

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**



**FEUP**

**Reengenharia da Unidade de Dessulfuração de  
Gasóleo da Refinaria da Galp**

**Ivo André Quintas Palmeirão**

Dissertação/Relatório de Projecto realizada(o) no âmbito do  
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores  
Major Automação

**Orientador: Prof. Dr. Paulo José Lopes Machado Portugal**

**Março de 2009**



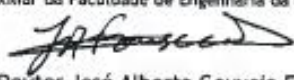
A Dissertação intitulada

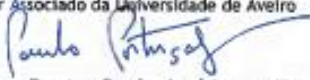
**"REENGENHARIA DA UNIDADE DE DESSULFURAÇÃO DE GASÓLEO DA  
REFINARIA DA GALP"**

foi aprovada em provas realizadas em 04/Março/2009

o júri

presidente   
Professor Doutor Mário Jorge Rodrigues de Sousa  
Professor Auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

  
Professor Doutor José Alberto Gouveia Fonseca  
Professor Associado da Universidade de Aveiro

  
Professor Doutor Paulo José Lopes Machado Portugal  
Professor Auxiliar da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

O autor declara que a presente dissertação (ou relatório de projecto) é da sua exclusiva autoria e foi escrita sem qualquer apoio externo não explicitamente autorizado. Os resultados, ideias, parágrafos, ou outros extractos tomados de ou inspirados em trabalhos de outros autores, e demais referências bibliográficas usadas, são correctamente citados

Autor - Ivo André Quintas Palmeirão



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



# Dedicatória

Em memória do meu grande e eterno amigo Nuno Mesquita.

Dedico também este trabalho à minha namorada e à minha família, em especial à minha mãe e ao meu avô Quintas.



# Resumo

Esta dissertação descreve o desenvolvimento de uma aplicação para realizar a migração das estratégias de controlo definidas num sistema de controlo distribuído para um outro de forma automática.

A aplicação foi desenvolvida na Refinaria do Porto, com o objectivo de tornar o processo de migração entre os sistemas de controlo distribuído *Rosemount System 3* e *DeltaV*, utilizados nesta empresa, mais simples e rápido. Para isso a aplicação reúne uma série de informação do sistema *RS3* (*Rosemount System 3*) de modo a gerar ficheiros de texto, que contém a descrição de módulos tipo, cartas e canais, possíveis de importar pelo sistema *DeltaV*. Desta forma consegue-se que o processo de migração se torne mais rápido e simples para o utilizador, minimizando os erros de migração devido a distrações por parte deste.

No final deste trabalho, a aplicação desenvolvida converteu estratégias de controlo definidas no sistema *RS3* para o sistema *DeltaV* e permitiu também configurar cartas e canais automaticamente, cumprindo com todos os objectivos propostos.



# Abstract

*This dissertation describes an application development to do the control strategies migration defined in a distributed control system to another automatically.*

*The application was developed in the Oporto Refinery, with the objective to become the migration process between Rosemount System 3 and DeltaV control systems, used in this company, in an easier and quicker way.*

*For that, the application brings together a series of information from the RS3 system to generate text files that contain cards, channels and module templates description, which are capable of being imported by the DeltaV system.*

*In the end of this work, the developed application has converted the control strategies defined in RS3 system to the DeltaV system and also allows automatic configuration of cards and channels, accomplishing all the proposed objectives.*



# Agradecimentos

Aproveito este espaço para agradecer aos meus pais, irmão, avô, namorada e amigos por todo o apoio, compreensão e carinho que me deram ao longo da vida.

Estou igualmente grato ao Prof. Dr. Paulo Portugal por ter sido o meu orientador neste projecto, pela sua dedicação e disponibilidade. Quero também demonstrar a minha gratidão a toda a equipa da secção de controlo processual da Refinaria do Porto, em especial ao Eng.º José Lluvet e à Eng.ª Inês Droga, por todo o apoio prestado, bem como ao Eng.º Alcino Beirão e ao Eng.º. Guillermo Verdín da *Emerson Process Management* pela sua disponibilidade para esclarecimento de algumas dúvidas que surgiram ao logo deste trabalho.



# Índice

|                                                               |      |
|---------------------------------------------------------------|------|
| Dedicatória .....                                             | v    |
| Resumo .....                                                  | vii  |
| Abstract.....                                                 | ix   |
| Agradecimentos .....                                          | xi   |
| Índice.....                                                   | xiii |
| Lista de figuras .....                                        | xv   |
| Lista de tabelas .....                                        | xvii |
| Lista de Acrónimos .....                                      | xix  |
| Capítulo 1 .....                                              | 1    |
| Introdução.....                                               | 1    |
| Capítulo 2 .....                                              | 3    |
| Sistemas de Controlo Distribuído .....                        | 3    |
| 2.1 - Introdução.....                                         | 3    |
| 2.2 - Tipos de aplicação .....                                | 6    |
| 2.3 - Soluções existentes.....                                | 6    |
| Capítulo 3 .....                                              | 9    |
| Sistemas de controlo distribuído utilizados na Petrogal ..... | 9    |
| 3.1 - <i>Rosemount System 3</i> .....                         | 9    |
| 3.2 - <i>DeltaV</i> .....                                     | 16   |
| Capítulo 4 .....                                              | 23   |
| Especificação da solução proposta .....                       | 23   |
| 4.1 - Especificação .....                                     | 23   |
| 4.2 - Princípio de funcionamento.....                         | 38   |
| Capítulo 5 .....                                              | 45   |

|                                              |           |
|----------------------------------------------|-----------|
| Implementação e testes .....                 | 45        |
| 5.1 - Implementação.....                     | 45        |
| 5.2 - Testes.....                            | 51        |
| <b>Capítulo 6 .....</b>                      | <b>55</b> |
| Conclusões e desenvolvimentos futuros .....  | 55        |
| 6.1 - Conclusões .....                       | 55        |
| 6.2 - Desenvolvimentos futuros .....         | 55        |
| <b>Referências .....</b>                     | <b>57</b> |
| <b>Anexo 1 .....</b>                         | <b>59</b> |
| Blocos função do sistema <i>RS3</i> .....    | 59        |
| <b>Anexo 2 .....</b>                         | <b>63</b> |
| Blocos função do sistema <i>DeltaV</i> ..... | 63        |
| <b>Anexo 3 .....</b>                         | <b>69</b> |
| Aplicações do sistema <i>DeltaV</i> .....    | 69        |
| <b>Anexo 4 .....</b>                         | <b>73</b> |
| Parâmetros dos módulos tipo .....            | 73        |
| <b>Anexo 5 .....</b>                         | <b>83</b> |
| Cartas e canais .....                        | 83        |
| <b>Anexo 6 .....</b>                         | <b>85</b> |
| Parâmetros editados pela aplicação .....     | 85        |

## Lista de figuras

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2.1- Arquitectura do sistema de controlo distribuído <i>SISMATIC PCS7</i> da <i>Siemens</i> [3] ....   | 4  |
| Figura 2.2- Malha de controlo de temperatura e respectivo diagrama de blocos função [7] ....                  | 5  |
| Figura 3.1 - Arquitectura básica do sistema <i>RS3</i> .....                                                  | 9  |
| Figura 3.2 - Esquema de ligações ao <i>PeerWay</i> .....                                                      | 10 |
| Figura 3.3 - Estrutura de uma <i>Control File</i> .....                                                       | 11 |
| Figura 3.4 - Malha de controlo de temperatura de um reactor .....                                             | 12 |
| Figura 3.5 - Entradas e saídas de um bloco de controlo .....                                                  | 13 |
| Figura 3.6 - Discrete Block Diagram .....                                                                     | 14 |
| Figura 3.7 - <i>Continuous Faceplate</i> e <i>Discrete Faceplate</i> de um bloco de controlo <i>PID</i> ..... | 15 |
| Figura 3.8 - Arquitectura básica de um sistema <i>DeltaV</i> .....                                            | 17 |
| Figura 3.9 - Barramento de controlo de um sistema <i>DeltaV</i> .....                                         | 17 |
| Figura 3.10 - Barramento remoto num sistema <i>DeltaV</i> .....                                               | 18 |
| Figura 3.11 - Diagrama de blocos de controlo de temperatura num reactor .....                                 | 20 |
| Figura 3.12 - Estrutura hierárquica de um sistema <i>DeltaV</i> .....                                         | 21 |
| Figura 4.1 - Modelo de um <i>step</i> de um <i>Discrete Block Diagram</i> .....                               | 25 |
| Figura 4.2 - Exemplo de um ficheiro de formato .....                                                          | 27 |
| Figura 4.3 - Exemplo de um ficheiro de texto .....                                                            | 28 |
| Figura 4.4 - Módulo de entrada analógica e ferramenta de edição <i>Control Studio</i> .....                   | 29 |
| Figura 4.5 - Módulo de entrada analógica com totalizador .....                                                | 30 |
| Figura 4.6 - Módulo analógico com cálculo de factor de correcção de gases e m <sup>3</sup> /h .....           | 31 |
| Figura 4.7 - Módulo de totalização de volume de água .....                                                    | 33 |

|                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 4.8 - Módulo de cálculo com factor de correcção de líquidos .....                                                                                       | 34 |
| Figura 4.9 - Módulo de entrada analógica com totalizador em volume .....                                                                                       | 35 |
| Figura 4.10 - Módulo de cálculo para totalização de vapor em massa .....                                                                                       | 36 |
| Figura 4.11 - Módulo de controlador <i>PID</i> simples .....                                                                                                   | 37 |
| Figura 4.12 - Princípio de funcionamento da aplicação .....                                                                                                    | 39 |
| Figura 4. 13 - Diagrama de classes da aplicação .....                                                                                                          | 40 |
| Figura 4.14 - Diagrama de classes da aplicação (continuação) .....                                                                                             | 41 |
| Figura 4.15 - Máquina de estados da aplicação .....                                                                                                            | 42 |
| Figura 5.1 - Janela inicial (configuração de parâmetros necessários) .....                                                                                     | 46 |
| Figura 5.2 - Janela inicial (escolha da tarefa a realizar e alguns parâmetros associados) .....                                                                | 47 |
| Figura 5. 3 - Janela de escolha do tipo de módulo <i>DeltaV</i> que se pretende gerar e<br>definição dos parâmetros gerais associados a todos os módulos. .... | 48 |
| Figura 5.4 - Janela de definição de parâmetros associados aos módulos CALC_GAS_CORR<br>introduzidos pelo utilizador. ....                                      | 49 |
| Figura 5.5 - Livro modelo (folha de cálculo para cartas de entradas analógicas).....                                                                           | 50 |
| Figura 5.6 - Registo do processo de importação de ficheiros de texto no <i>DeltaV Explorer</i> ....                                                            | 52 |

## Lista de tabelas

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 2.1 - Comparação entre as soluções apresentadas .....                     | 7  |
| Tabela 3.1 - Blocos de entrada e saída existentes num sistema <i>RS3</i> .....   | 59 |
| Tabela 3.2 - Tipos de blocos de controlo existentes no <i>RS3</i> .....          | 60 |
| Tabela 3.3 - Biblioteca de blocos função de um sistema <i>DeltaV</i> .....       | 63 |
| Tabela 3.4 - Ferramentas de engenharia do sistema <i>DeltaV</i> .....            | 69 |
| Tabela 3.5 - Aplicações de operação de um sistema <i>DeltaV</i> .....            | 70 |
| Tabela 3.6 - Aplicações de controlo avançado do <i>DeltaV</i> .....              | 71 |
| Tabela 4.1 - Parâmetros dos módulos ANALOG_INPUT .....                           | 73 |
| Tabela 4.2 - Parâmetros dos módulos ANALOG_INPUT_TOT .....                       | 74 |
| Tabela 4.3 - Parâmetros dos módulos CALC_GAS_CORR .....                          | 75 |
| Tabela 4.4 - Parâmetros dos módulos CALC_H2O_TOT .....                           | 76 |
| Tabela 4.5 - Parâmetros dos módulos CALC_LIQ_CORR e CALC_HC_LIQ_CORR.....        | 77 |
| Tabela 4.6 - Parâmetros dos módulos CALC_TOT_VOLUME .....                        | 78 |
| Tabela 4.7 - Parâmetros dos módulos CALC_VAPOR_TOT .....                         | 79 |
| Tabela 4.8 - Parâmetros dos módulos <i>PID_SIMPLES</i> .....                     | 80 |
| Tabela 4.9 - Tipos de cartas de entrada/saída de um sistema <i>DeltaV</i> .....  | 83 |
| Tabela 4.10 - Parâmetros associados às cartas de entrada/saída.....              | 83 |
| Tabela 4.11 - Parâmetros associados aos canais das cartas de entrada/saída ..... | 84 |
| Tabela 4.12 - Dados gerados pela aplicação e sua origem .....                    | 85 |



## Lista de Acrónimos

|             |                                           |
|-------------|-------------------------------------------|
| <i>AIB</i>  | <i>Analog Input Block</i>                 |
| <i>AOB</i>  | <i>Analog Output Block</i>                |
| <i>CSC</i>  | <i>Control Studio File</i>                |
| <i>DC</i>   | <i>Direct Current</i>                     |
| <i>DCS</i>  | <i>Distributed Control Systems</i>        |
| <i>DIB</i>  | <i>Digital Input Block</i>                |
| <i>DISC</i> | <i>Discrete Control Block</i>             |
| <i>DOB</i>  | <i>Digital Output Block</i>               |
| <i>FF</i>   | <i>Feed forward</i>                       |
| <i>FHX</i>  | <i>DeltaV Configuration Files</i>         |
| <i>FIC</i>  | <i>Field Interface Card</i>               |
| <i>FMT</i>  | <i>Format Specification File</i>          |
| <i>HIA</i>  | <i>Highway Interface Adaptor</i>          |
| <i>I/O</i>  | <i>Input/Output</i>                       |
| <i>LS</i>   | <i>Local Set point</i>                    |
| <i>MAN</i>  | <i>Manual Control Block</i>               |
| <i>MATH</i> | <i>Math Control Block</i>                 |
| <i>MPC</i>  | <i>Multi Propose Controller</i>           |
| <i>OLE</i>  | <i>Object Linking and Embedding</i>       |
| <i>OPC</i>  | <i>OLE for Process Control</i>            |
| <i>PAC</i>  | <i>Programmable Automation Controller</i> |
| <i>PC</i>   | <i>Personal Computer</i>                  |

|             |                                                         |
|-------------|---------------------------------------------------------|
| <i>PID</i>  | <i>Proportional, Integral and Derivative Controller</i> |
| <i>PLC</i>  | <i>Programmable Logic Controller</i>                    |
| <i>PLCB</i> | <i>PLC interface Block</i>                              |
| <i>PV</i>   | <i>Process Value</i>                                    |
| <i>RS</i>   | <i>Remote Set Point</i>                                 |
| <i>RS3</i>  | <i>Rosemount System 3</i>                               |
| <i>SIB</i>  | <i>Smart Input Block</i>                                |
| <i>TOT</i>  | <i>Totalizer Control Block</i>                          |
| <i>TXT</i>  | <i>Text File</i>                                        |

# Capítulo 1

## Introdução

A Petrogal é uma empresa do grupo Galp Energia que tem como principal actividade a refinação de petróleo.

Neste momento a Petrogal tem instalados, na Refinaria do Porto, dois sistemas de controlo distribuído responsáveis por realizar em simultâneo o controlo processual, sendo estes: o *Rosemount System 3*, da *Fisher Rosemount Systems*, e o seu sucessor *DeltaV*, da *Emerson Process Management*. Neste sentido a Petrogal tem como estratégia que todos os novos projectos sejam realizados em *DeltaV* e migrar as aplicações existentes no *Rosemount System 3* para *DeltaV*, uma vez que o *RS3* tem o seu fim de vida previsto para 2010.

Faz parte do ‘*Master Plan*’ para a Refinaria de Matosinhos a ampliação de uma unidade de Dessulfuração de Gasóleo. Dentro da filosofia atrás enunciada este projecto será desenvolvido em *DeltaV*, pelo que devido às interligações com a unidade existente há que proceder à migração do sistema *RS3*, utilizado nesta unidade, para o sistema *DeltaV*, plano em que se enquadra este trabalho.

O objectivo deste trabalho centra-se no desenvolvimento de uma ferramenta que permita fazer a migração do sistema *Rosemount System 3* para o sistema *DeltaV* de uma forma o mais automática possível. Para tal, foi criada uma aplicação que recorre às ferramentas *Control Studio*, do sistema *RS3*, e *DeltaV Explorer* do sistema *DeltaV*. A aplicação *Control Studio* disponibiliza uma biblioteca de objectos *COM* (*Component Object Model*) que permitem interagir com a base de dados do sistema *RS3*. Esta biblioteca é utilizada pela aplicação para recolher a informação necessária e com base nela gerar ficheiros de texto possíveis de importar pelo sistema *DeltaV*.

O desenvolvimento da aplicação é relatado neste documento, dividido em sete capítulos, onde são apresentados os dois sistemas de controlo distribuído utilizados pela Petrogal, os requisitos da aplicação, a forma como esta foi desenvolvida e respectivos testes realizados.

No segundo capítulo é feita uma breve apresentação do que é um sistema de controlo distribuído, quais as suas principais características, arquitecturas e algumas das soluções existentes no mercado. O terceiro capítulo apresenta em detalhe os dois sistemas de controlo distribuído existentes na Petrogal; o *Rosemount System 3* e o *DeltaV*. Os requisitos da aplicação e a respectiva arquitectura são apresentados no quarto capítulo. No quinto capítulo

é apresentada a forma como a aplicação foi implementada, bem como os testes realizados a esta. O sexto capítulo refere os melhoramentos futuros que devem ser feitos à aplicação para que esta satisfaça todas as necessidades do processo de migração. No sétimo e último capítulo, são apresentadas as conclusões a que se chegou após a realização deste trabalho.

# Capítulo 2

## Sistemas de Controlo Distribuído

Neste capítulo pretende-se fazer uma breve introdução aos sistemas de controlo distribuído, quais as suas características gerais, em que tipos de industria são utilizados e quais as soluções existentes no mercado.

### 2.1 - Introdução

Os *DCS (Distributed Control Systems)* são sistemas de controlo distribuído vocacionados para o controlo e supervisão de processos contínuos. Surgiram inicialmente para substituir os painéis de controlos analógicos de outrora, tendo posteriormente adquirido funcionalidades para controlo sequencial de processos do tipo *batch* [1].

No que diz respeito à sua arquitectura, os *DCS* de hoje em dia são muito semelhantes aos seus antecessores. Geralmente são pacotes completos compostos por hardware e software de um único fabricante, o que faz deles sistemas fáceis de configurar uma vez que são concebidos para trabalhar como um todo. É também por este motivo que têm uma elevada robustez visto que o hardware possui interfaces apenas para o software que o acompanha [1-2].

Ao nível do hardware, este é composto por um barramento de comunicação frequentemente redundante, controladores e estações de trabalho que podem ser de diversos tipos: de configuração (permitem configurar o hardware e a lógica associada), armazenamento de dados históricos de variáveis processuais, de operação (interface homem/máquina) e manutenção (pode conter software específico para auxiliar em tarefas diárias de manutenção de equipamentos, p.ex. instrumentação), tal como se observa na figura 2.1 que ilustra a arquitectura do sistema *SIMATIC PCS7* da *Siemens*.

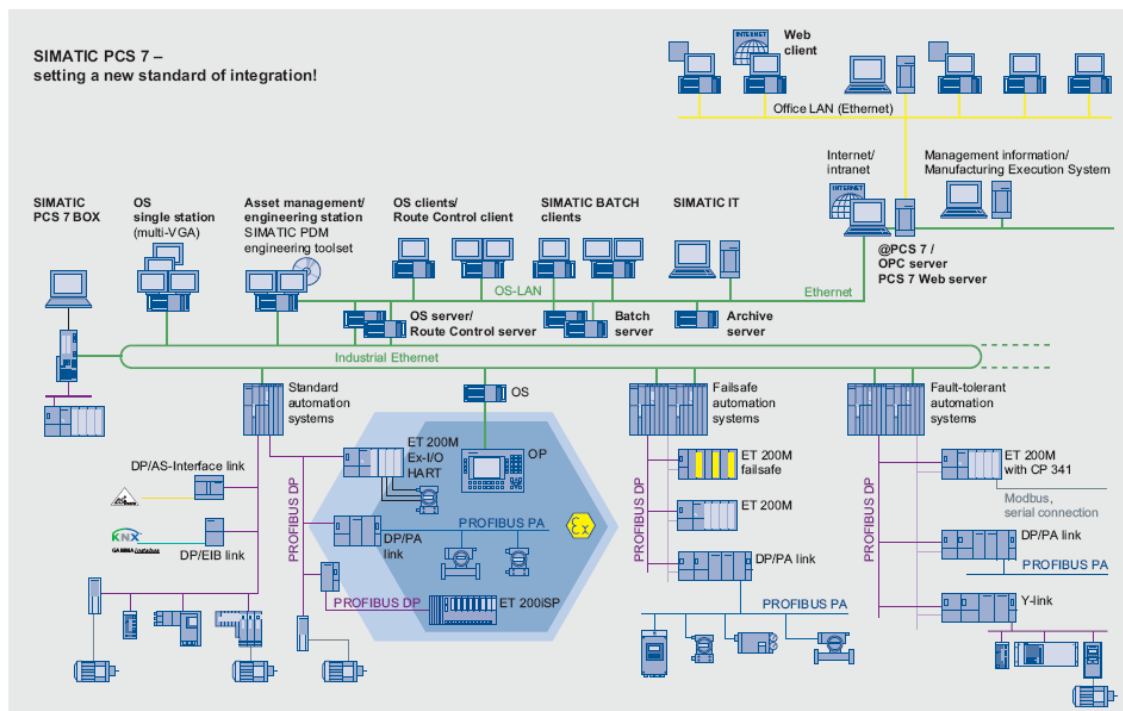


Figura 2.1- Arquitectura do sistema de controlo distribuído *SIMATIC PCS7* da *Siemens* [3]

O software é composto por um conjunto de aplicações para configuração e supervisão dos processos.

A principal diferença entre os *DCS* actuais e anteriores, deve-se à forte tendência de substituir o hardware proprietário que compunha as estações de trabalho e o barramento de comunicações, por soluções baseadas em computadores pessoais (*PC*) e redes standard como a *Ethernet*. Esta tendência deveu-se, essencialmente, ao avanço tecnológico dos *PC* e das redes, associada à redução de custos. Tal avanço permitiu aos *DCS* evoluir em tempo de resposta, ambientes gráficos interactivos para o utilizador, bases de dados, integração de folhas de cálculo, inteligência artificial, interoperabilidade com software de gestão, bem como tantas outras funcionalidade que um *PC* oferece. Desta forma os *DCS* tornaram-se cada vez mais flexíveis e funcionais.

Uma das principais características de um *DCS* é o seu elevado nível de redundância. Geralmente estes sistemas permitem redundância de controladores, barramento de comunicação e entradas e saídas, o que faz deles sistemas muito fiáveis.

Outra das principais funcionalidades destes sistemas é o facto de permitirem uma configuração centralizada de toda a instalação processual a partir de uma estação de engenharia na sala de controlo. Além disso é possível fazer alterações às estratégias de controlo off-line e posteriormente descarregar essas alterações, sem que seja necessário parar ou reiniciar o sistema.

É também possível, embora de forma mais restrita, efectuar alterações online sem que tal provoque perturbações na operação. Isto é possível dado que os *DCS* têm sistemas operativos multi-tarefa que permitem descarregar e executar as aplicações de configuração paralelamente às funções de controlo em tempo-real. Para além disso, os controladores executam as estratégias de controlo como tarefas independentes o que permite fazer alterações a parte destas estratégias sem interferir com as restantes.

O facto de todos os controladores, estações de trabalho e base de dados estarem interligados em rede permite uma troca de dados entre estes elementos de forma transparente, sendo os dados acedidos pelo seu identificador (*tag name*) independentemente da sua localização ao nível do hardware [1].

