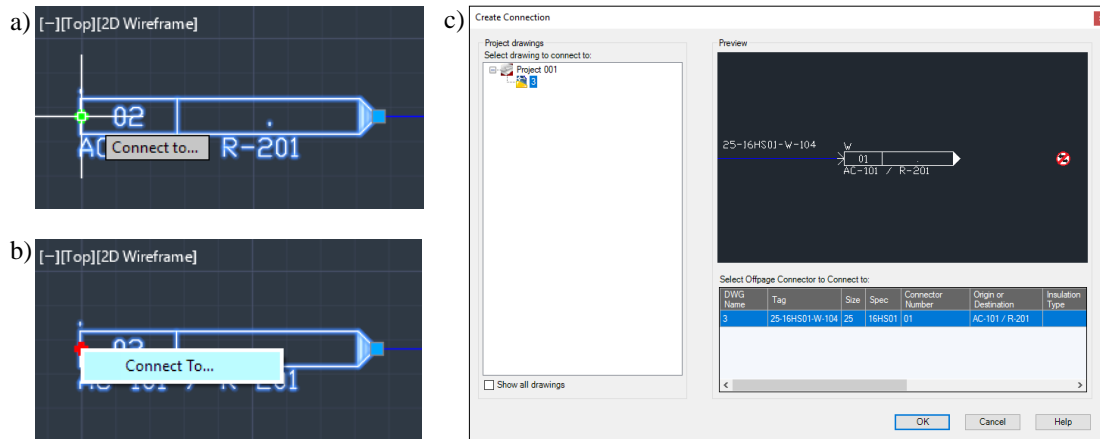
## 5. Exemplo da aplicação do AutoCAD Plant 3D na elaboração de diagramas P&ID



**Figura 5.12** – a) Colocação do conector no workspace; b) Parte das propriedades do conector; c) Primeiras especificações definidas; d) Desenho secundário a conectar.

O símbolo do conector é obtido a partir da biblioteca [**TOOL PALEETS**], e liga-se diretamente à extremidade da linha que se pretende continuar no desenho seguinte (Figura 5.12.a)). Para abrir as propriedades do conector, realiza-se “*Right Click*” em cima do conector, e seleciona-se a opção [**Properties**]. Abre-se uma janela em que é possível definir o número do conector e a origem e destino da corrente, Figura 5.12.b). Realizam-se de forma análoga os passos anteriores para o segundo conector. Uma vez aplicado o conector, pode-se observar pela Figura 5.12.c) que as definições aplicadas anteriormente já se encontram no respetivo lugar, mas também que o próprio AutoCAD automaticamente assumiu o fluido da conduta, representado pela letra W, que neste caso significa *water*. É de notar que, como o conector ainda não está interligado com nenhum outro conector, o símbolo  é apresentado ao seu lado.

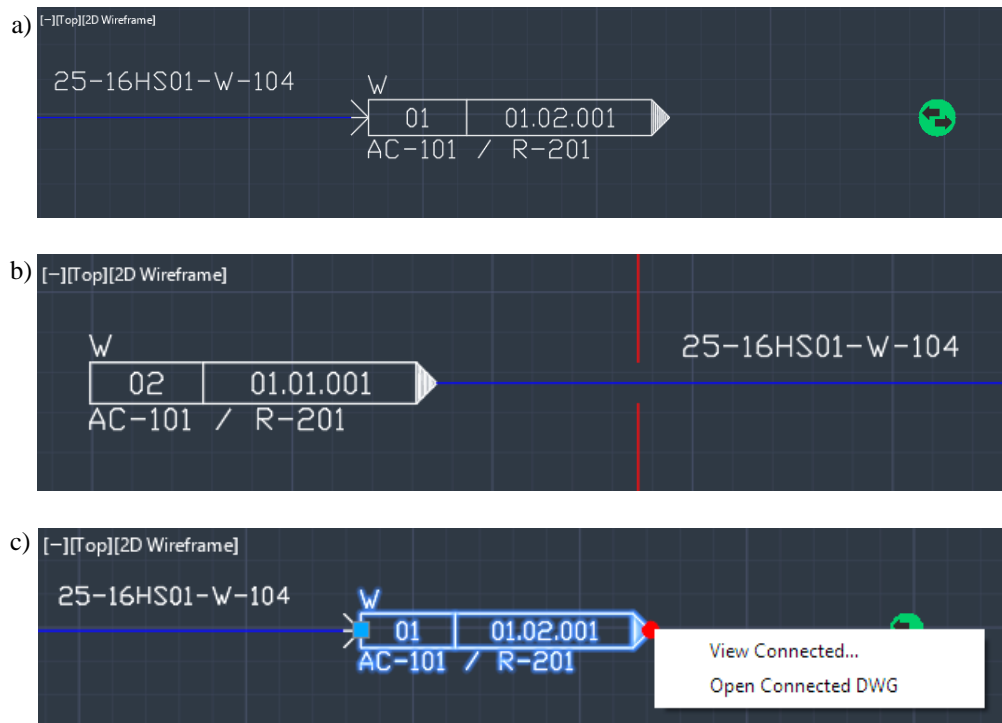
## 5. Exemplo da aplicação do AutoCAD Plant 3D na elaboração de diagramas P&ID