Outra mais-valia de um DCS face a outras tecnologias existentes é o facto de estes terem integrado software para supervisão e controlo dos processos. Geralmente nestes sistemas, ao configurar uma aplicação, a esta fica associado um painel de interface (*faceplate*) que permite ao utilizador visualizar toda a informação relacionada com este bloco, valor da variável processual, alarmes, entre outra informação que possa ser relevante. Desta forma, torna-se muito fácil configurar um interface gráfico que permita monitorizar e definir parâmetros dos controladores de processos.

No que diz respeito às linguagens de programação utilizadas, a maior parte dos DCS actuais utilizam algumas das linguagens definidas pela norma IEC61131-3-*Programmable Controllers-Programming Languages* [4], destacando-se *Function Block Diagram*, *Structured Text* e *Sequential Function Chart*.

Nas indústrias de processos recorre-se geralmente a malhas de controlo, realizadas com blocos função (*function blocks*). Por este motivo, tem havido um enorme esforço para uniformizar os blocos utilizados no controlo de processos, independentemente dos equipamentos de campo ou do tipo de interface com estes. Neste sentido foi desenvolvido o standard IEC61804 - *Function blocks (FB) for process control* [5-6], seguido por alguns fabricantes, que especifica os requisitos de um sistema de controlo distribuído baseado em blocos função, bem como a estrutura dos blocos de aquisição, actuação e processamento. A figura 2.2 ilustra uma malha de controlo de temperatura bem como os blocos função utilizados.

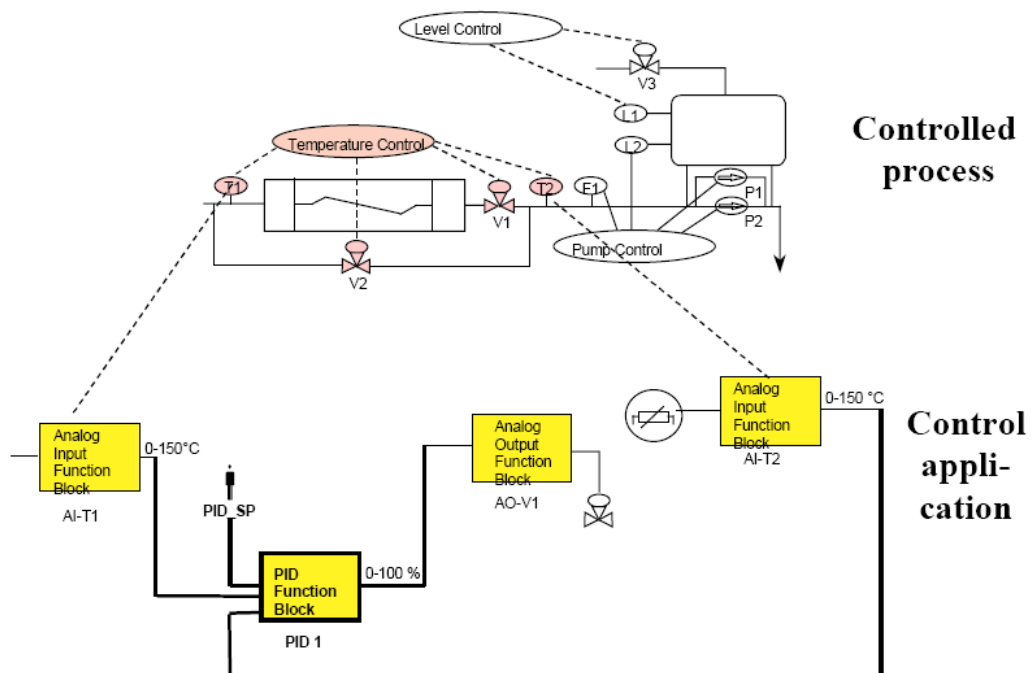


Figura 2.2- Malha de controlo de temperatura e respectivo diagrama de blocos função [7]

Tal como se pode ver na figura 2.2, a modelação da malha de controlo é realizada recorrendo a blocos função. Os blocos *AI-T1* e *AI-T2* são blocos de aquisição de entradas analógicas, ou seja, recebem os sinais provenientes dos sensores de temperatura, o bloco *PID1* é o bloco de processamento que representa o controlador e por último, o bloco *AO-V1* corresponde a um bloco actuador que envia um sinal analógico para a válvula correspondente.

Para cada um dos blocos estão definidas características específicas, bem como parâmetros comuns a todos eles. Estes blocos podem ser executados nos controladores ou, em alguns casos, nos equipamentos de campo caso estes o permitam. Cada sistema disponibiliza uma biblioteca com módulos predefinidos para blocos de aquisição, processamento, actuadores, entre outros que dão ao utilizador a possibilidade definir blocos com os seus próprios algoritmos de controlo.

## 2.2 - Tipos de aplicação

Tal como foi dito anteriormente os *DCS* são vocacionados para controlo de variáveis contínuas, daí que a maior predominância deste tipo de sistemas seja nas indústrias de processos, tais como refinarias, papeleiras, indústrias químicas e farmacêuticas.

O motivo pelo qual os *DCS* estão ligados às indústrias de processos deve-se a aspectos históricos. O seu aparecimento teve como base as indústrias de processos de grandes dimensões, refinarias e farmacêuticas pelo facto de terem um custo muito elevado. Paralelamente, os autómatos programáveis (*Programmable Logic Controller - PLC*) vieram a substituir os relés na lógica de controlo das indústrias de manufactura. Com o passar dos anos e com o avanço das indústrias, os fabricantes de *PLC* introduziram nos seus controladores a capacidade de manipular variáveis analógicas, entrando estes no mercado das indústrias de processos.

Ao contrário dos *DCS* os *PLC* ofereciam uma elevada flexibilidade, podendo ser utilizados no controlo de processos simples e de pequenas dimensões, competindo assim com os *DCS* devido ao seu elevado custo. Então, os fabricantes de *DCS* decidiram criar soluções mais vocacionadas para processos de pequena dimensão. Como fruto desta competição entre os fabricantes de *PLC* e *DCS*, aparecem hoje no mercado soluções híbridas com o melhor dos dois mundos. Soluções como os controladores programáveis para automação (*Programmable Automation Controller - PAC*), que permitem ter as funcionalidades de controlo analógico de um *DCS* acompanhadas pela elevada capacidade de controlo discreto de um *PLC*. Apesar disto, hoje em dia, as indústrias de processos como as refinarias e indústrias químicas continuam a preferir utilizar *DCS* em vez de soluções híbridas. Isto deve-se não só ao facto de se ter criado uma corrente de ideias, mas também porque sempre que é necessário é perfeitamente possível integrar num *DCS* soluções baseadas em *PLC*, como é o caso do controlo de motores ou sistemas de seguranças processuais.

## 2.3 - Soluções existentes

Existem actualmente no mercado diversos fabricantes de *DCS*, entre eles a *Emerson Process Management* com o *DeltaV*, a *Yokogawa* com o *CENTUM VP*, a *Honeywell* com o *Experion® Process Knowledge System (PKS)*, a *Siemens* com o *SIMATIC PCS 7*, a *GE Fanuc Automation* com o *Proficy Process System*, a *ABB* com o *800xA*, entre outras.

Na tabela 2.1 pretende-se demonstrar quais as principais funcionalidades que alguns destes sistemas possuem.

Tabela 2.1 - Comparação entre as soluções apresentadas [3][8-10]

| Fabricante                 | <i>Emerson Process Management</i>                                                                                                                                                                                   | <i>Honeywell</i>                                                                                                                                                                                                      | <i>Yokogawa</i>                                                                                                                                                                                                        | <i>Siemens</i>                                                                                                                                                                                |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nome                       | <i>DeltaV</i>                                                                                                                                                                                                       | <i>PKS</i>                                                                                                                                                                                                            | <i>CENTUM VP</i>                                                                                                                                                                                                       | <i>SIMATIC PCS 7</i>                                                                                                                                                                          |
| Estações de trabalho       | PC<br><i>Windows XP</i>                                                                                                                                                                                             | PC<br><i>Windows XP</i>                                                                                                                                                                                               | PC<br><i>Windows Vista</i>                                                                                                                                                                                             | PC<br><i>Windows XP</i>                                                                                                                                                                       |
| Barramento de comunicações | Ethernet                                                                                                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Fault Tolerant Ethernet (FTE);</i></li> <li>➤ <i>Ethernet;</i></li> <li>➤ <i>ControlNet.</i></li> </ul>                                                                   | <i>Vnet/IP</i>                                                                                                                                                                                                         | <i>Profinet</i>                                                                                                                                                                               |
| Dimensão do sistema        | 8 a 30000<br>Entradas e Saídas                                                                                                                                                                                      | Informação indisponível                                                                                                                                                                                               | 8000 ou 100000<br>Entradas e Saídas                                                                                                                                                                                    | 160 a 60000<br>Entradas e Saídas                                                                                                                                                              |
| Redundância                | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Barramento de comunicação;</li> <li>➤ Controladores;</li> <li>➤ Fontes de alimentação;</li> <li>➤ Módulos I/O;</li> <li>➤ Redes de campo.</li> </ul>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Barramento de comunicação;</li> <li>➤ Controladores;</li> <li>➤ Fontes de alimentação;</li> <li>➤ Módulos I/O;</li> <li>➤ Redes de campo.</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Barramento de comunicação;</li> <li>➤ Controladores;</li> <li>➤ Fontes de alimentação;</li> <li>➤ Módulos I/O;</li> <li>➤ Redes de campo.</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Barramento de comunicação;</li> <li>➤ Controladores;</li> <li>➤ Fontes de alimentação;</li> <li>➤ Módulos I/O;</li> <li>➤ Redes de campo.</li> </ul> |
| Redes de campo suportadas  | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>FOUNDATION™ Fieldbus;</i></li> <li>➤ <i>AS-i;</i></li> <li>➤ <i>DeviceNet;</i></li> <li>➤ <i>Modbus;</i></li> <li>➤ <i>Profibus;</i></li> <li>➤ <i>HART.</i></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>FOUNDATION™ Fieldbus;</i></li> <li>➤ <i>Profibus;</i></li> <li>➤ <i>HART;</i></li> <li>➤ <i>LON;</i></li> <li>➤ <i>ControlNet;</i></li> <li>➤ <i>Interbus.</i></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>FOUNDATION™ Fieldbus;</i></li> <li>➤ <i>DeviceNet;</i></li> <li>➤ <i>Modbus;</i></li> <li>➤ <i>Ethernet</i></li> <li>➤ <i>Profibus;</i></li> <li>➤ <i>HART.</i></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>HART;</i></li> <li>➤ <i>Ethernet</i></li> <li>➤ <i>Profibus.</i></li> </ul>                                                                       |

Podemos concluir, com base na tabela anterior, que o sistema *DeltaV* da *Emerson* é o mais flexível no que diz respeito a licenciamento do número de entradas e saídas, o mesmo não se pode dizer do sistema *CENTUM VP* fornecido pela *Yokogawa* que possui apenas dois tipos de licenças em que o número mínimo de entradas e saídas é de 8000, o que faz com que este sistema só se torne rentável em instalações de grande escala, ao passo que o *DeltaV* permite incrementar ao sistema entradas e saídas com um investimento gradual.

Dos sistemas referidos, todos eles oferecem um elevado nível de redundância, desde os módulos de entradas e saídas até ao barramento de comunicações.

Relativamente às redes de campo suportadas, o *DeltaV* e o *CENTUM* são os que oferecem um leque mais vasto de soluções, já o *SIMATIC PCS 7*, apesar de não suportar algumas redes de campo, oferece a possibilidade de integrar outros sistemas de automação da marca.

No que diz respeito à arquitectura, estes sistemas são todos muito semelhantes, apenas a *Yokogawa* utiliza um barramento de comunicações próprio, embora este assente sobre TCP/IP. Para além disso, o sistema da *Yokogawa*, é o único capaz de correr num sistema operativo *Windows Vista*.

## Capítulo 3

# Sistemas de controlo distribuído utilizados na Petrogal

Neste capítulo pretende-se dar uma visão geral dos dois sistemas de controlo distribuído utilizados na Petrogal, sendo estes, o *Rosemount System 3 (RS3)* e o *DeltaV*.

Na primeira parte deste capítulo é apresentado o *RS3*, a sua arquitectura e o seu funcionamento. Na segunda parte aborda-se o *DeltaV*, sendo igualmente apresentadas a sua arquitectura e o modo de funcionamento.

### 3.1 - Rosemount System 3

O *Rosemount System 3 (RS3)* é um sistema de controlo distribuído concebido pela *Fisher Rosemount Systems* baseado em hardware proprietário que utiliza um barramento de comunicações denominado *PeerWay*, consolas de interface com o operador e controladores denominados *Control Files*. Existe ainda hardware que possibilita ao sistema interfaces com servidores de bases de dados ou outros barramentos de comunicação.

A figura 3.1 ilustra uma arquitectura *RS3* básica.

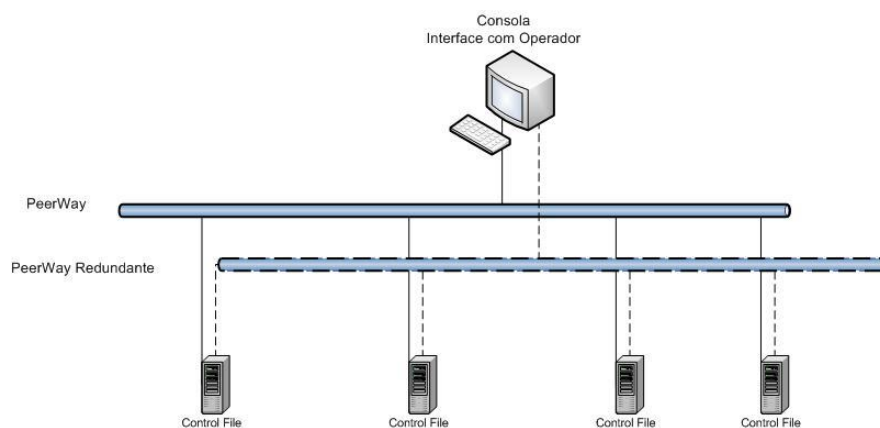


Figura 3.1 - Arquitectura básica do sistema RS3

### 3.1.1 - PeerWay

Num sistema RS3, todos os dispositivos que o compõem estão interligados através do *PeerWay*, sendo este um barramento de comunicações redundante. Em funcionamento normal, as comunicações são partilhadas por ambos os barramentos, no caso de um deles falhar, o outro assegura todas as comunicações.

O *PeerWay* é composto por cabos redundantes que podem ser *twinax*, ou seja, um único cabo coaxial com duas almas condutoras, fibra óptica ou uma combinação de ambos.

Um barramento *PeerWay* pode interligar até 32 dispositivos denominados nós. Estes nós podem ser consolas, *Control Files* ou outro tipo de interfaces. Podem interligar-se até 31 *PeerWays* recorrendo a equipamentos denominados *Highway Interface Adaptors (HIA)*, permitindo assim comunicações entre um máximo de 992 dispositivos.

Todo os componentes que fazem parte do *PeerWay* podem ser redundantes para providenciar o máximo de robustez ao sistema. Em cada ponto de ligação ao barramento, cada um dos cabos *PeerWay* liga numa *PeerWay Tap*. O conjunto formado pela *PeerWay Tap A* e pela *PeerWay Tap B* é denominado de *PeerWay Tap Pair*. Num *PeerWay Tap Pair* podem ser ligados até quatro nós, sendo esta ligação realizada através de cabos de extensão

A figura 3.2 pretende ilustrar estas ligações para uma melhor compreensão.

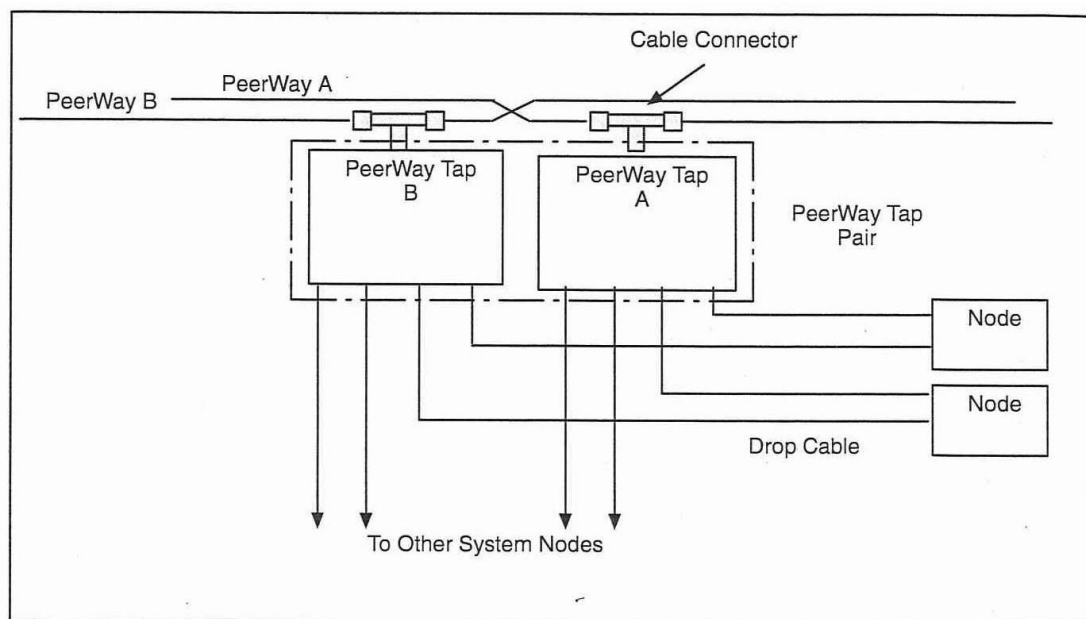


Figura 3.2 - Esquema de ligações ao *PeerWay* [11]

### 3.1.2 - Control Files

Os *Control Files* são dispositivos compostos por um conjunto de cartas que monitorizam as malhas de controlo e que disponibilizam dados a outros equipamentos. A figura 3.3 apresenta a estrutura de um *Control File*.

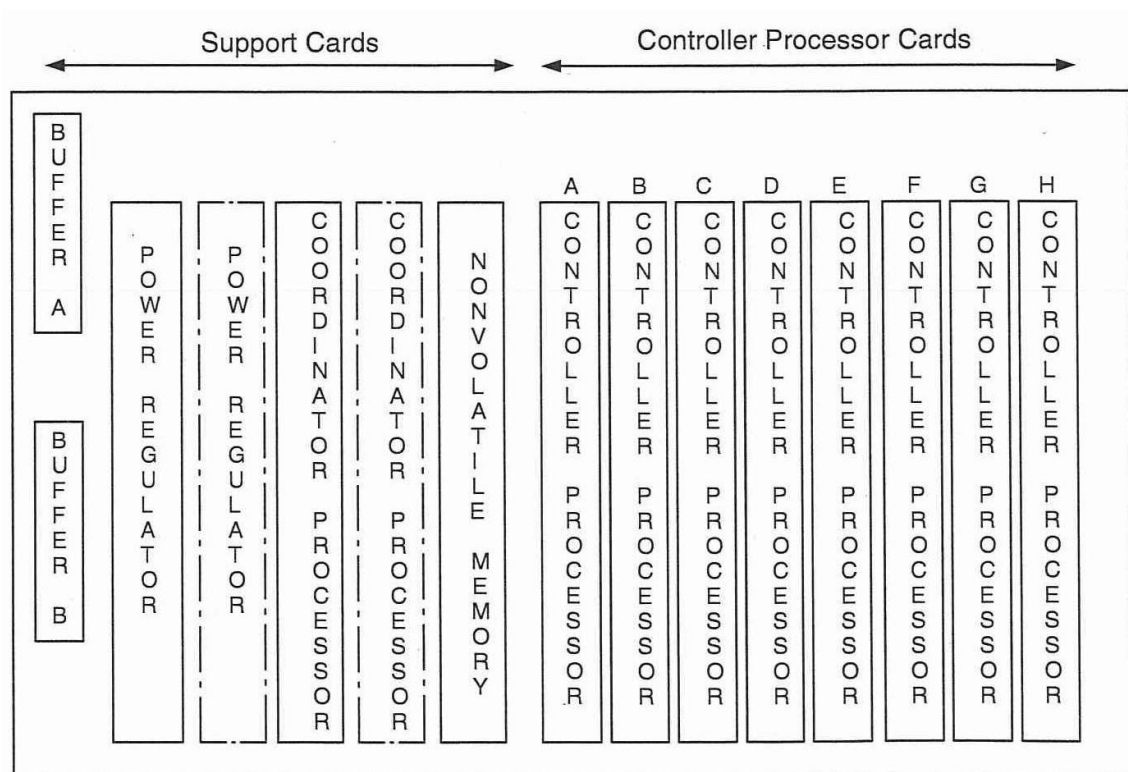


Figura 3.3 - Estrutura de uma Control File [11]

Um *Control File* é composto por até oito cartas denominadas *Controller Processors*, sendo estas responsáveis por: receber os valores de entrada, processá-los, guardá-los, gerar os valores de saída e disponibilizá-los aos outros nós. Estas cartas correspondem aos processadores do sistema, sendo as responsáveis pelos cálculos e pelas operações lógicas. As ligações ao campo e respectivo condicionamento de sinal são realizadas pelas *Card Cages*, *Termination Panels*, *Flex Terms* e pelos *Marshalling Panels*, que comunicam com o *Controller Processor* através de um cabo RS-422.

Para que um *Controller Processor* possa operar correctamente, necessita das seguintes cartas dedicadas em cada *Control File*:

- *PeerWay Buffer*;
- *Power Regulator*;
- *Non-volatile Memory*;
- *Coordinator Processor*.

A carta *Coordinator Processor* controla a comunicação entre as oito cartas de uma *Control File*, bem como entre esta e o *PeerWay*. É o *Coordinator Processor* que actualiza a base de dados da memória não volátil com os dados de operação e configuração actuais e comanda a descarga do programa e dados da memória não volátil para cada um dos *Controller Processors*. Pelo contrário, as comunicações entre os *Controller Processors* e as cartas de interface de campo (FIC) são geridas por cada um dos *Controller Processors*.

O *PeerWay Buffer* proporciona um formato de comunicação e um buffer entre a *Control File* e o *PeerWay*. Esta carta condiciona todas as comunicações entre o *Coordinator Processor*

e o barramento de comunicação. Para cada um dos barramentos *PeerWay* redundantes é utilizada uma carta *PeerWay Buffer*.

No que diz respeito ao fornecimento de energia à *Control File*, este é assegurado pelas cartas *Power Regulator* que providenciam uma tensão *DC* regulada a todas as cartas de uma *Control File*.

### 3.1.4 - Organização e funcionalidades do Software

No *RS3* as estratégias de controlo são definidas numa lógica de blocos função, existindo três tipos: blocos de entrada, blocos de saída e blocos de controlo. Os blocos de entrada e saída processam os sinais de e para o campo enquanto os de controlo são configurados para avaliar as entradas e com base nestas definir as saídas quer sejam elas analógicas ou discretas.

Os blocos são configurados em malhas de controlo para realizarem cálculos ou implementar funções, tal como se pode ver na figura 3.4.

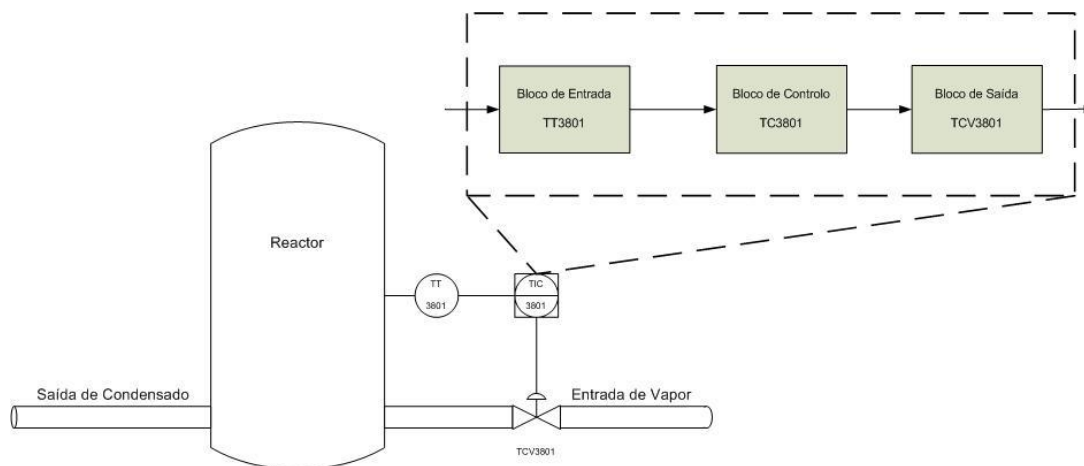


**Figura 3.4** - Malha de controlo de temperatura de um reactor

Para configurar uma malha de controlo são necessários, no mínimo, um bloco de controlo, um bloco de entrada e outro de saída. Todos os blocos função estão localizados no processador, sendo este o centro de todo o controlo processual.

Os blocos de entrada são utilizados para trazer os sinais das cartas de entrada para o sistema e os de saída para enviar os sinais gerados pelo sistema para as cartas de saída. Permitem também fazer filtragem das entradas e condicionamento de sinais bem como gerar alarmes e mensagens de eventos, bastando para isso configurar os parâmetros associados ao bloco correspondente. Para além disso, uma vez que o *RS3* internamente só opera valores entre 0 e 1, é necessário escalar os valores de campo para que possam ser utilizados pelo sistema, tal função é também desempenhada pelos blocos de entrada e saída. Relativamente aos parâmetros que se podem configurar, estes dependem do tipo de bloco, existindo: *SIB*, *AIB*, *DIB*, *AOB*, *DOB*, *PLCB* entre outros mais especiais. No anexo 1, a tabela 3.1 ilustra os tipos de bloco de entrada e saída existentes no sistema *RS3*.

Os blocos *AIB* e *SIB* utilizam-se para entradas analógicas, sendo os *SIB* para *smart devices* com comunicação *HART*, o que possibilita definir alguns parâmetros do transmissor. Quer os *AIB* quer os *SIB* permitem definir o tipo de linearização da entrada como, directa, indirecta ou raiz quadrada, sendo o tipo de linearização dependente do transmissor. Um exemplo disso são os medidores de pressão diferencial utilizados para a medição de caudais. Neste caso utiliza-se normalmente a raiz quadrada porque o sinal do transmissor é na realidade a medida de uma pressão diferencial, sendo o caudal proporcional à respectiva raiz quadrada. É ainda possível definir as unidades da entrada bem como os valores de início e fim de escala. No caso dos *AIB* podemos ainda associar alguns alarmes às entradas. Quanto aos *AOB*, estes são utilizados para saídas analógicas e os parâmetros associados são o tipo de saída (normal ou invertida conforme o tipo de válvula) e qual o bloco de controlo a que está ligado.

No caso de entradas digitais utilizam-se os *DIB*, as principais propriedades destes blocos são o tipo de filtragem da entrada, o tipo de contacto (normalmente aberto ou normalmente fechado) bem como alarmes e eventos. No que diz respeito a saídas discretas, são utilizados os *DOB* cujos parâmetros de configuração são o tipo de contacto, o bloco de controlo associado e a duração do impulso. Finalmente, os *PLCB* são blocos que se utilizam para fazer interface com *PLC* utilizando o protocolo *Modbus*. Para tal, é necessário estipular se é um bloco de escrita ou leitura, o tipo de dados que vai trocar, o tempo de amostragem e o endereço da *word* no *PLC*.

Os cálculos e operações lógicas são efectuados pelos blocos de controlo. Estes, possuem 15 entradas analógicas (de *A* a *O*), 15 entradas discretas (de *@a* a *@o*), uma saída contínua (*Q*) e 16 saídas discretas (de *a* a *p*) por bloco.

A figura 3.5 pretende representar um bloco de controlo e as suas entradas e saídas.

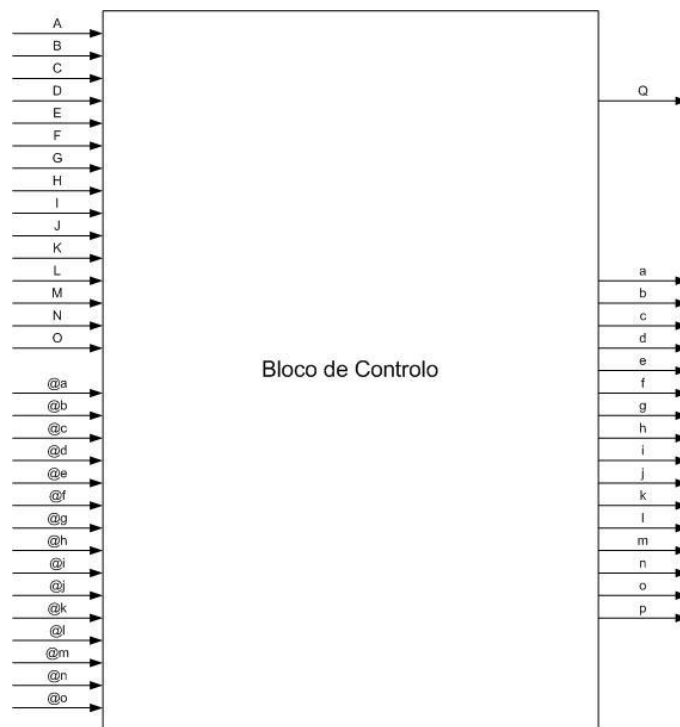


Figura 3.5 - Entradas e saídas de um bloco de controlo

As entradas contínuas e discretas de um bloco podem ser ligadas a outros blocos. No caso das entradas analógicas, estas podem ainda ser definidas como saídas de blocos de entrada, entradas do utilizador, variáveis para utilizar na lógica do bloco, temporizadores ou contadores. O mesmo acontece com as variáveis discretas que permitem definir vários tipos de entradas do utilizador, *On*, *Toggle*, *Off* ou *Select*.

Num bloco de controlo é ainda possível definir, para cada saída discreta (*step*), um conjunto de operações associadas no chamado *Discrete Block Diagram*. O *Discrete Block Diagram* está dividido em duas partes, uma onde são definidas as condições que fazem com que uma saída seja activa ou não, e outra em que são realizadas acções mediante o estado da saída correspondente.

As condições podem ser de três tipos: *SET*, ou seja, sempre que a condição definida pelo utilizador se verifica a saída fica activa, *CLEAR*, que tal como o nome indica e a semelhança da anterior, sempre que a condição definida se verifica a saída passa a inactiva, e uma última que podemos comparar a um botão de pressão, ou seja, quando a condição se verifica a saída fica activa, quando deixa de se verificar a saída é desactivada.

Quanto às acções realizadas pelo sistema, estas podem ser de quatro tipos. Podem ser acções executadas à subida do flanco, à descida, quando a saída está activa ou quando a saída está inactiva. Isto permite ao utilizador fazer cálculos com as entradas analógicas de modo a determinar outras variáveis utilizadas pelo bloco de controlo. Para se utilizarem estas ditas variáveis é necessário que, quando se definem as entradas analógicas, se definam também as que se pretendem utilizar como variáveis, o que, de alguma forma, limita o número de variáveis que se podem utilizar num bloco. A figura 3.6 ilustra um *Discrete Block Diagram* na ferramenta *Control Studio*.

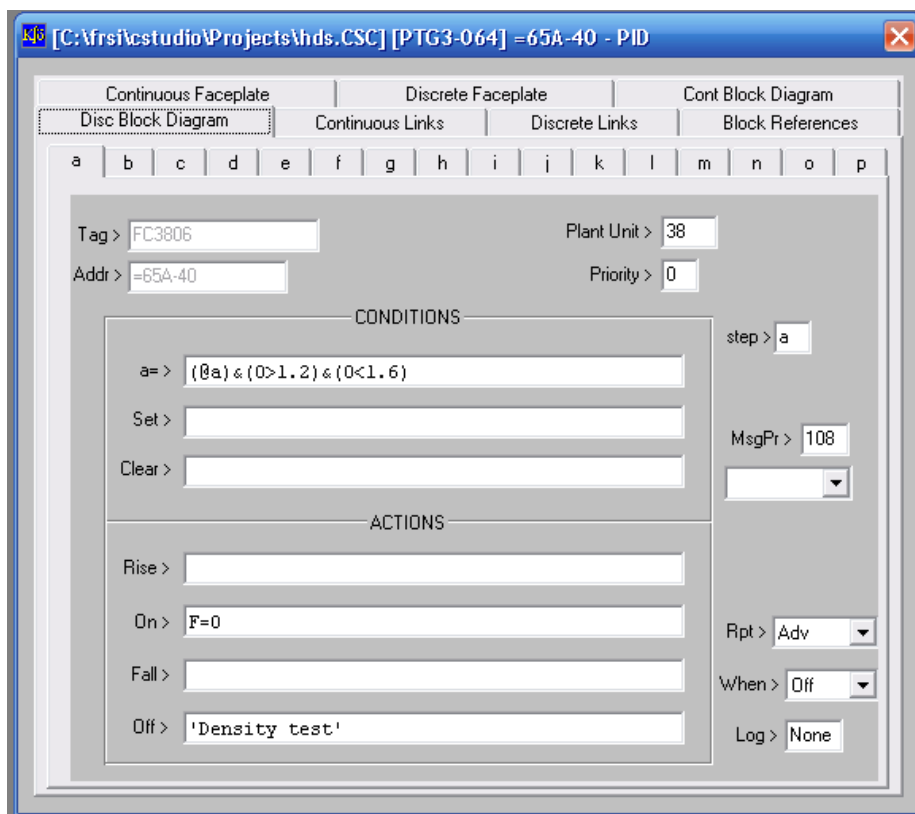


Figura 3.6 - Discrete Block Diagram

É possível definir num bloco de controlo os *faceplates* associados: o *Continuous Faceplate* e o *Discrete Faceplate*. Os *faceplates* são as janelas de informação mostradas ao utilizador. No *Continuous Faceplate* são definidos o valor máximo e mínimo da saída, bem como a sua taxa de variação mínima. Para além disso são ainda definidas quais as entradas a ser mostradas ao utilizador sob a forma de um gráfico de barras. Quanto ao *Discrete Faceplate*, este permite definir quais os parâmetros do bloco a serem transmitidos ao utilizador sob forma textual. Na figura 3.7 estão representados os *faceplates* de um bloco de controlo.

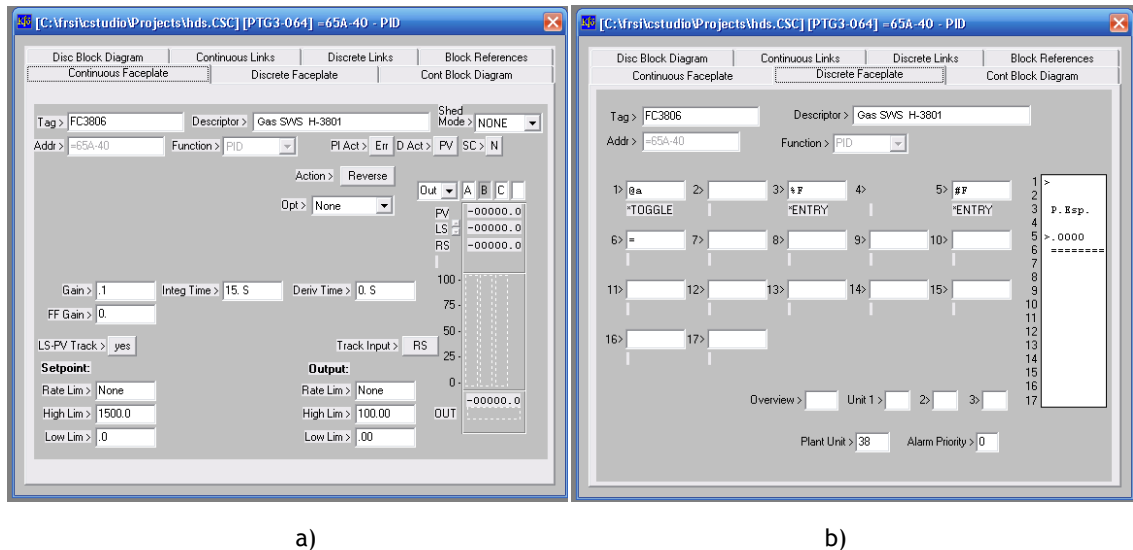


Figura 3.7 - *Continuous Faceplate* (a) e *Discrete Faceplate* (b) de um bloco de controlo PID

Num bloco de controlo temos ainda o chamado *Continuous Block Diagram*, onde são definidos os alarmes associados a cada uma das variáveis analógicas do bloco independentemente do tipo.

Existem diversos tipos de blocos de controlo que executam funções específicas (p.ex. *PID*, *TOT*, *DMC*) e outros que apenas executam a lógica definida pelo utilizador (p.ex. *MATH*, *DISC*, *MAN*). Na tabela 3.2 do anexo 1 estão representados todos os tipos de blocos de controlo e as respectivas funções.

Nos blocos que implementam funções específicas, certas entradas, sejam elas contínuas ou discretas, têm funções pré-determinadas. Por exemplo, no caso dos *PID* as entradas *A*, *B*, *C* e *D* correspondem aos parâmetros *PV* (*process value*), *LS* (*set point*), *RS* (*remote set point*) e *FF* (*feed forward*) respectivamente. A entrada *PV* é o valor de entrada do controlador. O valor de referência, que é uma entrada do operador, está associado ao parâmetro *LS* ao passo que a entrada *RS* é utilizada para controlo em cascata, correspondendo à referência gerada por um controlador primário num controlo em cascata. Quanto à entrada *FF*, esta é utilizada para realizar controlo *feed forward*.

### 3.1.3 - Endereçamento

O endereçamento é a convenção usada para garantir que os dados são enviados dos módulos de entradas e saídas no campo para o sistema, do sistema para as entradas e saídas, de um bloco de software para outro, assim como para as consolas.

De modo a que estes dados sejam trocados com sucesso, é necessário utilizar um esquema organizado para endereçar todo o hardware que compõe o sistema.

Um endereço típico de um bloco de entrada ou saída é “=15AB105”, enquanto o endereço de um bloco de controlo é por exemplo “=15A-60”. A leitura destes endereços, da esquerda para a direita, dá-nos a localização dos dados a que se pretende aceder, com um nível de detalhe crescente, sendo estes sempre precedidos do símbolo “=”.

O primeiro elemento de um endereço é o número do nó *PeerWay*, sendo este definido no hardware recorrendo a *jumper*s de configuração. O elemento seguinte diz respeito ao endereço da ranhura em que está localizado o *Controller Processor* (de A a H), ao passo que o terceiro elemento define o endereço da *Card Cage* (de A a D). Quanto ao quarto elemento, este indica o *Card Cage Slot* em que a FIC (*Field Interface Card*) está inserida (de 1 a 8) e por último, o quinto elemento, é o endereço do ponto de entrada ou saída composto por dois dígitos (de 01 a 32, dependendo do tipo de carta utilizada).

No caso do endereçamento de blocos de controlo o primeiro e segundo elementos representam, da mesma forma, o nó *PeerWay* e o *Controller Processor Card Slot* respectivamente. A grande diferença entre o endereçamento de blocos de controlo e o endereçamento de blocos de entradas e saídas reside no terceiro elemento que é um símbolo “-“, os dígitos que se seguem correspondem ao número do bloco de controlo (de 1 a 126 num *MPCII* e de 1 a 99 num *MPCI*).

### 3.2 - *DeltaV*

Concebido pela *Emerson Process Management*, o *DeltaV* é um sistema de controlo distribuído aberto que assenta em tecnologias como a *Ethernet* e o *FOUNDATION™ Fieldbus*.

Um sistema *DeltaV* é composto por uma ou mais estações de trabalho, um barramento de comunicações *Ethernet*, fontes de alimentação, um ou mais controladores, pelo menos um subsistema de entradas e saídas por cada controlador e por fim um identificador de sistema, sendo este, uma chave de hardware que confere uma identificação única ao sistema. Todos estes componentes podem ser redundantes (rede, fontes de alimentação, controladores e cartas de entrada/saída).

A figura 3.8 ilustra a arquitectura básica de um sistema *DeltaV*.

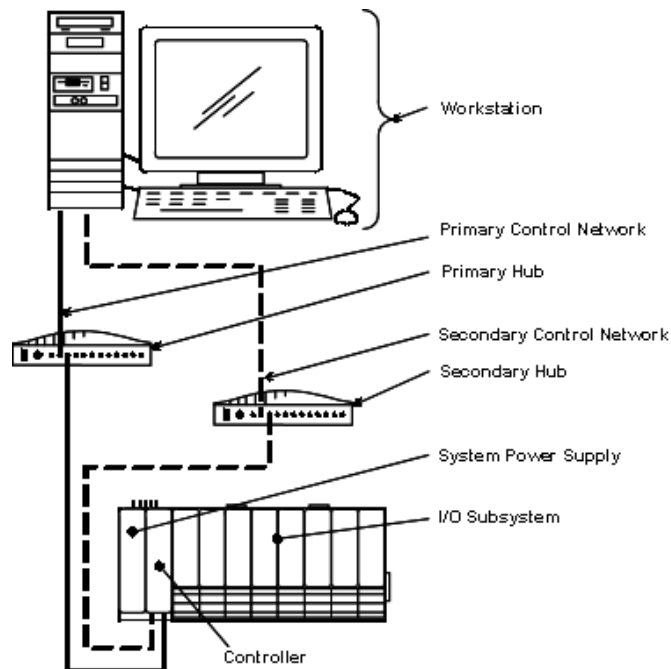


Figura 3.8 - Arquitectura básica de um sistema *DeltaV* [12]

### 3.2.1 - Barramentos de comunicação

Um sistema *DeltaV* permite utilizar dois barramentos de comunicação distintos, o chamado barramento de controlo e o barramento remoto. O barramento de controlo é responsável por interligar todos os controladores e estações de trabalho, sendo este composto por uma rede *Ethernet* isolada com possibilidade de redundância e para uso exclusivo do sistema. A figura 3.9 é exemplo de um barramento de controlo *DeltaV*.

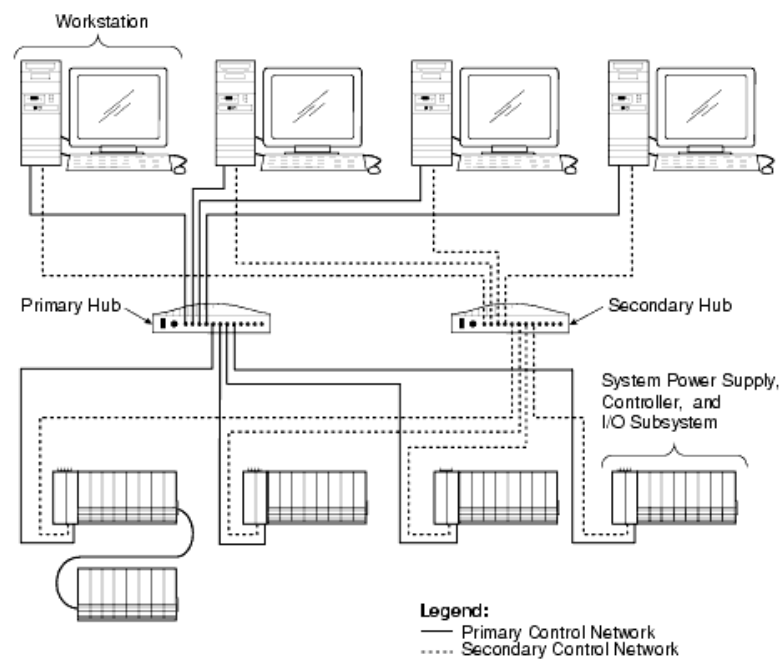


Figura 3.9 - Barramento de controlo de um sistema *DeltaV* [12]

Quanto ao barramento remoto, este é utilizado para fazer o interface entre o *DeltaV* e a rede da empresa, consistindo igualmente num barramento *Ethernet* ligado a uma estação *Professional PLUS* ou *Application* ou a ambas. Neste barramento podem ainda ser ligadas estações remotas cujas funcionalidades dependem da forma como a ligação entre o barramento remoto e o sistema é feita (*Professional PLUS* ou *Application*). Na figura 3.10 está ilustrado um sistema *DeltaV* com barramento remoto.

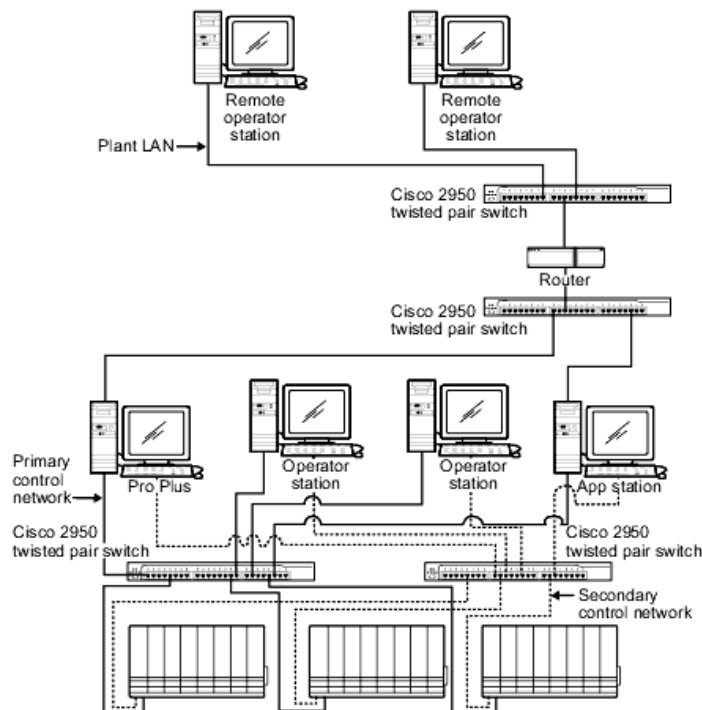


Figura 3.10 - Barramento remoto num sistema *DeltaV* [12]

### 3.2.2 - Workstations

Num sistema *DeltaV* existem três tipos de estações de trabalho, *Professional PLUS*, *Operator* e *Application*, sendo ainda possível em cada tipo de estação ter pacotes de software diferentes mediante a licença instalada. Numa estação *Professional PLUS* apenas se podem instalar licenças *Professional PLUS* cujo pacote de software inclui todas as funcionalidades possíveis, existindo apenas uma estação destas por barramento de controlo, sendo nela que reside a base de dados global e onde está instalado o identificador de sistema.

Nas estações *Operator* podem-se instalar quatro tipos de licenças, são elas: *Base*, *Maintenance*, *Professional* e *Operator*. A licença *Base* inclui apenas o software básico de suporte sendo as restantes aplicações adicionadas posteriormente. Numa configuração *Maintenance* é instalado software de manutenção que permite fazer diagnósticos ao sistema e calibrar o equipamento de campo. No caso de uma licença *Professional* é instalado todo o software de configuração tal como numa *Professional PLUS* à excepção da base de dados global. Já numa licença *Operator* é apenas instalado o software de supervisão e visualização de históricos não sendo possível efectuar configurações.

Para as estações *Application* está disponível apenas a licença *Application* cuja instalação proporciona ao *DeltaV* funcionalidades de interoperabilidade com outras aplicações bem

como de interface com outros barramentos de comunicações, como por exemplo a rede administrativa da empresa.

O número de estações de trabalho por barramento de controlo é limitado. No máximo podem existir até 60, das quais uma e apenas uma a *Professional PLUS*. Das restantes o número de licenças *Application* e *Professional* está limitado a dez de cada, num máximo de 120 nós no total (incluindo controladores).

As estações de trabalho são PC da marca *DELL* com sistema operativo *Windows Server, 2000* ou *XP*.