**Figura 5.13** – a) e b) Exemplificação de como abrir a janela “*Create Connection*”; c) Janela “*Create Connection*”.


Para realizar a ligação entre os dois conectores, clica-se em [*Connect To...*] no conector, tal como ilustrado nas Figuras 5.13.a) e b). Em seguida, a janela da Figura 5.13.c) é apresentada, e automaticamente é disponibilizada uma lista de desenhos e conectores disponíveis para emparelhar. Neste caso apenas é apresentado um desenho e um conector. Contudo, é necessário ter em atenção que para o conector estar disponível, é necessário definir uma, e uma só linha para conectar duas. É necessário ter este cuidado porque após o emparelhamento o software assume as propriedades da linha de origem. Caso ambas as linhas estejam definidas, cria-se aqui um conflito de informação e o conector não fica disponível para ligação. Pode-se observar pela Figura 5.11.c) que a linha de origem está definida, e pela Figura 5.12.d) que a linha a conectar não está definida, apresentando (“?-?-?-?”) como *tag*. Para finalizar a conexão seleciona-se a linha pretendida e clica-se no botão [**OK**].

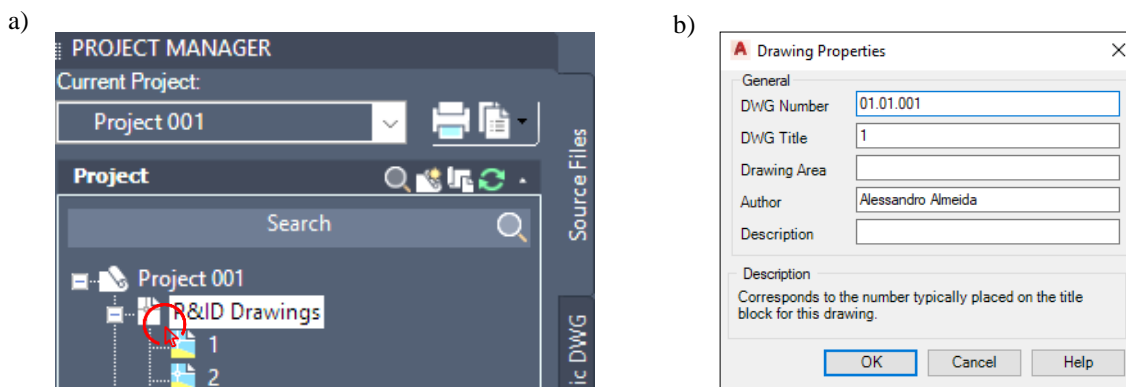
## 5. Exemplo da aplicação do AutoCAD Plant 3D na elaboração de diagramas P&ID



**Figura 5.14** – a) e b), representação do resultado final do primeiro e segundo desenho, respetivamente; c) Opções disponíveis do conector após emparelhamento.

Observa-se também que o conector assumiu o número do diagrama P&ID automaticamente, isto é, no diagrama de origem colocou o número do diagrama seguinte, e no seguinte o de origem, Figuras 5.14.a) e 5.14.b), respetivamente. Este número é definido pelo utilizador nas propriedades do desenho em [**PROJECT MANAGER** → “Right Click”: **Properties** → **DWG Number**], como representado pela Figura 5.15.

Quando o conector exibe o símbolo  significa que o emparelhamento foi bem-sucedido e que já é possível ver o conector seguinte, bem como abrir separadamente o desenho a que este corresponde, tal como representado na Figura 5.14.a).



**Figura 5.15** – a) Menu “Project Manager”; b) Propriedades do desenho, “Drawing Properties”.

## 5. Exemplo da aplicação do AutoCAD Plant 3D na elaboração de diagramas P&ID

Através da exploração do AutoCAD Plant 3D realizada no capítulo 4, e das exemplificações práticas neste capítulo, é possível para um utilizador que nunca tenha utilizado esta plataforma computacional, estar minimamente familiarizado com os principais menus e principais ferramentas disponíveis.



## Capítulo 6

---

### Conclusões e trabalho futuro

Neste capítulo final, são apresentadas as principais conclusões do trabalho realizado e apontados aspetos a trabalhar no futuro.

#### 6.1. Conclusões

O principal objetivo desta dissertação era rever as práticas industriais relativas ao *workflow* de um Projeto de Engenharia de Processo, bem como a elaboração dos seus documentos finais, (*deliverables*). Deste modo, ao identificar as principais práticas e os principais *deliverables*, concluiu-se que a elaboração de diagramas P&ID, desenhos isométricos e listas de elementos processuais, poderiam ser reforçados na formação curricular a nível académico.

Com este estudo foi possível propor uma configuração para organizar as informações adicionais em diagramas P&ID que devem estar em conjunto com estes. Apresentaram-se os tipos de linhas utilizadas, como as designar através de *tags*, e também como realizar a interligação de diagramas P&ID. Referiu-se também a simbologia detalhada usada nestes diagramas, nomeadamente, símbolos de equipamentos, instrumentação e válvulas.

De forma a enriquecer a componente relativa aos *deliverables*, foi também alvo de estudo o entendimento e elaboração de desenhos isométricos, e sugeridas formas de organizar listas com as informações referentes a elementos processuais, como equipamentos, tubagens, válvulas e acessórios.

Outro objetivo realizado foi a comparação de software básico e avançado para a elaboração de diagramas P&ID. Os softwares básicos analisados foram o Microsoft Visio e o Edraw Max, podendo-se concluir que ambos proporcionam o mesmo resultado final, recaindo a escolha na acessibilidade a estes programas computacionais. No que diz respeito a software avançado, é explorado o AutoCAD Plant 3D, devido ao facto de ser uma das plataformas mais utilizadas a nível industrial. De igual modo, porque disponibiliza um grande leque de ferramentas que facilitam certas tarefas, como por exemplo, a criação automática de listas de elementos processuais. Para tal, foi realizada uma exploração e descrição dos seus principais menus, e posteriormente, foram exemplificados casos práticos em forma de tutorial, ou seja, passo-a-passo, para facilitar a sua utilização. Com esta análise concluiu-se que: O AutoCAD Plant 3D é um dos programas de eleição da indústria de processos químicos devido às ferramentas que disponibiliza; é de todo o interesse que esta plataforma computacional seja utilizada ao nível académico na elaboração de diagramas P&ID de forma a se familiarizar o mais cedo possível, uma vez que o seu nível de complexidade é elevado e a sua básica utilização requer algum tempo de aprendizagem. Permite a realização de tarefas que softwares básicos não conseguem, como por exemplo interligar os diagramas P&ID através dos seus conectores e organizar o diagrama por *layers*, de forma a facilitar a sua elaboração.

Em suma, esta dissertação apresenta o *workflow* praticado por empresas do setor químico em projetos de Engenharia de Processo, e também identifica os principais outputs, *deliverables*, que os constituem. Ajuda também no primeiro contacto com o software AutoCAD Plant 3D de forma a facilitar a sua utilização.

### 6.2. Trabalho futuro

A preparação e execução de um projeto de Engenharia de Processo, tendo em conta a sua complexidade, é uma área onde existe uma contínua aprendizagem das melhores práticas, metodologias e regras aplicadas. É importante complementar esta análise com algum trabalho futuro, nomeadamente:

- Análise e explicação de metodologias e regras na realização de estudos HAZOP;
- Exploração do AutoCAD Plant 3D ao nível do ambiente 3D, realizando uma descrição dos principais menus e ferramentas;
- Utilização do AutoCAD Plant 3D na elaboração de desenhos isométricos a partir dos modelos 3D.