### 3.2.3 - Controladores

A execução das estratégias de controlo bem como o interface com os dispositivos de campo estão a cargo dos controladores e do subsistema de entradas e saídas respectivamente. Num sistema *DeltaV* podem existir até 100 controladores simples ou em redundância por barramento de controlo, estando associados a cada um dos controladores um subsistema de entradas e saídas composto por até 64 cartas, resultando no máximo num total de 750 entradas e saídas, sendo o tempo de refrescamento mínimo para cada módulo de um controlador *DeltaV* de 100ms.

Associadas a cada controlador estão as fontes de alimentação que providenciam energia ao sistema e por vezes a alguns equipamentos de campo, podendo também estas ser utilizadas em redundância se necessário.

### 3.2.4 - Estratégias de controlo

As estratégias de controlo num sistema *DeltaV* são configuradas em módulos sendo estes as unidades de controlo básicas do sistema onde estão contidos algoritmos, alarmes, *displays*, informação de histórico entre outras características que os constituem.

Os algoritmos são os passos lógicos que determinam o comportamento de um módulo. Estes algoritmos são definidos recorrendo a linguagens como *Function Block Diagram* ou *Sequential Function Chart* especificadas na norma IEC61131-3-*Programmable Controllers-Programming Languages* [4].

O *DeltaV* possui uma biblioteca de blocos para implementar funções de controlo analógico, lógica digital, entradas e saídas entre outras funções básicas. Cada bloco possui um conjunto de parâmetros associados possíveis de ser alterados para construção do algoritmo, podendo este resultar em simples conversões de entradas ou estratégias de controlo mais complexas, cuja implementação requer geralmente uma combinação de vários blocos.

A figura 3.11 ilustra o diagrama de blocos de um controlador *PID* simples para controlo de temperatura num reactor.

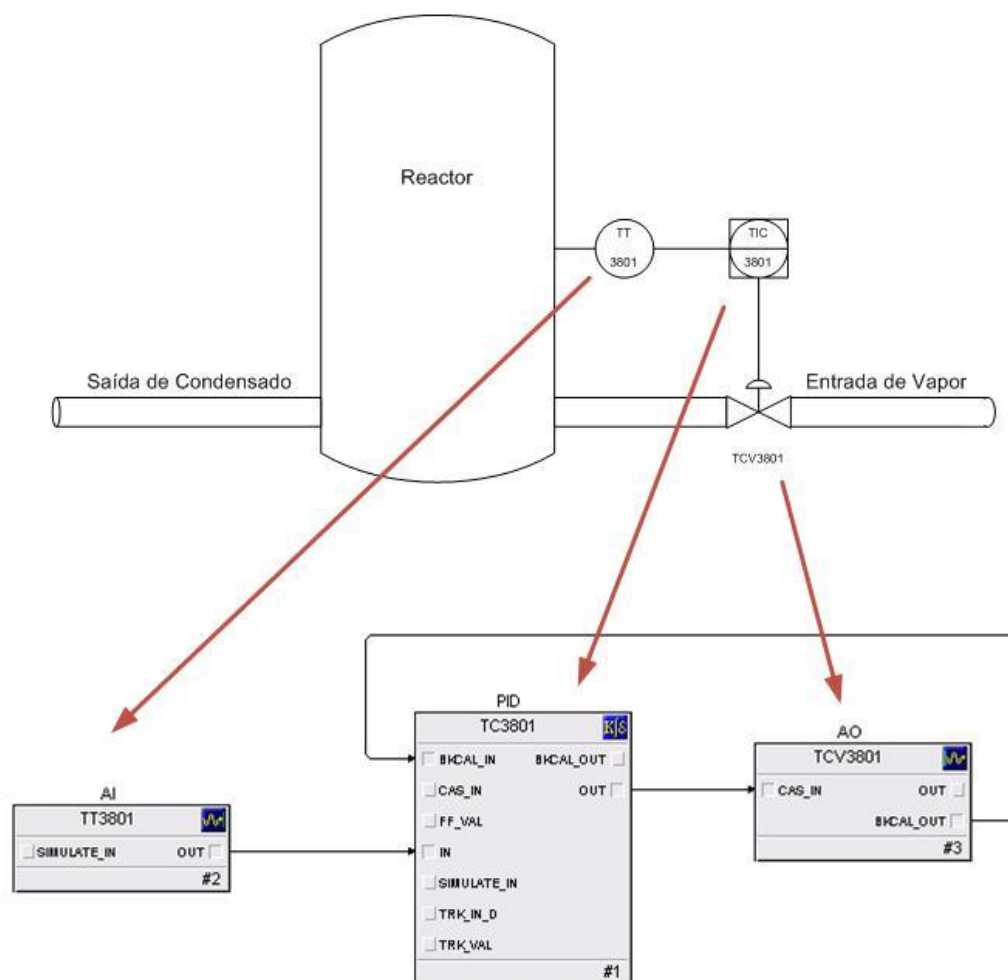


Figura 3.11 - Diagrama de blocos de controlo de temperatura num reactor

Na tabela 3.3 do anexo 2 são apresentados, de forma categorizada, os diversos blocos função de um sistema *DeltaV* acompanhados de uma breve descrição.

### 3.2.5 - Estrutura

Um sistema *DeltaV* está organizado de forma hierárquica. A instalação é dividida em áreas compostas por módulos de controlo que por sua vez são construídos por algoritmos cuja configuração depende de alguns parâmetros.

É ainda possível agrupar os módulos em células processuais, unidades e módulos de equipamento. Esta metodologia é útil para agrupar todos os módulos associados ao controlo de um processo ou equipamento específico, permitindo assim definir alarmes no caso das unidades ou passos sequenciais no caso dos módulos de equipamento.

A figura 3.12 ilustra a estrutura hierárquica de um sistema *DeltaV*.

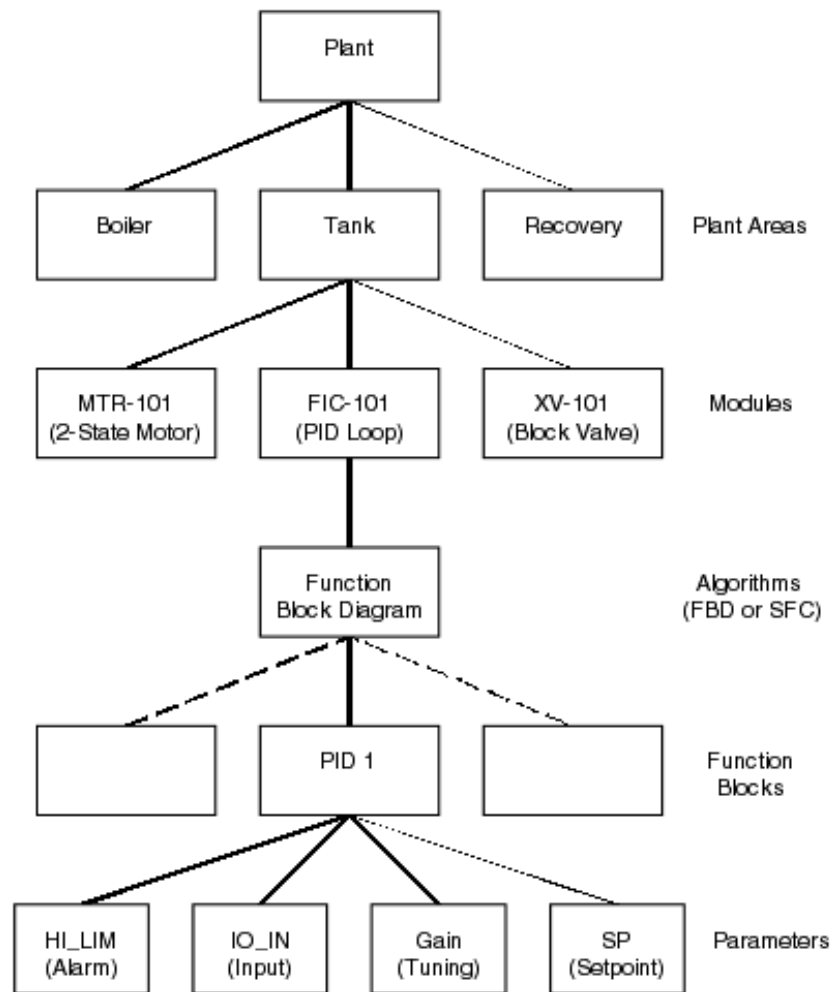


Figura 3.12 - Estrutura hierárquica de um sistema *DeltaV* [12]

No *DeltaV* existe ainda uma biblioteca com módulos pré-construídos para implementar funções de controlo standard. Estes módulos tipo podem ser alterados de forma a satisfazer as necessidades do utilizador, sendo também possível a criação de novos módulos a partir do zero e adicioná-los à biblioteca para posterior utilização nas estratégias de controlo.

O *DeltaV* permite ainda definir classes de módulos de controlo. A grande diferença entre a instância de uma classe e um módulo gerado com base num módulo tipo é o facto de que se a classe for alterada todas as suas instâncias são também alteradas, ao passo que se um módulo tipo for alterado todos os módulos gerados a partir deste não sofrem qualquer alteração, sendo também estes passíveis de alterações por parte do utilizador sem que isso influencie o módulo tipo.

### 3.2.6 - Software

Ao nível de software, o *DeltaV* é composto por um pacote de aplicações que ajudam o utilizador na instalação, operação e optimização dos processos, estando estas divididas em dois grupos: ferramentas de engenharia e ferramentas de operação. As ferramentas de engenharia englobam um conjunto de aplicações que permitem configurar as estratégias de controlo, gerir utilizadores, administrar a base de dados, entre outras possibilidades. Quanto às ferramentas de operação, estas são utilizadas para monitorizar os processos, avaliar o seu

desempenho e resposta perante determinadas condições, e analisar o estado do sistema e alguns equipamentos de campo.

Existem ainda outras ferramentas num sistema *DeltaV*, destas fazem parte as ferramentas de controlo avançado bem como servidores de *OPC (OLE for Process Control)* e ferramentas de integração de folhas de cálculo. No anexo 2 estão apresentadas todas as aplicações existentes num sistema *DeltaV* bem como as suas funções.

# Capítulo 4

## Especificação da solução proposta

Para desenvolver uma aplicação, o primeiro passo é definir quais os seus requisitos de forma a criar um modelo que permita estruturar uma arquitectura de funcionamento. Com este capítulo pretende-se apresentar os requisitos da aplicação proposta e com base nestes propor uma arquitectura para a aplicação.

### 4.1 - Especificação

A especificação de uma aplicação é um passo muito importante para que esta funcione devidamente. Para isso, deve ser feita uma recolha de todos os requisitos que lhe são impostos de forma a garantir que a aplicação vai desempenhar o seu papel correctamente.

Muitas das vezes, as aplicações são desenvolvidas com base em especificações pobres o que leva a comportamentos inesperados por parte destas no ambiente em que operam. Para evitar que tal suceda, deve ser realizado um estudo detalhado, junto de quem vai utilizar a ferramenta, de modo a que sejam identificados todos os pormenores necessários ao seu funcionamento.

#### 4.1.1 - Requisitos

O primeiro passo para determinar os requisitos da aplicação foi discutir com os especialistas da Petrogal para saber o que realmente pretendiam resultando daí as seguintes funcionalidades:

- Migrar as estratégias de controlo do sistema *RS3* para o sistema *DeltaV*;
- Fazer a configuração das cartas e canais do sistema *DeltaV*;
- Localização dos alarmes referentes às entradas analógicas;
- Gerar a identificação funcional dos módulos;
- Alterar o identificador do transmissor.

## 4.1.2 - Análise de requisitos

### 4.1.2.1 - Migração

Para realizar a migração das estratégias de controlo do sistema RS3 para o sistema DeltaV foram identificadas duas hipóteses, uma que consistia em criar um conjunto de módulos tipo no sistema DeltaV, que permitiriam implementar directamente a lógica definida no sistema RS3. Outra hipótese passaria pela utilização dos módulos tipo até agora desenvolvidos na Petrogal para implementarem as estratégias de controlo mais frequentes.

No caso da primeira hipótese, seria necessário criar um conjunto de módulos tipo que implementassem todas as funcionalidades do sistema RS3. Esses módulos tipo deveriam ter em comum uma parte que possibilite implementar toda a estratégia definida no *Discrete Block Diagram* dos blocos de controlo RS3 e uma outra dependente do tipo de módulo.

Na figura 4.1 está apresentado o modelo de um *step* do *Discrete Block Diagram* para o sistema DeltaV, onde podemos ver que existe um conjunto de três blocos de condição que implementam as condições do *Discrete Block Diagram*. Para que as condições *Set* e *Reset* sejam executadas devidamente é necessário utilizar um bloco *Reset/Set Flip-Flop*. Este bloco gera uma saída discreta baseada no estado das entradas. Se a entrada *Reset* estiver inactiva e a entrada *Set* estiver activa, a saída fica activa até que a entrada *Reset* esteja activa, independentemente do estado da entrada *Set*. Por outro lado, se ambas as entradas estiverem inactivas a saída mantém o último estado.

Há também um conjunto de blocos que implementam as acções, estas estão distribuídas por dois conjuntos, um responsável por gerar a saída discreta, e outro, composto apenas pelo bloco de cálculo, que é responsável pela lógica definida nas acções do *Discrete Block Diagram*. Este último é comum a todas as saídas discretas, já no caso dos anteriores, é necessário replica-los para todos os *steps* do *Discrete Block Diagram*. As entradas e saídas do bloco de cálculo correspondem às entradas, provenientes dos blocos de entrada, de um bloco de controlo e às variáveis utilizadas por este respectivamente. No caso de não haver qualquer lógica associada a uma entrada, a saída correspondente é igual. Para implementar uma malha de controlo, é ainda necessário adicionar um bloco de entrada, um bloco de saída e por exemplo um bloco *PID*, bem como alguns parâmetros de entrada e saída se necessários.

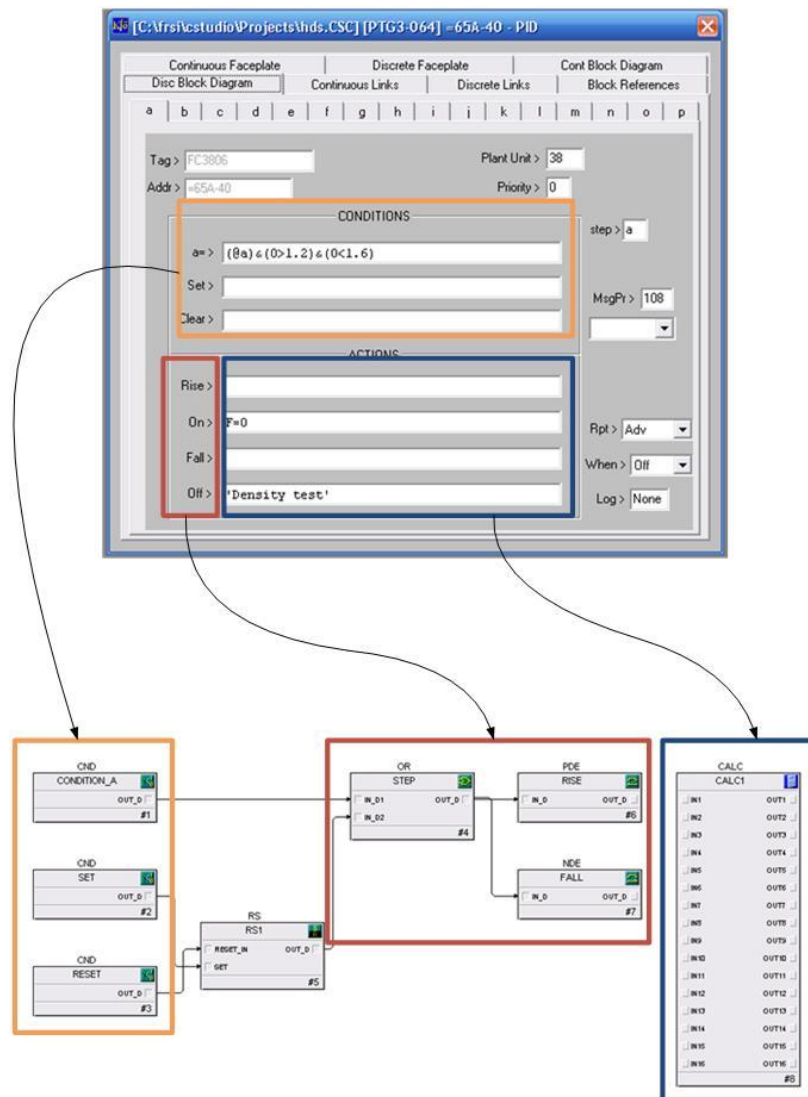


Figura 4.1 - Modelo de um step de um Discrete Block Diagram

A segunda hipótese para realizar a migração consistia em utilizar os módulos tipo já criados pela Petrogal, ou que permitiria poupar tempo no desenvolvimento dos módulos tipo anteriormente apresentados, uma vez que a forma como lógica de controlo é definida no sistema RS3, torna a sua análise complexa.

Por outro lado os módulos tipos criados pela Petrogal não permitem a importação completamente automática da lógica de controlo do sistema RS3.

Depois de ponderadas ambas as hipóteses, optou-se por utilizar os módulos tipo desenvolvidos na Petrogal pelo facto de permitirem poupar tempo de desenvolvimento e mais importante que isso, pela uniformização que possibilitam, uma vez que existem já muitas unidades controladas pelo sistema DeltaV segundo estes módulos tipo.

#### 4.1.2.1 - Configuração das cartas e canais

Para configurar as cartas e canais, ficou definido que a aplicação deveria consultar uma folha de cálculo onde são especificados todos os parâmetros referentes às cartas e canais.

#### 4.1.2.3 - Localização dos alarmes

Para preencher este requisito, a aplicação deve ter em conta, para a configuração dos alarmes associados às entradas analógicas, que estes são definidos, no sistema RS3, nos blocos de controlo e não nos blocos de entrada.

#### 4.1.2.4 - Identificação funcional

É também necessário gerar a identificação funcional dos módulos DeltaV da seguinte forma:

- 1ª Letra - tipo de variável medida;
- 2ª Letra - função de informação (I);
- 3ª Letra - função activa (C).

Isto porque no sistema DeltaV os módulos têm funções múltiplas ao contrário do que acontecia com os blocos do sistema RS3 que cada um tinha apenas uma função.

#### 4.1.2.5 - Identificador dos transmissores

A fim de gerar os chamados *device signal tag*, a aplicação tem que introduzir um traço inferior (*underscore*) entre a identificação funcional e a identificação da malha de um transmissor.

#### 4.1.3 - Metas a cumprir

Dada a escassez de tempo foi decidido que deviam ser gerados apenas alguns módulos, sendo estes: *ANALOG\_INPUT*, *ANALOG\_INPUT\_TOT*, *CALC\_GAS\_CORR*, *CALC\_H2O\_TOT*, *CALC\_LIQ\_CORR*, *CALC\_TOT\_VOLUME* e *CALC\_VAPOR\_TOT*. Estes módulos correspondem a entradas analógicas sem qualquer tipo de controlo, resultando que os blocos do sistema RS3 a converter para os poder configurar sejam apenas os blocos de entradas analógicas AIB e SIB. Os módulos referidos serão apresentados mais adiante.

No caso das cartas e canais foi decidido que deveriam ser geradas cartas de entradas e saídas analógicas e discretas, bem como configurados os respectivos canais.

Depois de definidas as propriedades pretendidas para a aplicação, foi realizada uma análise dos requisitos impostos, de modo a verificar o estes implicam e se o desenvolvimento da aplicação é viável ou não. Para isso, foi necessário verificar de que forma é que as estratégias de controlo são guardadas e como é que os dados relativos a estas podem ser acedidos. As cartas, canais e módulos tipo desenvolvidos na Petrogal foram também objectos de estudo, de modo a determinar quais os parâmetros destes que são necessários configurar e como é que essa informação pode ser obtida.

#### 4.1.4 - Estratégias de controlo (acesso e armazenamento)

As estratégias de controlo são guardadas, em ambos os sistemas, numa base de dados sob a forma de um ficheiro de texto. No sistema RS3 são ficheiros do tipo CSC (*Control Studio File*), que contêm toda a informação de configuração dos blocos função. Estes ficheiros são utilizados pela ferramenta *Control Studio*, disponibilizando esta uma biblioteca de objectos COM que permitem aceder e editar a base de dados.

No caso do sistema *DeltaV*, este utiliza ficheiros do tipo *FHX* (*DeltaV Configuration File*) onde estão declaradas as estratégias de controlo, configurações do hardware, entre outra informação utilizada pelo sistema. Isto permite importar e exportar praticamente todo o tipo de dados utilizados pelo sistema *DeltaV*.

É ainda possível, na ferramenta *DeltaV Explorer*, definir os chamados ficheiros formato, sendo estes ficheiros de texto do tipo *FMT* (*Format Specification File*) que permitem importar dados a partir de ficheiros de texto (.txt).

Os ficheiros formato, ilustrado na figura 4.2, determinam a ordem pela qual a informação é disposta, de forma tabular, nos ficheiros de texto bem como o cabeçalho destes. Estes ficheiros permitem ao utilizador definir quais os parâmetros de um determinado tipo de módulo, carta ou canal que pretende importar ou exportar.