## Referências

---

- Almeida, A.; Santos, C.; Fonseca, M.; Ribeiro, M.; Almeida, R., 2019. *Produção de Hidrogénio para o Setor dos Transportes*, Coimbra: Projeto final da disciplina de Projeto de Processo lecionada no MIEQ da UC no ano letivo 2018/2019.
- Cook Process Solutions, 2015. *Isometric*. [Online]  
Available at: <http://cookprocesssolutions.com/wp-content/uploads/2015/11/Isometric.png>  
[Acedido em 28 agosto 2019].
- Dunjo, J., Fthenakis, V., Vílchez, J. & Arnaldos, J., 2009. Hazard and operability (HAZOP) analysis. A literature review. *Journal of Hazardous Materials*, Issue 173, pp. 19-32.
- EPC Engineer, 2014-2016. *FEED - Front End Engineering Design*. [Online]  
Available at: <https://www.epcengineer.com/definition/556/feed-front-end-engineering-design>  
[Acedido em 12 agosto 2019].
- Fusion - Weld Engineering Pty Ltd, 2014. *What is pipe spooling?*. [Online]  
Available at: <http://fusionweld.com.au/what-is-pipe-spooling.html>  
[Acedido em 02 setembro 2019].
- Giesecke, F., Lockhart, S., Goodman, M. & Johnson, C., 2016. *Technical Drawing with Engineering Graphics*. 15 ed. Estados Unidos da América: RR Donnelley.
- HardHat Engineering, 2019. *P&ID and PFD Drawing Symbols and Legend list (PFS & PEFS)*. [Online]  
Available at: <https://hardhatengineer.com/pid-pfd-pefs-pfs-drawing-symbols-legend-list/>  
[Acedido em 22 agosto 2019].
- Jordão, M., Baptista, R., Marques, R. & Figueiredo, S., 2019. *Produção de metanol renovável a partir de gases de combustão*, Coimbra: Projeto final da disciplina de Projeto de Processo lecionada no MIEQ da UC no ano letivo 2018/2019.
- Lipták, B., 2003. *Process Measurement and Analysis*. 4 ed. Estados Unidos da América: CRC Press.
- Meha, B. & Reddy, Y., 2015. *Industrial Process Automation Systems*. s.l.:Elsevier.
- Moran, S., 2015. *An applied guide to process and plant design*. 1ª ed. Estados Unidos da América: Elsevier.
- OMEGA, 2019. *Solenoid valve - What is a solenoid valve?*. [Online]  
Available at: <https://www.omega.co.uk/prodinfo/solenoid-valve.html>  
[Acedido em 13 agosto 2019].
- Parisher, R. & Rhea, R., 2012. *Pipe Drafting and Design*. 3 ed. s.l.:Elsevier Science & Technology .
- PEMBeyond, 2017. *HAZOP Report - PEMFC system and low-grade bioethanol processor unit development for back-up and off-grid power applications*, Finland: s.n.
- Pinto, V., 2019. *CUF-QI – Projeto de Expansão Tecnológica*. Estarreja: Bondalti, S.A..
- Piping Técnica, 2016. *Piping: How to read isometric drawings*. Índia: Piping Técnica.
- PQRI, 2015. *Manufacturing Technology Committee: Hazard & Operability Analysis (HAZOP)*. [Online]  
Available at: [http://pqri.org/wp-content/uploads/2015/08/pdf/HAZOP\\_Training\\_Guide.pdf](http://pqri.org/wp-content/uploads/2015/08/pdf/HAZOP_Training_Guide.pdf)  
[Acedido em 30 agosto 2019].

## Referências

---

PrimaTech, 2019. *Process Hazard Analysis*. [Online]

Available at: <https://www.primatech.com/consulting/process-hazard-analysis>

[Acedido em 30 agosto 2019].

Tabakov, A., s.d. *CADWorx Plant, 3D piping arrangement; Disk Vacuum Filter*. [Online]

Available at: <http://avt-art.com/cv/01-09.html>

[Acedido em 5 setembro 2019].

Toghraei, M., 2019. *Piping and instrumentation diagram development*. 1ª ed. Estados Unidos da América: John Wiley & Sons, Inc..

ToolGuyd, 2019. *Isometric Graph Paper*. [Online]

Available at: <https://toolguyd.com/isometric-graph-paper/>

[Acedido em 28 agosto 2019].

Turton, R.; Bailie, R.; Whiting, W.; Shaeiwitz, J.; Bhattacharyya, D., 2012. *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes*. 4 ed. Estados Unidos da América: Prentice Hall.

**Anexos**



Anexo I. *Deliverable* – Excerto de um relatório HAZOP.

As Figura I.1, I.2 e I.3, apresentam excertos de um relatório HAZOP (PEMBeyond, 2017).