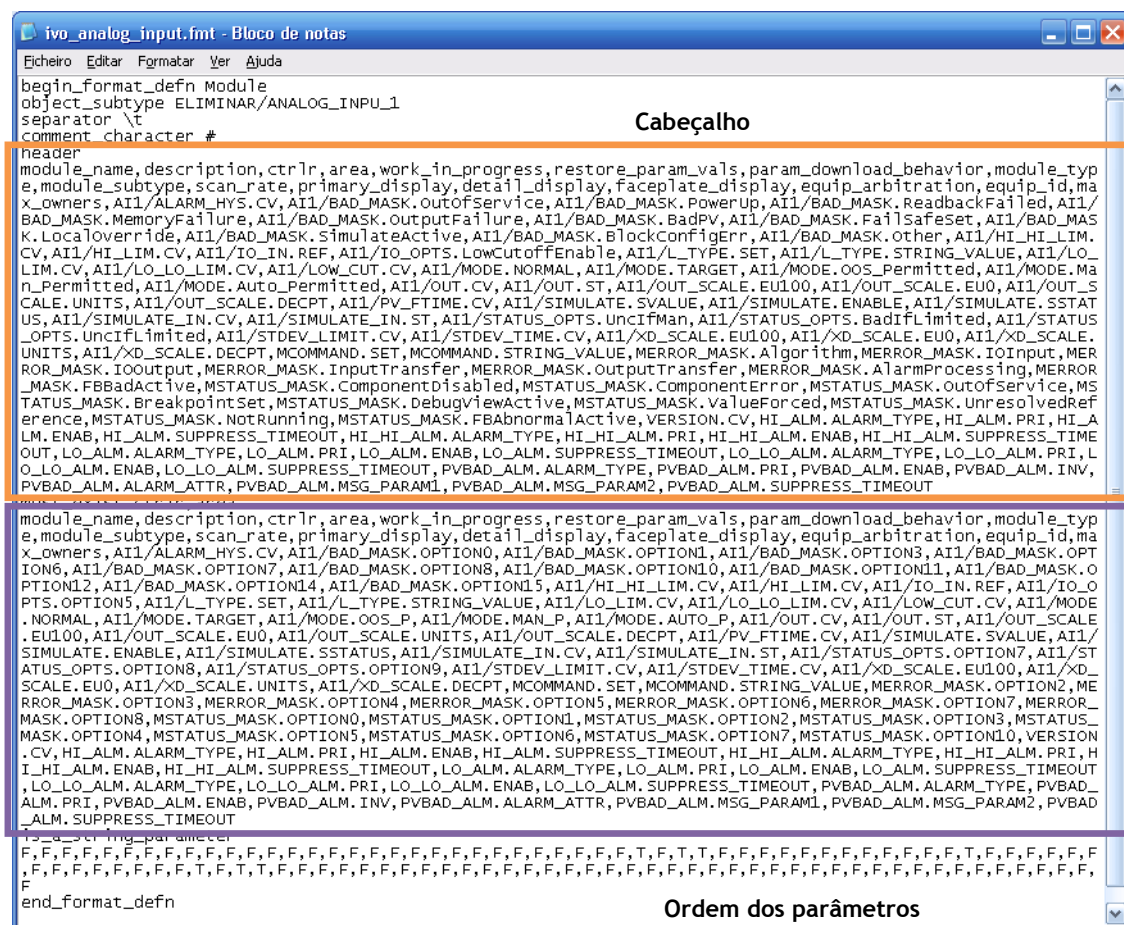


Figura 4.2 - Exemplo de um ficheiro de formato

É com base nos ficheiros formato que o sistema *DeltaV* gera um ficheiro do tipo *FHX* temporário para realizar a importação ou exportação de dados de ou para ficheiros de texto, estando ilustrado na figura 4.3 um ficheiro de texto que contem um módulo *ANALOG\_INPUT*, exportado no sistema *DeltaV*.

| Cabeçalho       |                  |                 |                  |                  |                    |                         |                                |              |                   |
|-----------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|--------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------|-------------------|
| module_name     | description      | ctrlr           | area             | work_in_progress | restore_param_vals | param_download_behavior | equip_arbitration              | equip_id     | max_owners        |
| AI1/BAD_MASK    | ReadbackFailed   | AI1/BAD_MASK    | MemoryFailure    | AI1/BAD_MASK     | OutputFailure      | AI1/BAD_MASK            | BadPv                          | AI1/BAD_MASK | FailSafeSet       |
| AI1/BAD_MASK    | LocalOverride    | AI1/BAD_MASK    | LocalOverride    | AI1/BAD_MASK     | SimulateActive     | AI1/BAD_MASK            | BlockConfigErr                 | AI1/BAD_MASK | Other             |
| AI1/L_TYPE      | SET              | AI1/L_TYPE      | STRING_VALUE     | AI1/LO_LIM       | CV                 | AI1/LO_LO_LIM           | CV                             | AI1/LOW_CUT  | CV                |
| AI1/MODE        | TARGET           | AI1/MODE        | OOS_Permitted    | AI1/MODE         | Man_Permitted      | AI1/MODE                | Auto_Permitted                 | AI1/OUT      | CV                |
| AI1/OUT_SCALE   | EU100            | AI1/OUT_SCALE   | EU0              | AI1/OUT_SCALE    | UNITS              | AI1/OUT_SCALE           | DECPT                          | AI1/PV_FTIME | CV                |
| AI1/SIMULATE    | SVALUE           | AI1/SIMULATE    | ENABLE           | AI1/SIMULATE     | SSTATUS            | AI1/SIMULATE            | IN                             | CV           | AI1/SIMULATE      |
| AI1/STATUS_OPTS | UncifMan         | AI1/STATUS_OPTS | BadifLimited     | AI1/STATUS_OPTS  | UncifLimited       | AI1/STDEV               | LIMIT                          | CV           | AI1/STDEV         |
| AI1/STDEV       | TIME             | CV              | AI1/XD_SCALE     | EU100            | AI1/XD_SCALE       | EU0                     | AI1/XD_SCALE                   | UNITS        | AI1/XD_SCALE      |
| MCOMMAND        | SET              | MCOMMAND        | STRING_VALUE     | MERROR_MASK      | Algorithm          | MERROR_MASK             | IoInput                        | MERROR_MASK  | IoOutput          |
| MERROR_MASK     | InputTransfer    | MERROR_MASK     | OutputTransfer   | MERROR_MASK      | AlarmProcessing    | MERROR_MASK             | FBBadActive                    | MSTATUS_MASK | ComponentDisabled |
| MSTATUS_MASK    | ComponentError   | MSTATUS_MASK    | OutOfService     | MSTATUS_MASK     | BreakpointSet      | MSTATUS_MASK            | UnresolvedReference            | MSTATUS_MASK | NotRunning        |
| MSTATUS_MASK    | FBAbnormalActive | VERSION         | CV               | HI_ALM           | ALARM_TYPE         | HI_ALM                  | PRI                            | HI_ALM       | ENAB              |
| HI_ALM          | SUPPRESS_TIMEOUT | HI_HI_ALM       | ALARM_TYPE       | HI_HI_ALM        | PRI                | HI_HI_ALM               | ENAB                           | HI_HI_ALM    | SUPPRESS_TIMEOUT  |
| LO_ALM          | ALARM_TYPE       | LO_ALM          | PRI              | LO_ALM           | ENAB               | LO_ALM                  | SUPPRESS_TIMEOUT               | LO_LO_ALM    | ALARM_TYPE        |
| LO_LO_ALM       | ENAB             | LO_LO_ALM       | SUPPRESS_TIMEOUT | PVBAD_ALM        | ALARM_TYPE         | PVBAD_ALM               | PRI                            | PVBAD_ALM    | ENAB              |
| PVBAD_ALM       | INV              | PVBAD_ALM       | MSG              | PARAM1           | PVBAD_ALM          | MSG                     | PARAM2                         | PVBAD_ALM    | SUPPRESS_TIMEOUT  |
| Parâmetros      |                  |                 |                  |                  |                    |                         |                                |              |                   |
| ANALOG_INPU_1   | Control          | Module          | <NULL>           | ELIMINAR         | F                  | F                       | Preserve critical block values | Monitor      | ANALOG            |
| AI_DT           | AI_FP            | F               | 0                | 0                | 0,5                | F                       | F                              | F            | 1.0               |
| T               | 100              | 95              | <NULL>           | T                | \$1_typ2           | Indirect                | 5                              | 0            | F                 |
| T               | 0                | BAD             | 100              | 0                | no units           | 2                       | 0                              | 0            | F                 |
| NOTCONNECTED    | F                | F               | F                | 5                | 0                  | 100                     | 0                              | -            | 2                 |
| F               | F                | F               | F                | F                | F                  | F                       | F                              | F            | F                 |
| High Alarm      | WARNING          | F               | 999:0:0          | High             | High               | Alarm                   | CRITICAL                       | F            | 999:0:0           |
| 999:0:0         | Low              | Alarm           | CRITICAL         | F                | 999:0:0            | General I/O             | Failure                        | CRITICAL     | T                 |
| AI1/BAD_ACTIVE  | <NULL>           | <NULL>          | 999:0:0          |                  |                    |                         |                                |              |                   |

Figura 4.3 - Exemplo de um ficheiro de texto

#### 4.1.5 - Módulos tipo do *DeltaV*

Os parâmetros associados aos módulos *DeltaV* dependem do seu tipo. Nas imagens que se seguem ilustram-se os módulos tipo desenvolvidos na Petrolgal e é feita uma breve apresentação da sua função.

##### 4.1.5.1 - Entrada analógica - *ANALOG\_INPUT*

A figura 4.4 ilustra o módulo *DeltaV* utilizado para entradas analógicas sem qualquer controlo associado, ou seja são variáveis informativas para o utilizador ou para a base de dados. Na figura 4.4 está também representado o interface da ferramenta de edição *Control Studio*, onde podemos ver ao fundo, os alarmes associados ao módulo e, do lado esquerdo, os parâmetros do bloco seleccionado ou do módulo caso se clique na área em branco do diagrama.

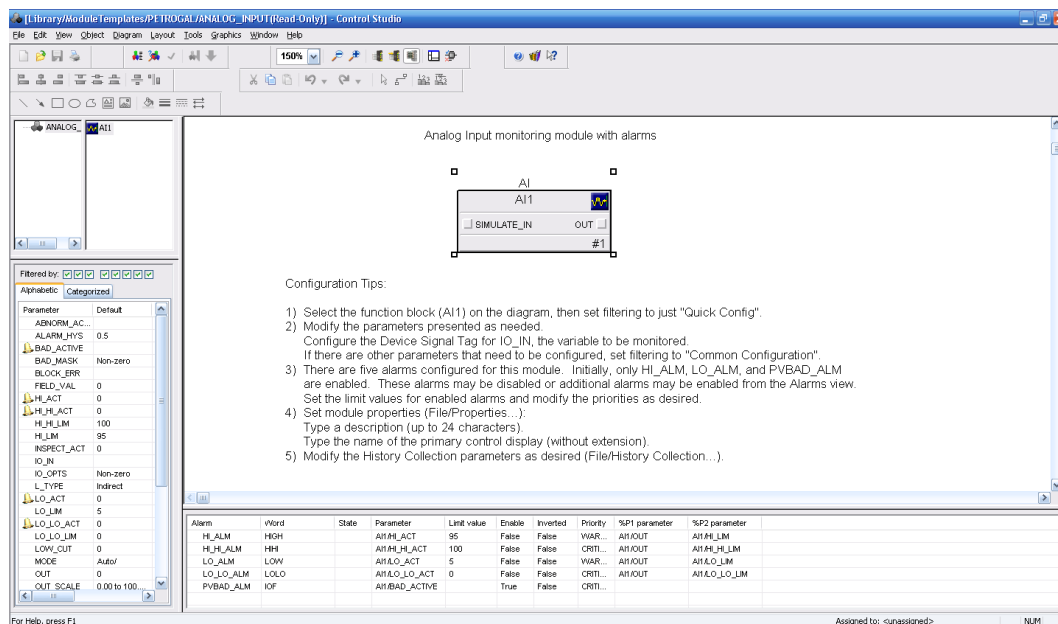


Figura 4.4 - Módulo de entrada analógica (ANALOG\_INPUT) e ferramenta de edição Control Studio

Os parâmetros do módulo apresentado na figura 4.4 que são necessários configurar para que este funcione de acordo com os requisitos anteriormente impostos estão apresentados na tabela 4.1 do anexo 4, bem como uma breve descrição da sua função. Para além destes parâmetros existem muitos outros, neste caso omissos, uma vez que não são utilizados para desempenhar as funções pretendidas pela Petrogal, sendo estes inicializados com o valor predefinido. No sistema RS3 a função desempenhada por este módulo é realizada por um bloco de entrada (A/B ou SIB) e um bloco de controlo (MAN, MATH ou DISC).

#### 4.1.5.2 - Totalizador em massa - ANALOG\_INPUT\_TOT

Na figura 4.5 está representado um módulo cuja função é semelhante à do módulo anterior embora neste caso a informação apresentada ao utilizador não seja propriamente o valor da entrada analógica mas sim a totalização em massa de um caudal (entrada) ao longo do tempo. Geralmente os dados gerados por este módulo são guardados na base de dados para uma futura análise da produção. Neste módulo o bloco AI1, que é comum ao módulo anterior, corresponde ao bloco de entrada. O bloco ACT2 é responsável por converter o caudal para ton/h caso este seja dado numa das seguintes unidades:  $m^3/h$  ou  $kg/h$ . No caso de ser em  $m^3/h$  é necessário multiplicar o caudal pela densidade e dividir por mil, já no caso de o caudal ser dado em  $kg/h$  basta dividir por 1000. O conjunto dos parâmetros de saída  $T$ ,  $T_H$  e  $T_{DIA}$  correspondem a toneladas, toneladas por hora e toneladas por dia respectivamente. Todos estes parâmetros estão ligados à base de dados para futura análise da produção. No caso do bloco ACT4, este é responsável por fazer a totalização em massa, ou seja, a cada cinco segundos incrementa  $T$  com o valor de  $T_H$  dividido por 720, correspondendo assim à massa que passa durante 5 segundos. O conjunto dos blocos que se encontram no final da folha realizam o reset da meia-noite, ou seja, colocam em  $T_{DIA}$  o valor que está em  $T$  e em seguida põem  $T$  a zero.

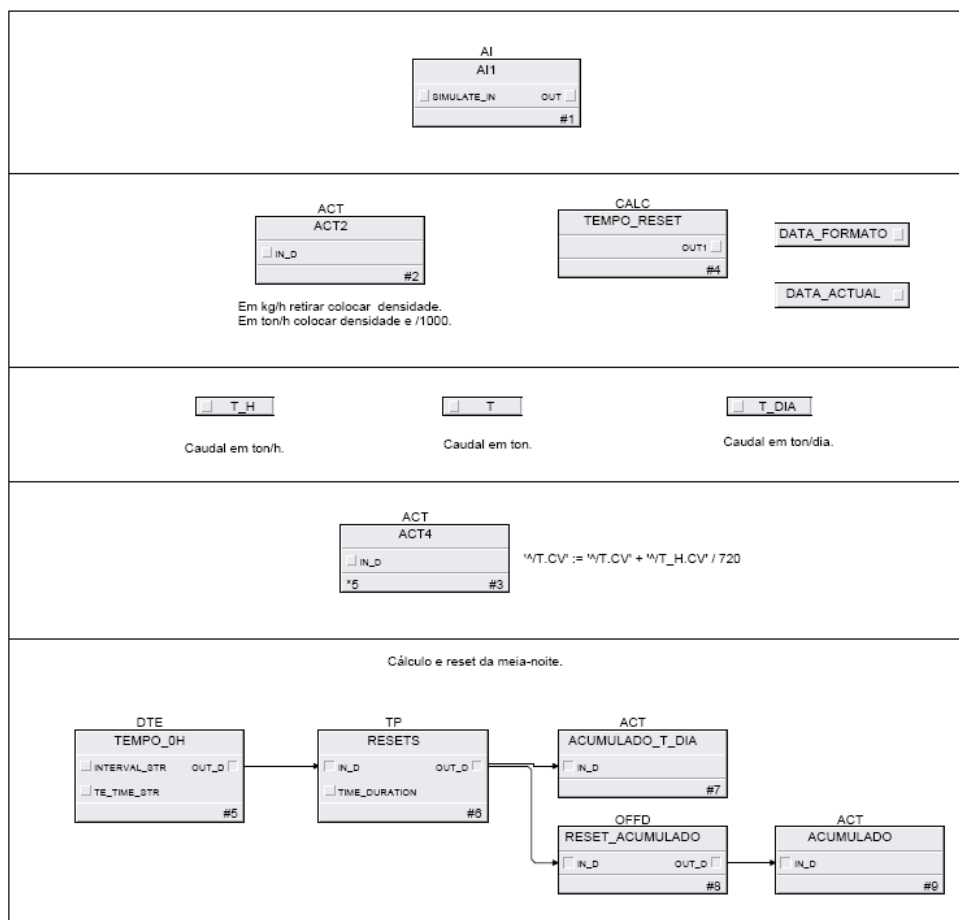


Figura 4.5 - Módulo de entrada analógica com totalizador (ANALOG\_INPUT\_TOT)

Este módulo apesar de possuir muitos mais blocos função que o anterior, os parâmetros a eles associados são predefinidos e não necessitam de alterações, pelo que os parâmetros que são necessários editar são praticamente os mesmos do módulo anterior tal como podemos ver na tabela 4.2 do anexo 4, à excepção de um pequeno ajuste da expressão do bloco ACT2 caso as unidades da variável de entrada não sejam ton/h, o que por vezes obriga à introdução da densidade do composto por parte do utilizador para que se possa utilizar na expressão. As funções deste módulo, tal como no caso anterior, são desempenhadas no sistema RS3 por um bloco de entrada (AIB ou SIB) e um bloco de controlo (MAN, MATH, DISC ou TOT).

#### 4.1.5.3 - Totalizador em massa com correcção de caudal para gases - CALC\_GAS\_CORR

O módulo da figura 4.6 implementa uma correcção de caudal para gases, usando pressão, temperatura e densidade. Sempre que é possível, estes parâmetros são medidos online pelos respectivos transmissores, caso contrário podem ser valores de laboratório provenientes da base de dados ou no caso da densidade, um valor forçado pelo operador. Este módulo realiza ainda uma totalização em massa tal como o módulo anterior.

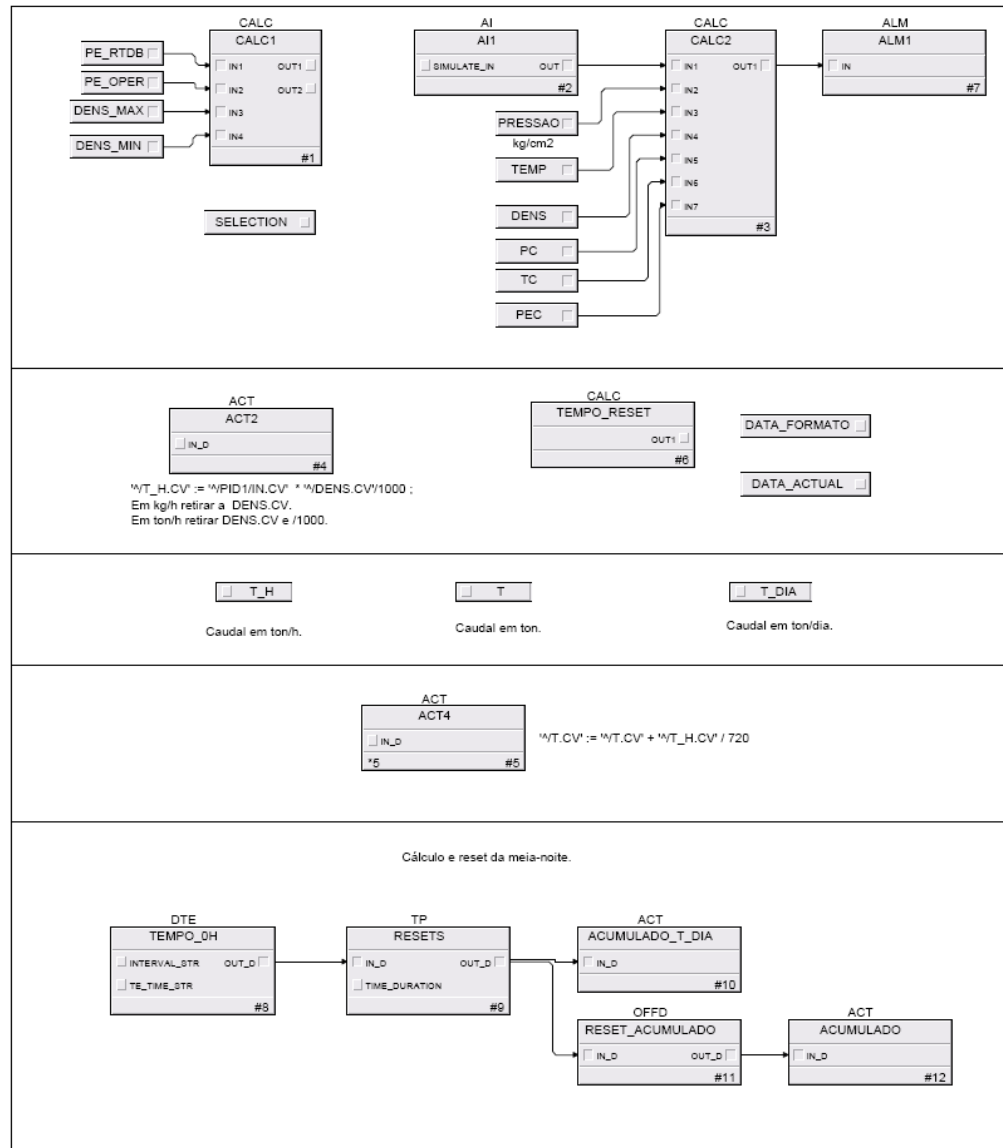


Figura 4.6 - Módulo analógico com cálculo de factor de correcção de gases e m<sup>3</sup>/h (CALC\_GAS\_CORR)

O bloco **CALC1** que se vê no diagrama é responsável por definir a densidade ou peso específico a ser utilizada pelo bloco **CALC2**. Para isso, pode receber o valor da densidade correspondente ao parâmetro de entrada **PE\_RTDB**, através de um transmissor, da base de dados ou de um valor definido durante a fase de configuração. O valor da densidade pode ainda ser forçado pelo utilizador, correspondendo ao parâmetro de entrada **PE\_OPER**, sendo a sua selecção feita com base no estado do parâmetro **SELECTION**, se este estiver em **AUTO** o valor utilizado para definir a densidade do bloco **CALC2** é o valor do parâmetro **PE\_RTDB**, se por outro lado estiver em **MANUAL** o valor utilizado é o do parâmetro **PE\_OPER**. O bloco **CALC1** tem ainda a função de limitar o valor máximo e mínimo da densidade. Relativamente ao bloco **CALC2**, este é o responsável por fazer a dita correcção, utilizando para isso os seguintes parâmetros de entrada: **PRESSAO**, **TEMP**, **DENS**, **TC**, **PC** e **PEC**. Os parâmetros **PRESSAO**, **TEMP** e **DENS** correspondem a pressão, temperatura e densidade respectivamente. Estes parâmetros podem ser valores medidos por um transmissor, de laboratório provenientes da base de dados de tempo real ou definidos durante a configuração do módulo. Já os

parâmetros *PC*, *TC* e *PEC* correspondem a pressão, temperatura e peso específico de cálculo respectivamente, sendo os valores destes definidos durante a configuração com base nas folhas de cálculo de orifício calibrado criadas pela Petrogal. Os blocos restantes, tal como no módulo anterior, estão encarregues de realizar a totalização em massa.

Na tabela 4.3 do anexo 4 estão representados os parâmetros que são necessários definir para este módulo. As diferenças entre este e o módulo anterior não são muitas; uma é relativa aos alarmes, que neste módulo são gerados por um bloco à parte e são relativos ao valor de caudal corrigido, ao invés do módulo anterior onde eram gerados no bloco de entrada e relativos ao sinal de entrada. Outra das diferenças diz respeito aos parâmetros de entrada referidos anteriormente que também são necessários configurar, sejam eles um valor ou a referência para um parâmetro de outro módulo ou da base de dados. Mais uma vez, e à semelhança dos anteriores, a função deste módulo é implementada no sistema *RS3* por um bloco de entrada (*AIB* ou *SIB*) e um bloco de controlo (*MAN*, *DISC*, *TOT* ou *MATH*).

#### 4.1.5.4 - Totalizador em volume com correcção de caudal para água - *CALC\_H2O\_TOT*

O módulo da figura 4.7 realiza uma correcção de caudal para água, utilizando a temperatura e, à semelhança dos módulos anteriormente apresentados, faz a totalização do caudal mas neste caso em volume e não em massa. Ao nível de blocos este módulo é muito semelhante ao anterior, embora um pouco mais simples. O bloco *CALC1* neste caso não existe, uma vez que a densidade da água é conhecida. Deste modo os parâmetros de entrada do bloco *CALC2* também são menos, uma vez que alguns deles estão associados à densidade e no caso da pressão, esta não tem qualquer relevância dado que a água é um líquido, logo é incompressível.

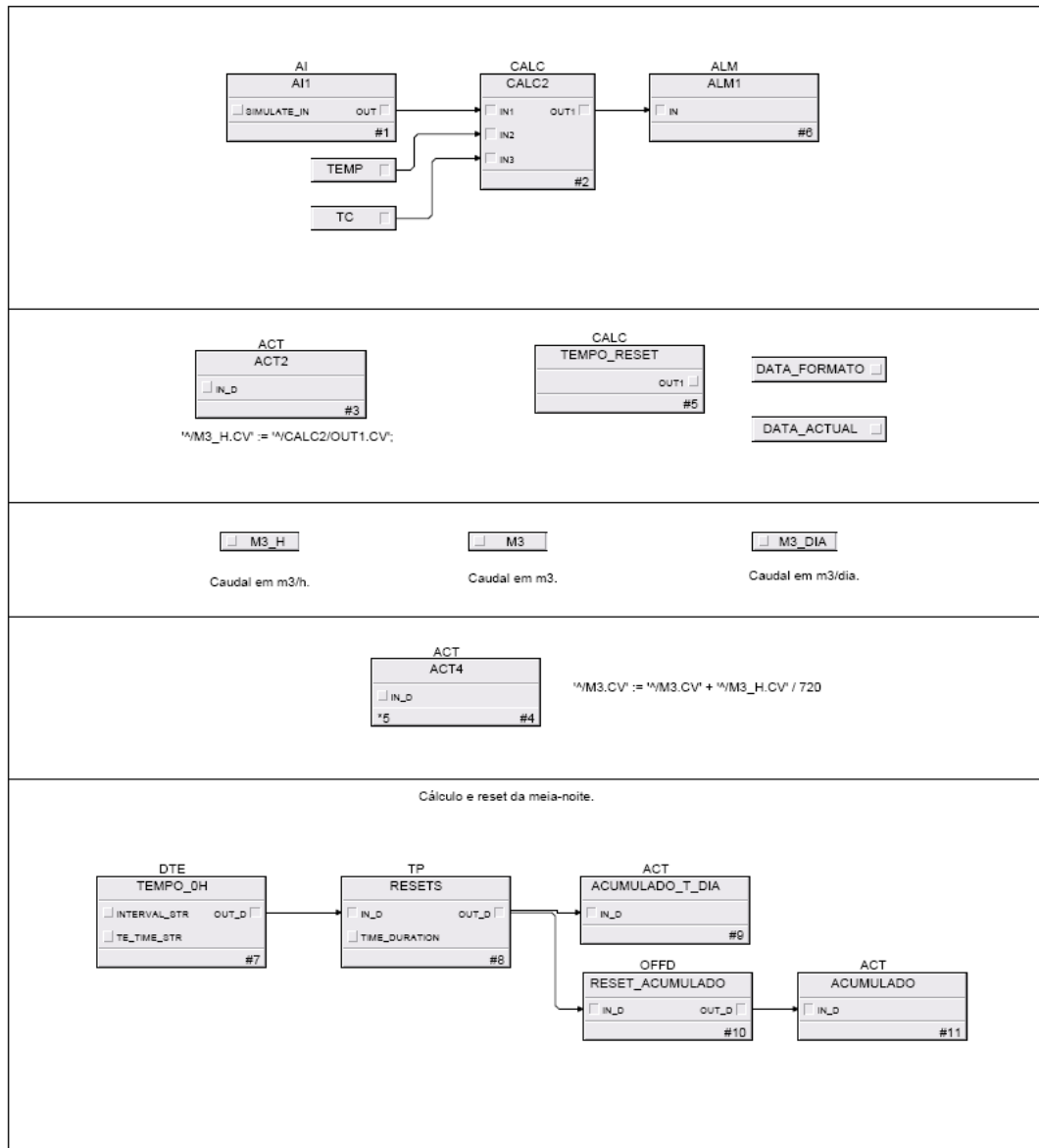


Figura 4.7 - Módulo de totalização de volume de água (CALC\_H2O\_TOT)

A tabela 4.4 do anexo 4 apresenta os parâmetros associados ao módulo da figura 4.7 que é necessário configurar. Estes são iguais aos do módulo anterior, à excepção dos parâmetros *PE\_OPER*, *PE\_RTDB*, *PEC*, *PC*, *PRESSAO*, *DENS\_MAX* e *DENS\_MIN* que neste caso não existem.

Este módulo é implementado no sistema *RS3* por um bloco de entrada (*AIB* ou *SIB*) e um bloco de controlo (*MATH*, *DISC*, *TOT* ou *MAN*).

#### 4.1.5.5 - Totalizador em massa com correcção de caudal para líquidos - *CALC\_LIQ\_CORR* e *CALC\_HC\_LIQ\_CORR*

Este módulo faz uma correcção de caudal seguindo-se uma totalização em massa, tal como no caso anteriormente apresentado dos módulos *CALC\_GAS\_CORR*. A diferença entre os módulos *CALC\_GAS\_CORR* e estes módulos reside no facto de que neste caso o material cujo caudal é medido é um líquido, ao passo que no outro caso era um gás. Como consequência

disso a pressão deixa de ser relevante dada a incompressibilidade dos líquidos, resultando que o bloco *CALC2* possua menos parâmetros de entrada que no caso dos módulos *CALC\_GAS\_CORR*, devido ao desaparecimento da pressão e pressão de cálculo. Neste caso, existe um novo parâmetro de entrada denominado *K* correspondente a um factor utilizado para a correcção do caudal, definido durante a configuração do módulo, que tal como o peso específico de cálculo é proveniente das folhas de cálculo de orifício calibrado criadas pela Petrogal. De resto é em tudo igual aos módulos *CALC\_GAS\_CORR*.

A figura 4.8 apresenta o diagrama de blocos dos módulos *CALC\_LIQ\_CORR* e *CALC\_HC\_LIQ\_CORR*.

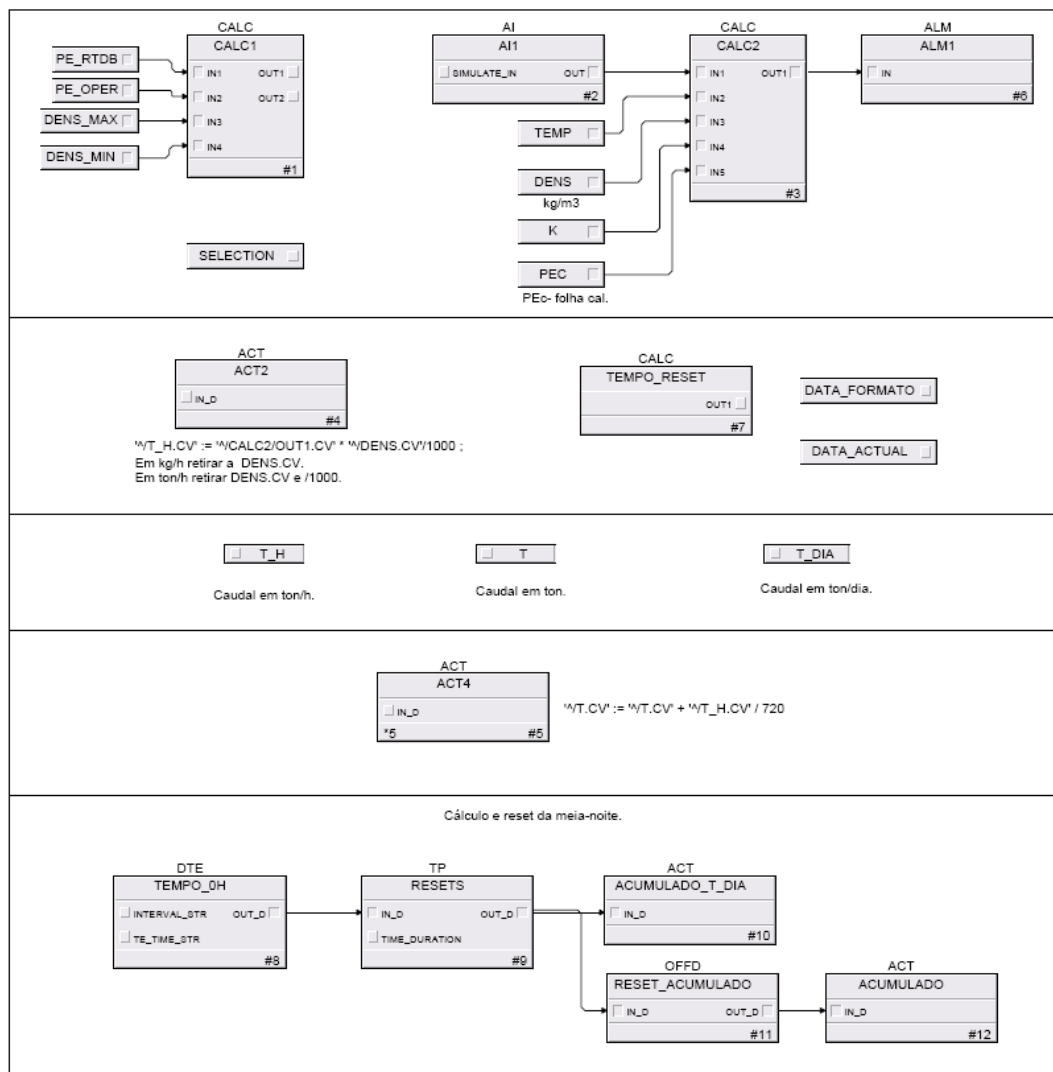


**Figura 4.8** - Módulo de cálculo com factor de correcção de líquidos e conversão de unidades (*CALC\_LIQ\_CORR* e *CALC\_HC\_LIQ\_CORR*)

Relativamente aos parâmetros utilizados para a configuração deste módulo, são os mesmos que foram apresentados para os módulos *CALC\_GAS\_CORR*, à excepção dos parâmetros *PRESSAO* e *PC* que deixaram de existir e o parâmetro *TC* que neste caso é substituído por *K*. À semelhança dos módulos anteriores, também estes são implementados no sistema *RS3* por um bloco de entrada (*AIB* ou *SIB*) e um bloco de controlo (*MAN*, *MATH*, *TOT* ou *DISC*).

Na tabela 4.5 do anexo 4 estão apresentados todos os parâmetros que é necessário configurar para estes módulos.

#### 4.1.5.6 - Totalizador em volume - *CALC\_TOT\_VOLUME*

Este módulo é muito parecido com segundo apresentado, a diferença entre os dois reside nas unidades de totalização, sendo que neste caso a totalização é realizada em volume e no caso anterior era em massa. De resto tudo é igual tal como se pode constatar no diagrama da figura 4.9.

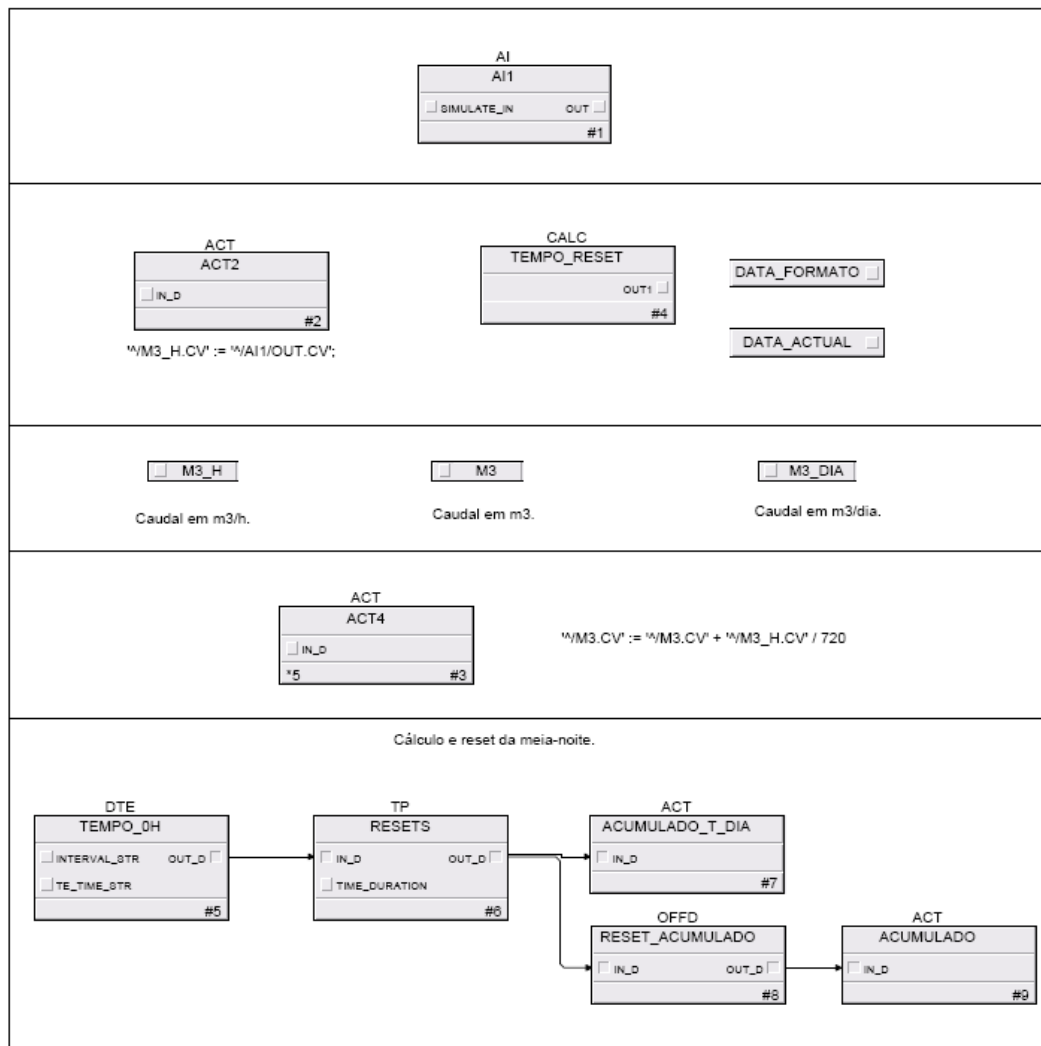


**Figura 4.9** - Módulo de entrada analógica com totalizador em volume (*CALC\_TOT\_VOLUME*)

Relativamente aos parâmetros que são necessários configurar, estes são exactamente iguais aos dos módulos *ANALOG\_INPUT\_TOT*, à excepção da expressão do bloco *ACT2*, que neste caso não é necessário alterar porque quando este bloco é utilizado as unidades da entrada são sempre m<sup>3</sup>/h, não sendo assim necessário alterar a expressão do bloco *ACT2*. A tabela 4.6 do anexo 4 demonstra todos os parâmetros associados a este tipo de módulos.

#### 4.1.5.7 - Totalizador em massa com correcção de caudal para vapor - *CALC\_VAPOR\_TOT*

O módulo apresentado na figura 4.10 é mais uma vez um totalizador, neste caso em massa, com correcção de caudal, sendo o composto vapor. Por este motivo a densidade é conhecida pelo que se torna desnecessária a sua medição, resultando que, tal como para os módulos de correcção de caudal de água com totalização em volume, o bloco *CALC1* desapareça bem como o parâmetro de entrada *PEC* do bloco *CALC2*. Comparativamente aos módulos *CALC\_H2O\_TOT*, este módulo possui mais dois parâmetros de entrada *PRESSAO* e *PC*, correspondentes à pressão e pressão de cálculo respectivamente, dado o facto de o vapor ser um gás, pelo que é compressível, sendo necessário entrar com o valor da pressão para a correcção do caudal.

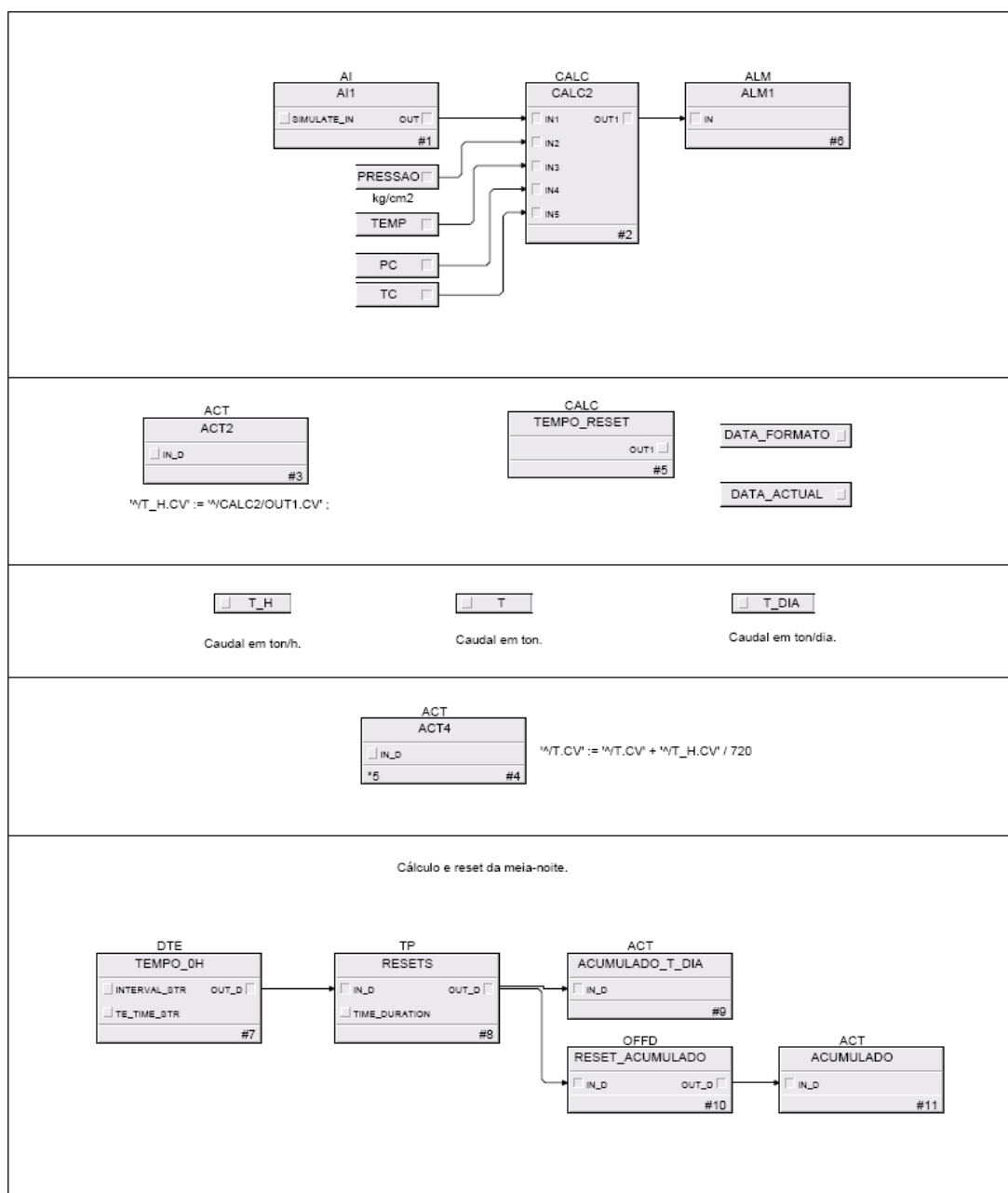


Figura 4.10 - Módulo de cálculo para totalização de vapor em massa (*CALC\_VAPOR\_TOT*)

A tabela 4.7 do anexo 4 apresenta os parâmetros que são necessários definir para estes módulos, sendo estes iguais aos dos módulos *CALC\_H2O\_TOT*, à excepção dos parâmetros de entrada adicionais *PRESSAO* e *PC*.

#### 4.1.5.8 - Malha de controlo *PID* - *PID\_SIMPLES*

Depois de terminados os módulos anteriores, verificou-se que ainda havia tempo para adicionar à aplicação mais funcionalidades, pelo que se optou por converter também módulos que implementam malhas de controlo. Uma vez que o tempo não era muito a escolha recaiu sobre os módulos *PID\_SIMPLES*.

O módulo da figura 4.11, ao contrário dos anteriores, representa uma malha de controlo, neste caso composta por três blocos, um *PID*, um bloco de entrada e outro de saída. O bloco de entrada está ligado à entrada *IN* do bloco *PID*. A função do bloco de entrada é apenas fazer a linearização do sinal de entrada, ficando a geração de alarmes a cargo do bloco *PID*. O bloco *PID* tem inúmeros parâmetros associados mas, neste caso, como é um controlador simples poucos deles são utilizados; assim sendo, utilizam-se: o ganho proporcional, o tempo de integração e derivativo, limites da referência introduzida pelo utilizador, alarmes, entre outros. Relativamente ao bloco de saída, este é responsável por enviar o valor de controlo para a válvula, tendo como parâmetros o tipo de acção (normal ou inversa, ou seja, em funcionamento normal, com a saída do *PID* no máximo a válvula está completamente aberta, em funcionamento inverso, com a saída do *PID* no máximo a válvula está fechada por completo). O módulo tem ainda a funcionalidade de quando o *PID* está em funcionamento manual, a saída é monitorizada, para quando o *PID* passar para o modo automático a saída não sofrer uma variação brusca, dado que o valor da referência é ajustado com base na saída do controlador enquanto este esteve em manual. Isto é conseguido através da ligação da saída *BKCAL\_OUT* do bloco de saída à entrada *BKCAL\_IN* do bloco *PID*. Ao contrário dos módulos anteriores, a estratégia definida por este, é realizada no sistema *RS3* por um bloco de entrada (*AIB* ou *SIB*), um bloco de controlo (*PID*) e um bloco de saída (*AOB*).

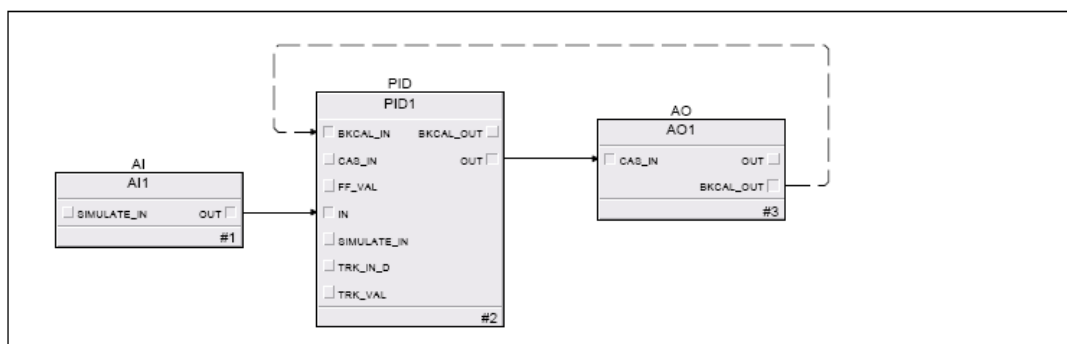


Figura 4.11 - Módulo de controlador *PID* simples (*PID\_SIMPLES*)

Os parâmetros do módulo *PID\_SIMPLES* que são necessários configurar são apresentados na tabela 4.8 do anexo 4.

#### 4.1.6 - Cartas e canais

A configuração automática das cartas e canais permite poupar imenso tempo ao utilizador, porque ao passo que até então é necessário consultar a folha de cálculo existente,

onde estão definidos os canais e cartas a utilizar e com base nisso configurar o hardware no *DeltaV Explorer*, começando por criar o controlador a que as cartas estão associadas, em seguida configurar cada uma das cartas e posteriormente cada um dos canais de cada carta.

É um trabalho relativamente demorado que ao ser automático, o utilizador apenas tem que criar o controlador a que as cartas estão associadas caso este não exista, passando toda a configuração das cartas e canais a ser realizada pela aplicação, sem necessidade de intervenção por parte do utilizador.

No anexo 5 - Cartas e canais, estão representados os tipos de cartas do sistema *DeltaV* utilizadas pela aplicação, os parâmetros que as definem, bem como os parâmetros associados aos respectivos canais.

## 4.2 - Princípio de funcionamento

Para a aplicação portar as estratégias de controlo definidas no sistema *RS3* para o sistema *DeltaV*, é necessário avaliar a lógica associada às malhas de controlo de forma a traduzi-la para os módulos *DeltaV*. Como neste caso apenas vão ser utilizados os módulos anteriormente descritos, os blocos de entrada que integram as malhas de controlo *RS3* são apenas dos tipos: *AIB* e *SIB*. Deste modo a aplicação deve seleccionar todos os blocos de entrada *AIB* e *SIB* e para cada bloco gerar o módulo *DeltaV* que implementa a estratégia de controlo da malha em que o bloco de entrada está inserido.

A selecção do módulo *DeltaV* que implementa a estratégia de controlo definida no sistema *RS3* é um pouco complexa, uma vez que depende da lógica definida nos *Discrete Block Diagram* dos blocos de controlo, que nem sempre é definida da mesma forma e bastante difícil de analisar. Por este motivo, optou-se por ser o utilizador a fazer esta selecção.

Uma vez definida a forma como se processa a selecção dos módulos, resta então saber como é que a informação que os compõe pode ser obtida e como é que estes vão ser gerados no sistema *DeltaV*.

Relativamente à informação que compõe os módulos, esta é obtida de duas formas. Parte dela provém do sistema *RS3*, sendo a restante introduzida pelo utilizador. No anexo 6 estão representados todos os parâmetros utilizados para gerar os módulos e de que forma é que estes são obtidos.