PEMBeyond - GA no: 621218

Deliverable 6.5

2 (11)

<b>Deliverable title</b> HAZOP report	
<b>FCH JU project officer, e-mail address</b> Nikolaos Lymperopoulos, FCH JU nikolaos.lymperopoulos@fch.europa.eu	<b>Grant agreement no</b> 621218
<b>Project name</b> PEMFC system and low-grade bioethanol processor unit development for back-up and off-grid power applications	<b>Project short name</b> PEMBeyond
<b>Author(s)</b> Janne Sarsama, Minna Nissilä, Pauli Koski, Noora Kaisalo, Johan Tallgren	<b>Pages</b> 11 pages + 2 Appendices
<p><b>Summary</b></p> <p>This deliverable reports the <b>Hazard and Operability</b> study (HAZOP) of the integrated PEMFC based power system operating on low-grade (crude) bioethanol that is developed in <a href="#">PEM-Beyond</a> project.</p> <p>The HAZOP study was carried out in the beginning of year 2017 as a part of the integration of the individual subsystems into a functioning overall system and related development and design work at VTT. The objective of the HAZOP study was to identify and analyse hazards and operability problems related to the integrated PEMFC based power system and its operation, and thus provide feedback to the ongoing integration and development work, e.g. by suggesting possible improvements to the design or operation of the system.</p> <p>The first section of this report gives an introduction, followed by the second section describing the system under study. The implementation of the HAZOP study is reported in section three, followed by results.</p> <p>Moreover, the piping and instrumentation diagram and HAZOP worksheets are included as appendices.</p>	
<b>Confidentiality</b>	PU

**Figura I.1** – Excerto 1 de um relatório HAZOP (PEMBeyond, 2017).



## Contents

Contents.....	3
1. Introduction and study objective.....	4
2. Description of the studied system .....	4
3. Implementation of the HAZOP study.....	5
3.1 Description of the HAZOP method.....	5
3.2 Basis of the study and study limitations .....	6
3.3 Time of study, meetings organised, participants of study group.....	8
4. Results.....	8
References.....	11
Appendix A – HAZOP worksheets	
Appendix B – Piping and instrumentation diagram (P&ID)	

Figura I.2 – Excerto 2 de um relatório HAZOP (PEMBeyond, 2017).



HAZOP	System: Tail gas/heating system including air feed, steady state operation, full load Team: Pauli Koski, Janne Sarsama, Noora Kaisalo, Johan Tallgren, Minna Nissilä (all from <a href="#">VTT Technical Research Centre of Finland Ltd</a> ) PI-diagram: PEMBeyond main P_ID, Mech2016_2017-02-07-BoP.pdf				Date: 17. & 21.2.2017
Deviation	Causes	Consequences	Detection and safeguards	Suggested/required actions, comments	Action allocated to
70. Low temperature of air	70.1 Too high air flow rate due to blower AB2 malfunctioning.	WGS outlet temperature decrease, kinetics of WGS reactions slowed down. FP product gas contains more CO.  CO concentration of PSA product gas increases, FCS efficiency decreases.  EtOH-1 not evaporating before AFB2 (not very likely).	<ul style="list-style-type: none"> <li>WGS outlet temperature</li> <li>PI-02</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comment: WGS inlet 400-430 °C.</li> <li>Add air flow meter after PI-02.</li> <li>Consider adding temperature probe at OFFGAS-1 outlet to detect if EtOH-1 is evaporated.</li> </ul>	
	70.2 Low air temperature at blower AB2 intake.			<ul style="list-style-type: none"> <li>Comment: Not likely because container interior heated by waste heat from FP.</li> </ul>	
71. High flow of air	71.1 Malfunctioning of blower AB2.	WGS outlet temperature decreases, kinetics of WGS reactions slowed down. FP product gas contains more CO.  CO concentration of PSA product gas increases, FCS efficiency decreases.	<ul style="list-style-type: none"> <li>WGS outlet temperature</li> <li>PI-02</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comment: WGS inlet 400-430 °C.</li> <li>Add air flow meter after PI-02.</li> </ul>	

Figura I.3 – Excerto 3 de um relatório HAZOP (PEMBeyond, 2017).

## Anexo II. Simbologia utilizada em desenhos isométricos de tubagens.

Na Figura II.1, apresentam-se os restantes símbolos existentes em desenhos isométricos de tubagens.

Flanged	Screwed	Bell & Spigot	Welded	Soldered	
					1. Joint
					2. Elbow—90°
					3. Elbow—45°
					4. Elbow—Turned Up
					5. Elbow—Turned Down
					6. Elbow—Long Radius
					7. Reducing Elbow
					8. Tee
					9. Tee—Outlet Up
					10. Tee—Outlet Down
					11. Side Outlet Tee—Outlet Up
					12. Cross
					13. Reducer—Concentric
					14. Reducer—Eccentric
					15. Lateral
					16. Gate Valve
					17. Globe Valve
					18. Check Valve
					19. Stop Cock
					20. Safety Valve
					21. Expansion Joint
					22. Union
					23. Sleeve
					24. Bushing

Figura II.1 – Simbologia utilizada em desenhos isométricos de tubagens.