Para recolher a informação do sistema *RS3*, recorreu-se à biblioteca de objectos *COM* da ferramenta *Control Studio*, que permite seleccionar blocos e identificar a informação a eles associada de forma transparente.

Quanto à forma como os módulos são gerados no sistema *DeltaV*, optou-se pela criação, por parte da aplicação, de ficheiros de texto e correspondentes ficheiros formato, para cada tipo de módulo, possíveis de importar pela ferramenta *DeltaV Explorer*.

No que diz respeito às cartas e canais, o procedimento é praticamente o mesmo. A aplicação começa por consultar a folha de cálculo, construída durante a fase de projecto, e gera a informação para cada carta. No caso dos canais não basta a informação da folha de cálculo, é também necessário consultar alguns parâmetros dos blocos de entrada do sistema *RS3*. Depois de recolhida toda a informação, são gerados dois ficheiros de texto e respectivos ficheiros de formato, um para as cartas e outro para os canais, posteriormente importados pelo *DeltaV Explorer*.

A figura 4.12 ilustra o princípio de funcionamento da aplicação.

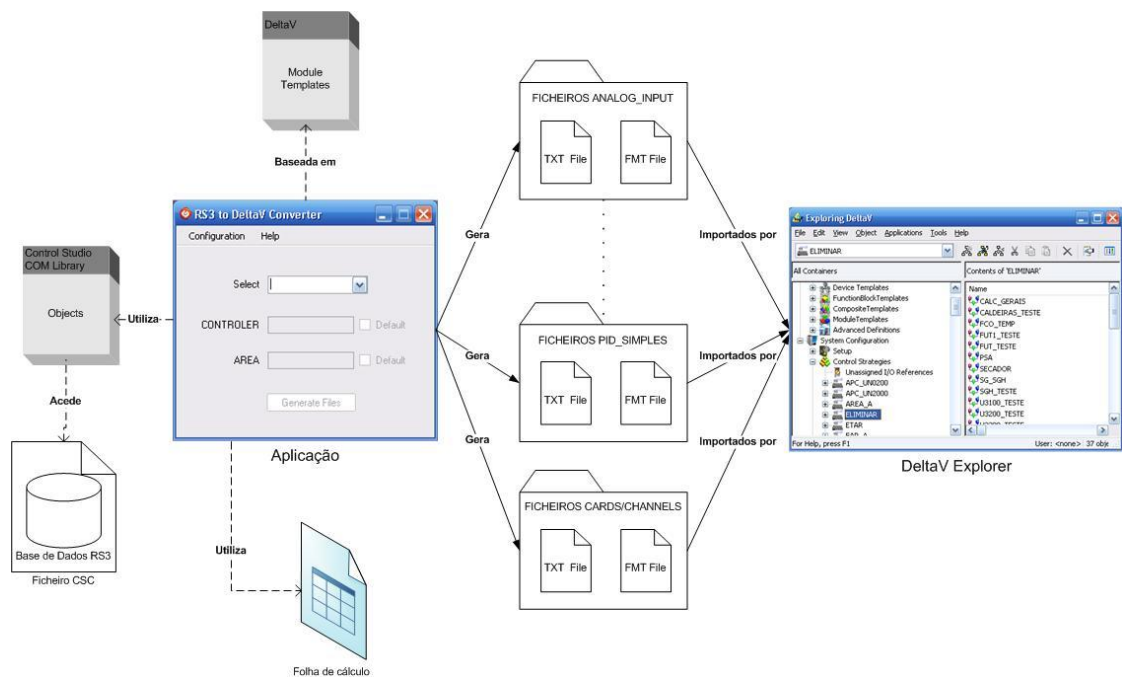


**Figura 4.12 - Princípio de funcionamento da aplicação**

Com base no que foi dito até então, chegou-se ao diagrama de classes das figuras 4.13 e 4.14, onde estão representados todos os elementos que compõem a aplicação e outros de que esta depende. O diagrama teve que ser dividido em dois devido à falta de espaço. Para manter a coerência a classe módulos foi duplicada.

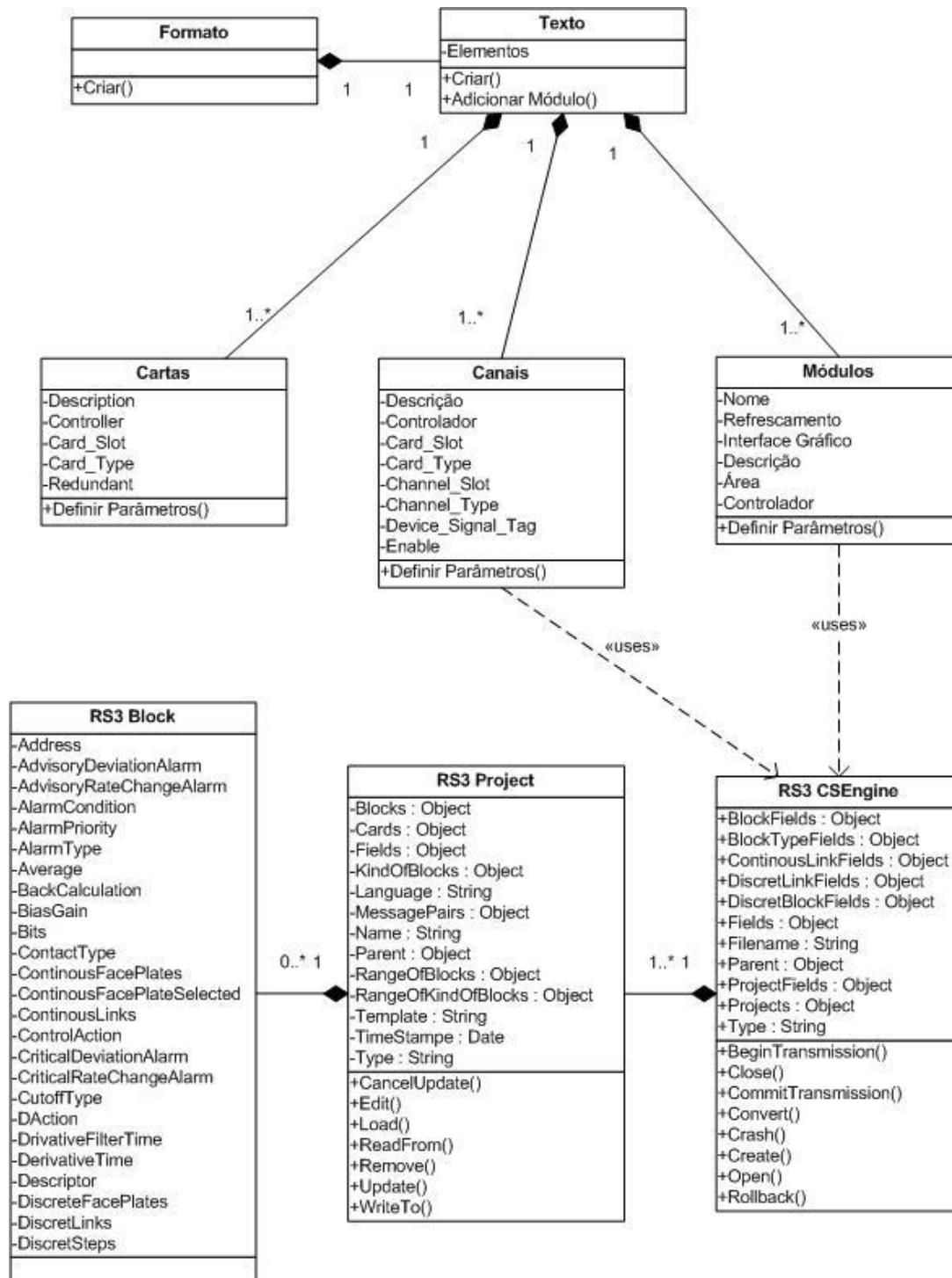


Figura 4. 13 - Diagrama de classes da aplicação

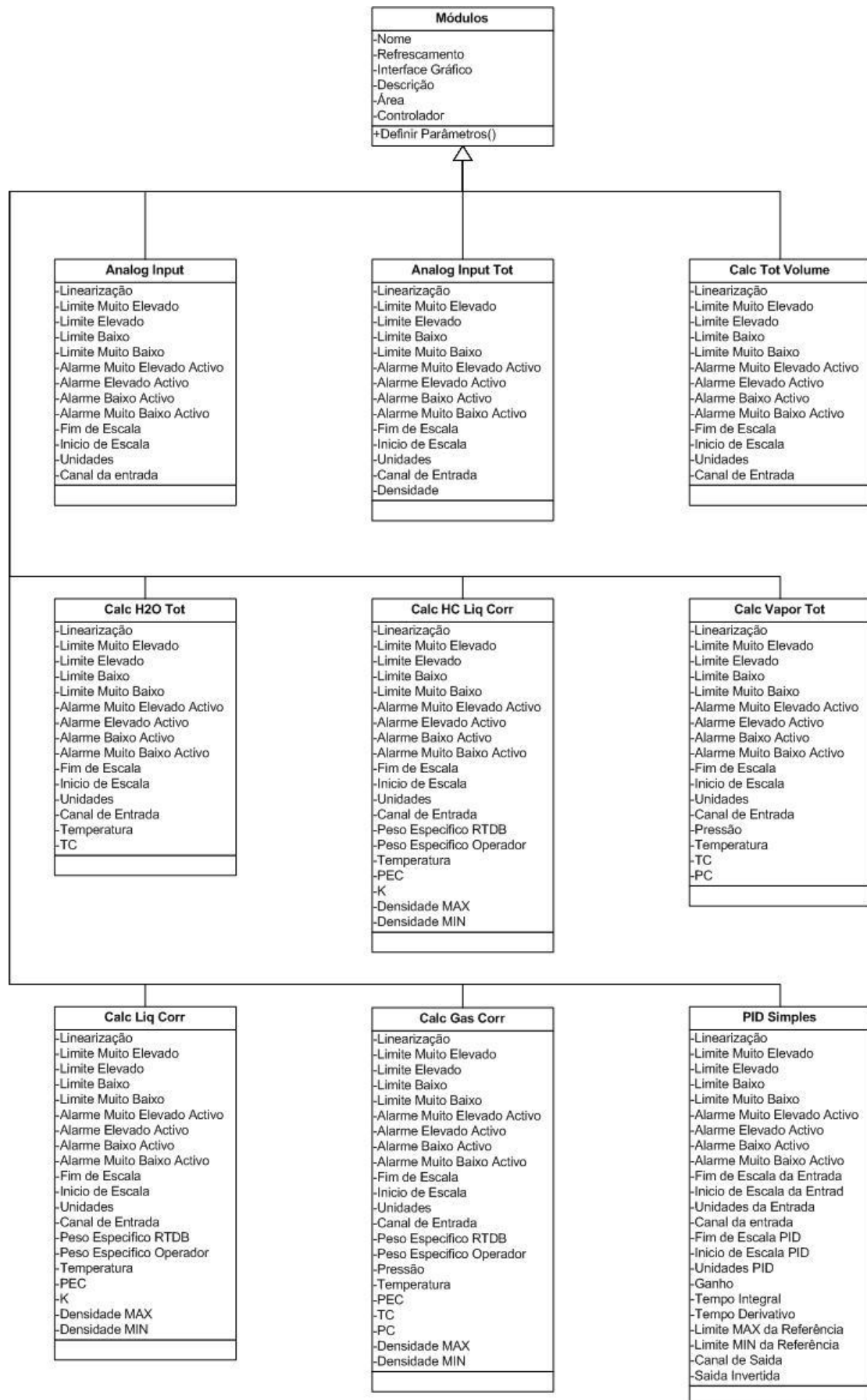


Figura 4.14 - Diagrama de classes da aplicação (continuação)

Tal como podemos ver no diagrama da figura 4.13, existem vários ficheiros de texto, um para cada tipo de módulo, cartas e canais, compostos por um ou mais elementos (módulos, cartas ou canais), tendo associados os respectivos ficheiros formato. Os módulos por sua vez são gerados com base na biblioteca de objectos *COM* da ferramenta *Control Studio*, sendo esta composta por projectos que possuem diversos blocos função.

No diagrama da figura 4.14 podemos ver que existem módulos de vários tipos, sendo estes definidos por múltiplos parâmetros que variam de módulo para módulo.

Com base no que foi dito anteriormente, para converter as estratégias de controlo do sistema *RS3* para o sistema *DeltaV*, a aplicação deve começar por seleccionar os blocos de entrada *AIB* e *SIB*. Dependendo do tipo de bloco de entrada, alguns parâmetros associados aos módulos *DeltaV* são diferentes, pelo que se optou por converter as malhas com blocos *AIB* independentemente das malhas com blocos *SIB*. Deste modo, atribuiu-se ao utilizador a responsabilidade de informar a aplicação de qual o tipo de blocos de entrada, que compõem as malhas de controlo, que pretende converter.

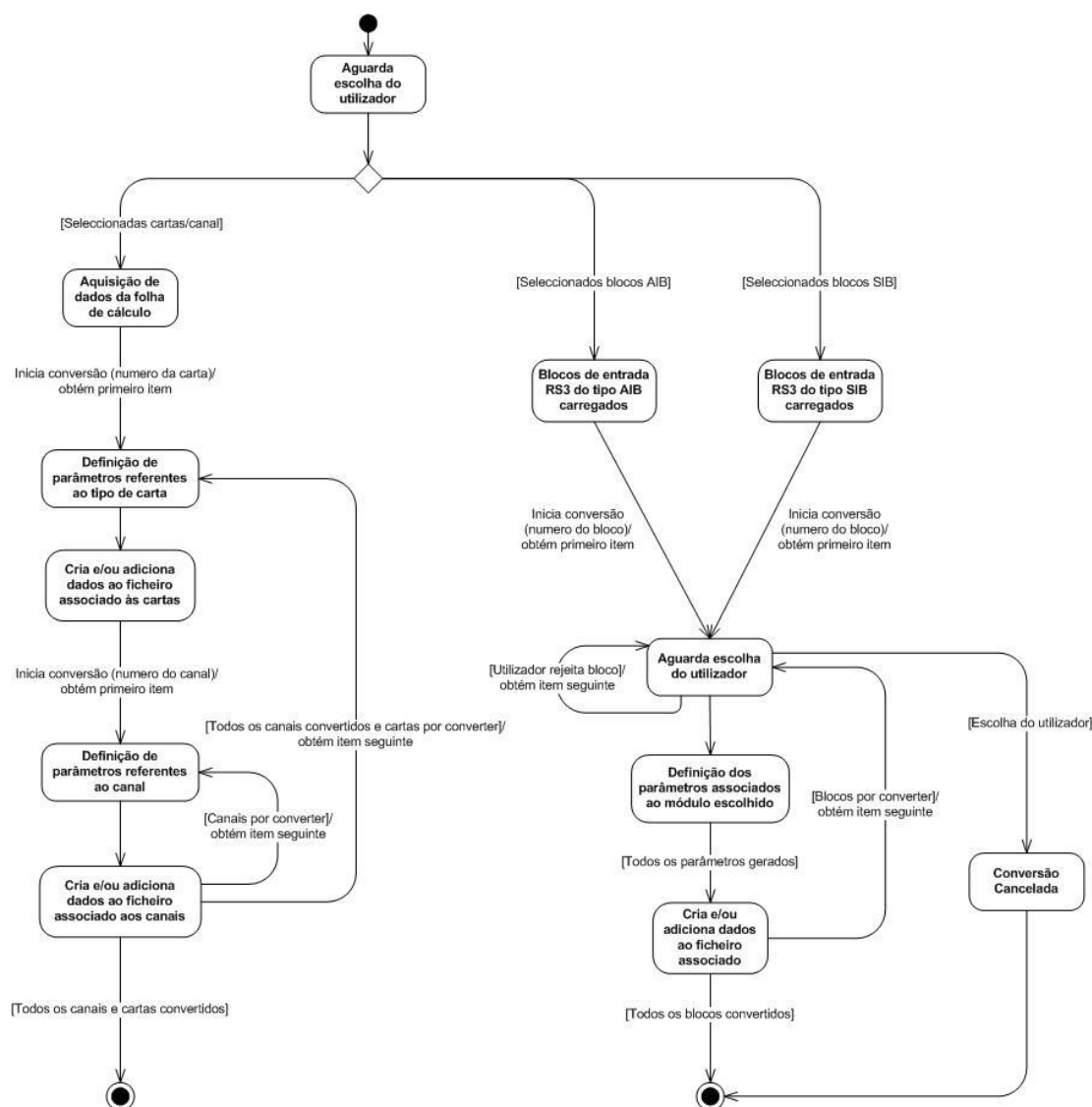


Figura 4.15 - Máquina de estados da aplicação

Da análise da máquina de estados da figura 4.15, que modela o funcionamento da aplicação, pode-se verificar que esta se inicia interrogando o utilizador sobre o que pretende fazer, podendo este optar por converter malhas de controlo com blocos de entrada *AIB* ou *SIB* ou ainda configurar cartas e canais.

No caso de, por exemplo, se optar por fazer a conversão de malhas de controlo com blocos de entrada *AIB*, a aplicação selecciona todos os blocos de entrada do tipo *AIB* existentes na base de dados do sistema *RS3* e para cada um deles interroga o utilizador sobre qual o tipo de módulo que implementa a estratégia de controlo definida pela malha em que o bloco de entrada está inserido, entre outra informação relevante para a configuração do módulo. Uma vez definido o tipo de módulo, que neste caso podia ser por exemplo um *PID\_SIMPLES*, a aplicação consulta a base de dados do sistema *RS3* para definir os parâmetros associados ao módulo. Para isso verifica quais os elementos que constituem a malha de controlo e retira destes a informação necessária para configurar o módulo.

Em casos como os módulos *CALC\_GAS\_CORR*, a informação retirada da malha de controlo definida no sistema *RS3* não é suficiente, sendo necessário pedir ao utilizador que introduza alguns dados. Uma vez definida toda a informação associada ao módulo, a aplicação adiciona os dados ao ficheiro de texto correspondente, neste caso o ficheiro *PID\_SIMPLES.txt*, para que este possa ser posteriormente importado pela ferramenta *DeltaV Explorer*.

No final a aplicação verifica se ainda existem blocos de entrada do tipo escolhido por converter. Caso existam, a aplicação executa o mesmo procedimento até que estes terminem.

No caso da configuração de cartas e canais, o funcionamento é semelhante. A aplicação começa por identificar, na folha de cálculo criada durante o projecto de migração, as cartas e equipamentos ligados aos canais. Com base nesta informação configura as cartas, adicionando a informação relativa a estas ao ficheiro de texto correspondente. Para cada carta é ainda necessário configurar os canais. A informação associada aos canais, como por exemplo o tempo do filtro de entrada, deriva dos respectivos blocos de entrada do sistema *RS3*. Uma vez configurados todos os canais, a aplicação passa para a carta seguinte, executando todo o procedimento anterior até que estas terminem.

Os parâmetros configurados pela aplicação e respectiva origem estão apresentados na tabela 4.12 do anexo 6.



# Capítulo 5

## Implementação e testes

Depois de definida a arquitectura da aplicação resta a sua implementação e teste. Neste capítulo é apresentada a forma como a aplicação foi desenvolvida, o seu funcionamento e os testes realizados.

### 5.1 - Implementação

Para implementar a solução apresentada no capítulo anterior, utilizou-se o software de desenvolvimento *Visual Studio* da *Microsoft*, a ferramenta *Control Studio* da *Emerson Process Management* e a aplicação *DeltaV Explorer* que integra o sistema *DeltaV*, também da *Emerson Process Management*.

O *Visual Studio* foi a ferramenta escolhida para o desenvolvimento da aplicação, pelo facto de se pretender utilizar a linguagem de programação *Visual Basic*. A opção pelo *Visual Basic* foi motivada pelo facto do pessoal técnico da Petrogal estar mais familiarizado com esta linguagem e preferirem que a aplicação fosse desenvolvida nela para facilitar futuros melhoramentos ou ajustes.

O *Control Studio* é a ferramenta desenvolvida pela *Emerson* para editar a base de dados do sistema *RS3* off-line num computador pessoal, permitindo a exportação dos blocos função (*function blocks*) para ficheiros de base de dados. Para além disso, o *Control Studio* possui uma biblioteca de objectos *COM* que permite aceder directamente à base de dados e consultar, editar ou até criar blocos função do sistema *RS3*, tendo sido esta última a opção escolhida para interagir com a aplicação a desenvolver, tal como foi dito no capítulo anterior.

Relativamente ao *DeltaV Explorer*, este permite importar vários tipos de ficheiros. Os ficheiros de importação e exportação do sistema *DeltaV* são os ficheiros do tipo *FHX*, embora permita também utilizar ficheiros de texto (*.TXT*), sendo para isso necessário criar primeiro os chamados ficheiros formato (*.FMT*).

### 5.1.1 - Desenvolvimento da aplicação

O primeiro passo no desenvolvimento da aplicação foi criar no sistema *DeltaV* os ficheiros de formato associados a cada um dos módulos que se pretendiam importar. Uma vez criados os ficheiros formato, foi feita a exportação para ficheiros de texto de um módulo de cada tipo, permitindo assim definir o formato de dados a utilizar. No segundo passo, para uma familiarização com a biblioteca de objectos *COM* do *Control Studio*, acedeu-se aos parâmetros de alguns blocos do sistema *RS3*. Depois de conhecido o formato dos ficheiros de texto e de conseguir aceder aos dados do sistema *RS3* utilizando a biblioteca *COM*, o passo seguinte foi criar ficheiros de texto com dados provenientes do sistema *RS3*.

Adquirido o conhecimento necessário relativamente ao acesso aos dados do sistema *RS3*, criação de ficheiros de texto e respectiva formatação, passou-se ao desenvolvimento da aplicação propriamente dita.

A figura 5.2 ilustra a janela inicial da aplicação, esta janela tem como função permitir ao utilizador configurar alguns parâmetros necessários ao funcionamento da aplicação, sendo estes: o ficheiro correspondente ao projecto do *Control Studio* que se pretende importar, o livro de folhas de cálculo que especifica as cartas e canais, e a localização e nome do directório onde os ficheiros vão ser gerados.

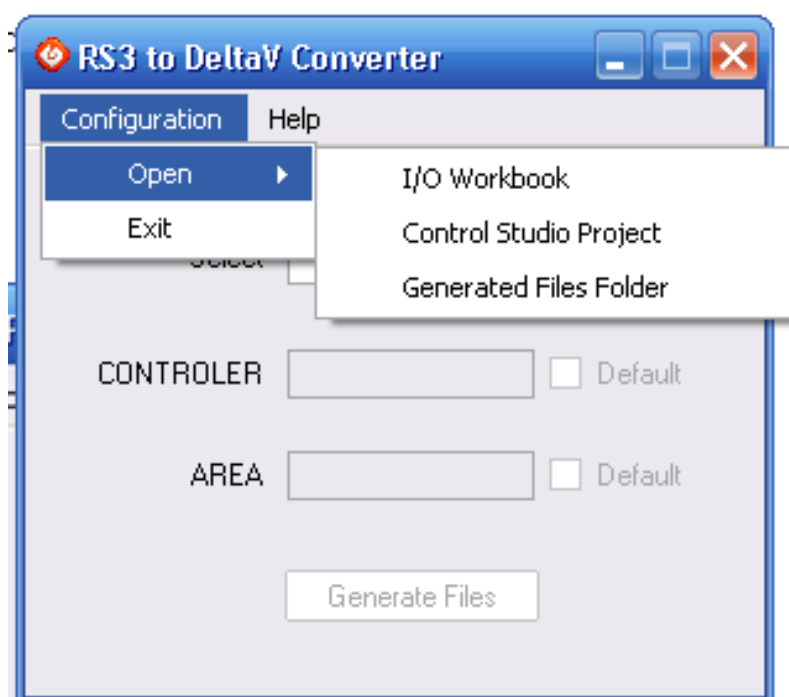


Figura 5.1 - Janela inicial (configuração de parâmetros necessários)

Esta janela implementa a escolha inicial do utilizador sobre o tipo de acção que este pretende realizar, tal como se pode ver na figura 5.3, se é uma conversão de blocos de entrada do sistema *RS3* ou se por outro lado pretende configurar cartas e canais.

No caso de a escolha cair sobre a configuração das cartas e canais, o utilizador tem ainda que indicar qual é o controlador a que as cartas pertencem. Uma vez definido o controlador, a aplicação consulta a folha de cálculo que especifica as cartas e canais e com base nessa informação e na informação retirada dos blocos de entrada do sistema *RS3* correspondentes

aos transmissores alocados a cada um dos canais, gera os respectivos ficheiros de texto e ficheiros formato.

Caso ocorra algum erro durante a configuração, no acesso à folha de cálculo ou no acesso à base de dados do sistema RS3, a aplicação informa o utilizador com uma mensagem que descreve o erro e dependendo do erro a aplicação prossegue com a configuração ou para e retorna à janela inicial.



Figura 5.2 - Janela inicial (escolha da tarefa a realizar e alguns parâmetros associados)

No caso de o utilizador optar por converter blocos do sistema *RS3* para módulos do sistema *DeltaV*, então este deve indicar não só qual o controlador mas também qual a área processual a que o módulo vai pertencer.

Neste caso, a aplicação dispõe ainda da possibilidade de permitir ao utilizador definir os campos associados ao controlador e à área processual com valores predefinidos.

Depois de definidos os campos relativos ao controlador e à área, a aplicação carrega todos os blocos de entrada do sistema *RS3* do tipo escolhido e para cada um deles apresenta uma nova janela, ilustrada na figura 5.4, para recolher um conjunto de parâmetros que possibilitam gerar os respectivos ficheiros de texto

A nova janela é como que uma subrotina da janela inicial que tem como função a configuração de um conjunto de parâmetros tais como: o tipo de módulo que pretende criar, a sua taxa de refrescamento, o interface gráfico a que o módulo vai pertencer e as unidades da entrada porque no sistema *RS3* estas eram definidas pelo utilizador, ao passo que no sistema *DeltaV* são escolhidas de a partir de uma lista e caso as unidades definidas no ficheiro de texto não estejam segundo essa lista, a importação no sistema *DeltaV* não é bem sucedida.

Para facilitar a escolha das unidades ao utilizador, a aplicação verifica se as unidades definidas no sistema *RS3* existem na lista, caso existam, selecciona-as e apresenta-as ao

utilizador, caso contrário escolhe a primeira entrada da lista que começa pela mesma letra das unidades definidas no RS3 e apresenta-a ao utilizador.

Para além da configuração dos parâmetros anteriormente referidos, esta janela tem ainda como função identificar os blocos de controlo que estão ligados ao bloco de entrada do sistema RS3 que se pretende converter, de modo a possibilitar ao utilizador seleccionar em qual deles estão definidos os alarmes da variável de entrada.

Nesta janela é ainda possível escolher o que se pretende fazer em relação ao módulo, tendo o utilizador quatro opções: criar o módulo com os parâmetros definidos e passar ao seguinte, descartar o presente bloco de entrada na criação dos módulos, voltar ao bloco de entrada anteriormente apresentado ou sair do processo de conversão, regressando à janela inicial.

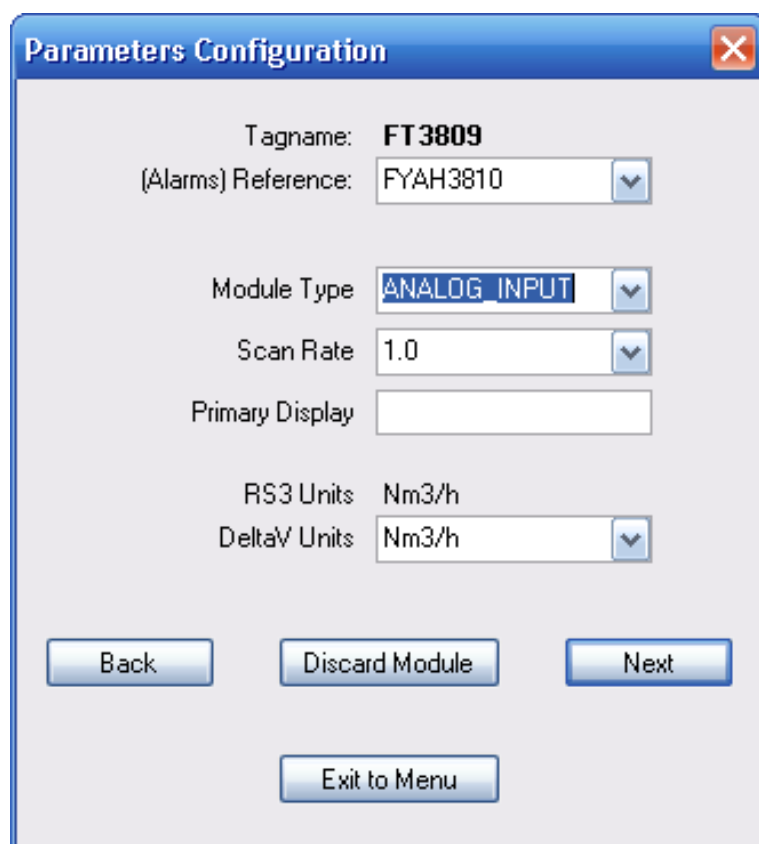
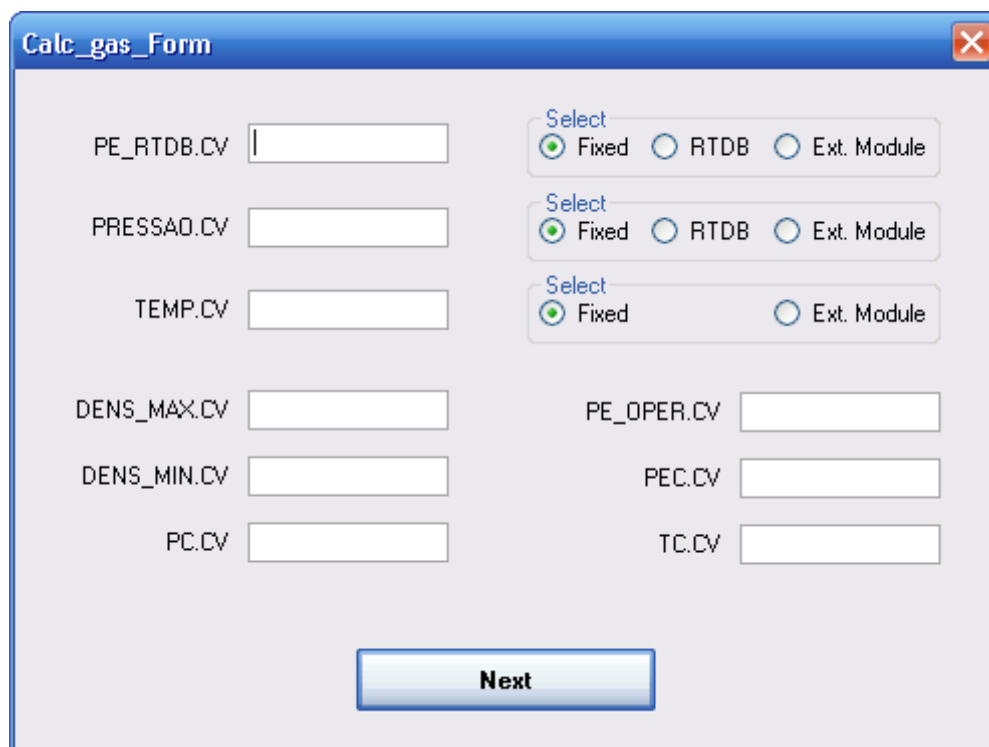


**Figura 5.3** - Janela de escolha do tipo de módulo *DeltaV* que se pretende gerar e definição dos parâmetros gerais associados a todos os módulos.

Dependendo do tipo de módulo escolhido pelo utilizador, pode ser necessário, para além dos parâmetros definidos na janela da figura 5.4, introduzir mais dados para a configuração do módulo pretendido. Para isso a aplicação, para cada tipo de módulo, abre uma janela específica, que tal como no caso anterior é uma subrotina da janela da figura 5.4, que permite configurar os parâmetros em falta. Na figura 5.5 está ilustrada a janela apresentada pela aplicação para a configuração dos módulos CALC\_GAS\_CORR.



The image shows a software window titled "Calc\_gas\_Form". It contains several input fields and selection options. On the left, there are input fields for "PE\_RTDB.CV", "PRESSAO.CV", "TEMP.CV", "DENS\_MAX.CV", "DENS\_MIN.CV", and "PC.CV". On the right, there are input fields for "PE\_OPER.CV", "PEC.CV", and "TC.CV". Above the right-side input fields are three "Select" groups, each with radio buttons for "Fixed", "RTDB", and "Ext. Module". In all three "Select" groups, the "Fixed" radio button is selected. At the bottom center of the window is a button labeled "Next".

**Figura 5.4** - Janela de definição de parâmetros associados aos módulos CALC\_GAS\_CORR introduzidos pelo utilizador.

Tal como se pode ver na figura 5.5, existem parâmetros de vários tipos, nestes casos foi necessário criar no sistema DeltaV diversos módulos tipo, cada um para cada combinação de tipos de dados, caso contrário não seria possível realizar a importação dos módulos para o sistema DeltaV.

A operação de alterar a expressão do bloco ACT2 é necessária noutros módulos, como por exemplo os CALC\_GAS\_CORR, mas neste caso não é utilizada a janela da figura 5.5 para solicitar ao utilizador o valor da densidade, uma vez que esta é definida intrinsecamente pelo módulo com base noutros parâmetros. Deste modo, para definir a informação adicional necessária à configuração dos módulos CALC\_GAS\_CORR, a aplicação utiliza a janela da figura 5.6 para que o utilizador a possa fornecer. Tal como se pode verificar, o utilizador define a origem dos parâmetros PE\_RTDB, PRESSAO e TEMP bem como o seu valor ou referência. Para além disso o utilizador introduz ainda os valores dos parâmetros: DENS\_MAX, DENS\_MIN, PC, PE\_OPER, PEC e TC.

Em relação aos restantes parâmetros associados a cada um dos módulos, estes são configurados automaticamente pela aplicação, com base na informação retirada dos blocos do sistema Rosemount System 3.

Para definir os alarmes a aplicação tem que identificar o bloco de controlo a que está ligado o bloco de entrada, tal como foi dito anteriormente, sendo configurados como activos ou inactivos caso estejam definidos ou não nos blocos de controlo do sistema RS3.

Os valores de início e fim de escala, assim como as unidades da entrada, são determinados com base na informação correspondente nos blocos de entrada do RS3, depois

de definidos estes valores são configurados os mesmos parâmetros relativos ao transmissor dependendo do tipo de bloco de entrada.

No caso dos *PID*, os valores de início e fim de escala do valor processual são definidos como sendo iguais aos da entrada, já os valores do ganho, tempo integral, tempo derivativo e tipo de acção são lidos do bloco de controlo no sistema *RS3*. Neste caso dos *PID* é ainda necessário que a aplicação verifique qual é o bloco de saída que lhe está associado, para assim determinar o tipo de válvula e qual o canal de saída correspondente. Para isso a aplicação verifica em todos os blocos de saída qual deles é que está ligado ao bloco *PID* em causa. Há ainda parâmetros como o nome do módulo e respectiva descrição que têm de ser gerados pela aplicação.

Relativamente ao nome dos módulos, este depende do tipo de módulo; se implementar uma malha de controlo o nome deve ser: primeira letra - tipo de variável medida, segunda letra - função de informação (I) e terceira letra - função activa (C), tal como foi referido na especificação, no caso dos restantes módulos implementados, o identificador de ser gerado da seguinte forma: primeira letra - tipo de variável medida e segunda letra - função de informação (I) (p.ex. caudal - FI3801, temperatura - TI3211), em relação à descrição, esta é lida do sistema *RS3*.

Uma vez definidos todos os parâmetros de um módulo, a aplicação adiciona-os ao ficheiro de texto correspondente, organizados segundo o ficheiro de formato. No caso do módulo a converter ser o primeiro do seu tipo, a aplicação cria um subdirectório com o nome do tipo de módulo no directório definido inicialmente, que por defeito está localizado no ambiente de trabalho. Neste subdirectório, gera um ficheiro de texto novo e respectivo cabeçalho de acordo com o ficheiro formato, sendo também este criado caso não exista. Ambos os ficheiros são gerados com o nome do tipo de módulo.

Relativamente à criação das cartas e canais, foi desenvolvido um livro de folhas de cálculo modelo, ligeiramente diferente da folha utilizada até então, permitindo aceder aos dados associados a cada carta de uma forma mais simplificada.

A figura 5.10 ilustra o modelo do livro de folhas de cálculo proposto e utilizado pela aplicação.

|    | A           | B | C           | D      | E       | F       | G       | H       | I       | J       | K       | L       | M        | N       |
|----|-------------|---|-------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|
| 1  |             |   | Card Number |        |         |         |         |         |         |         |         |         |          |         |
| 2  |             |   | 1           | 2      | 3       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      | 12      | 13       | 14      |
| 3  | CHANEL      | 1 | TT3775      | TT3784 | LT3778  | PT37174 | TT37506 | TT37514 | TT37522 | TT37530 | FT3830  | TT37538 | FT37501  | FT3809  |
| 4  |             | 2 | TT3776      | TT3786 | TT37133 | TT3751  | TT37507 | TT37515 | TT37523 | TT37531 | PT3830  | TT37539 | PT37502  | FT3811  |
| 5  |             | 3 | TT3777      | TT3787 | FT3730  | TT37116 | TT37508 | TT37516 | TT37524 | TT37532 | LT3851  | TT37540 | PDT37503 | FT3820  |
| 6  |             | 4 | TT3778      | TT3789 | FT3731  | TT37501 | TT37509 | TT37517 | TT37525 | TT37533 | LT3852  | TT37541 | PT37505  | PDT3804 |
| 7  |             | 5 | TT3779      | TT3790 | FT3732  | TT37502 | TT37510 | TT37518 | TT37526 | TT37534 | TT3851  | TT37542 | FT3801A  | PDT3805 |
| 8  |             | 6 | TT3781      | TT3791 | FT3734  | TT37503 | TT37511 | TT37519 | TT37527 | TT37535 | TT3852  | TT37543 | TT3801   | PT3811  |
| 9  |             | 7 | TT3782      | FT3704 | FT3740  | TT37504 | TT37512 | TT37520 | TT37528 | TT3830  | TT37536 | TT37544 | FT3808   | PT3814  |
| 10 |             | 8 | TT3783      | LT3749 | PT37147 | TT37505 | TT37513 | TT37521 | TT37529 | TT3832  | TT37537 | TT37545 | FT3806   | FT3801B |
| 11 | REDUNDÂNCIA |   |             |        |         |         |         |         |         |         |         |         |          |         |

Figura 5.5 - Livro modelo (folha de cálculo para cartas de entradas analógicas)

Para definir os parâmetros associados às cartas foram criadas várias folhas de cálculo, cada uma delas para um tipo de carta. Na figura 5.10 está representado um excerto da folha de cálculo correspondente às cartas de entradas analógicas.

Como podemos ver na figura são definidos: a ranhura do bastidor em que a carta está introduzida (*Card Number*), os identificadores dos equipamentos associados a cada canal da carta e se a carta é redundante ou não.

Os identificadores dos equipamentos são tratados pela aplicação, de modo a gerar os identificadores dos sinais de entrada, introduzindo um traço inferior (*underscore*) entre a identificação funcional e a identificação da malha do equipamento.

No caso de uma carta ser redundante, esta terá que estar inserida numa ranhura ímpar e os identificadores associados aos canais devem ser iguais ao da carta que a precede. Para determinar se a carta é redundante deve ser colocado no campo correspondente a letra “T” (*true*) caso contrário o campo deve estar vazio.

Para os restantes tipos de cartas, as folhas de cálculo são semelhantes, variando apenas o número de canais no caso das cartas discretas.

Depois de todos os parâmetros serem definidos, tal como para os módulos, a aplicação adiciona ao ficheiro das cartas e ao ficheiro dos canais a informação reunida. Caso seja necessário cria a subpasta, o ficheiro de texto e o ficheiro de formato da forma enunciada anteriormente.

## 5.2 - Testes

Os testes realizados durante este trabalho podem ser divididos em três tipos: testes preliminares, testes à aplicação e testes de validação.

### 5.2.1 - Testes preliminares

Os testes preliminares consistiram em verificar como é que a importação de ficheiros se processa no sistema *DeltaV*. Para isso exportaram-se alguns módulos do tipo *ANALOG\_INPUT* para ficheiro de texto, tendo sido necessário criar o respectivo ficheiro de formato, definindo quais os parâmetros que se pretendem exportar ou importar.

Depois de criado o ficheiro de texto, este foi editado numa folha de cálculo, tendo-lhe sido adicionados alguns módulos que eram cópias do módulo exportado à excepção do nome.

Verificou-se que os módulos adicionados eram devidamente criados, bem como as alterações aos módulos existentes, o que levanta uma série de cuidados a ter, visto que o *DeltaV* ao fazer a importação, caso sejam módulos já existentes, actualiza os parâmetros sem avisar o utilizador.

Após este teste inicial foram exportados um módulo de cada tipo que se pretendia gerar e posteriormente comparados os ficheiros de cada tipo de módulo, a fim de reconhecer quais os parâmetros que deveriam ser inicializados com valores predefinidos, quais os parâmetros comuns a todos os tipos de módulos e quais os que é necessário editar. Esta comparação de ficheiros foi realizada recorrendo a uma folha de cálculo que continha dois ficheiros, cujos campos eram comparados um a um.

Inicialmente, para verificar se o processo de importação era possível, apenas se realizaram estes testes para módulos do tipo *ANALOG\_INPUT*. Posteriormente, ao tentar importar módulos de outros tipos, a importação não foi bem sucedida. Isto verificou-se pelo facto do parâmetro que define o tipo de módulo não ser declarado, uma vez que o *DeltaV*

*Explorer* ao exportar um módulo omite esta informação. Foi graças à uma formação leccionada pela *Emerson* que a causa do problema foi detectada, permitindo prosseguir com o trabalho.

### 5.2.2 - Testes da aplicação

Os testes à aplicação correspondem aos testes realizados durante o desenvolvimento desta para assegurar o seu correcto funcionamento, sendo testados encravamentos, leitura e escrita de ficheiros, recuperação de situações de erro, sendo estas simuladas, entre outras funcionalidades.

### 5.2.3 - Testes de validação

Quanto aos testes de validação estes consistiram em comparar os ficheiros gerados pela aplicação para cada tipo de módulo e os respectivos ficheiros inicialmente exportados no *DeltaV*.

Esta comparação foi realizada recorrendo a uma folha de cálculo onde eram colocados os dois ficheiros de texto e avaliados cada um dos campos destes, quer do cabeçalho quer dos respectivos módulos adicionados. Desta forma foi possível detectar algumas incompatibilidades como é o caso dos números decimais menores que zero que no sistema *DeltaV* têm um zero a preceder a vírgula e no sistema *RS3* iniciam-se com um ponto (p. ex. *DeltaV* - 0.75, *RS3* - .75).

Uma vez verificada a coerência dos ficheiros gerados pela aplicação, foi feita a importação destes para o *DeltaV*, a fim de verificar se esta se realiza normalmente e sem erros. Depois de importados os ficheiros de texto, verificou-se no sistema *DeltaV* se estes eram gerados com os parâmetros pretendidos e de acordo com o que era esperado.

Na figura 5.11 podemos ver o resultado da importação de um conjunto de módulos *ANALOG\_INPUT* depois de concluída a aplicação.

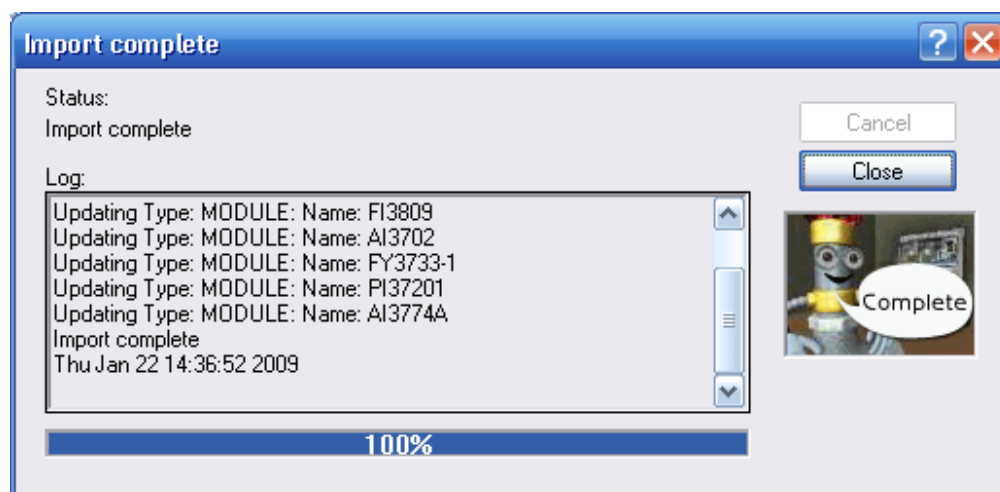


Figura 5.6 - Registo do processo de importação de ficheiros de texto no *DeltaV Explorer*

Depois de resolvidos alguns pormenores na criação dos ficheiros de texto, como por exemplo a definição de valores decimais não se poder iniciar com ponto mas sim com zero ao

contrário do sistema *RS3*, verificou-se que a aplicação gera ficheiros que permitem importar todos os módulos definidos anteriormente, bem como as cartas e canais, comportando-se como era pretendido.



# Capítulo 6

## Conclusões e desenvolvimentos futuros

### 6.1 - Conclusões

A realização deste trabalho foi benéfica para a Petrogal, no sentido que aplicação desenvolvida permitiu reduzir o tempo do processo de migração, em especial na configuração das cartas e canais que, até então, era um processo que levava um a dois dias e agora com esta ferramenta necessita-se apenas de cerca de dois segundos para realizar a configuração.

No caso da migração das estratégias de controlo esta questão é ainda mais significativa, uma unidade que anteriormente demorava cerca de 6 meses a ser migrada, leva agora cerca de uma semana.

Não menos interessante é o facto de com esta aplicação ter sido possível reduzir a complexidade do processo de migração, uma vez que o utilizador não precisa de criar ou editar novos módulos, basta-lhe apenas definir uma série de parâmetros associados ao tipo de módulo que pretende criar e a aplicação encarrega-se de tudo, proporcionando ao utilizador um interface interactivo e fácil de operar.

Em termos pessoais, este trabalho permitiu-me conhecer melhor a linguagem de programação *Visual Basic*, em especial a utilização de interoperabilidade com outras aplicações. Adquiri também algum conhecimento relativamente a sistemas de controlo distribuído e controlo de processos, o que me deu algumas possibilidades de integração no mercado de trabalho, que de outra forma seriam difíceis de conseguir.

### 6.2 - Desenvolvimentos futuros

Neste momento a aplicação desenvolvida realiza apenas a conversão de 23% dos módulos utilizados pela Petrogal. Apesar de não ser necessário converter todos os tipos de módulos, restam ainda muitos que são necessários para implementar grande parte das estratégias de controlo definidas no sistema *RS3*. O passo seguinte seria adicionar à aplicação a capacidade de converter malhas de controlo mais complexas, como por exemplo controladores *PID* em cascata, bem como acções de controlo discretas, de forma a colmatar a maior parte das necessidades da Petrogal, relativamente ao processo de migração.

No caso de se pretender utilizar esta ferramenta noutros locais que não a Petrogal, seria necessário desenvolver os módulos tipo apresentados anteriormente no capítulo 4, que permitiriam a esta aplicação ter uma utilização mais genérica e com um leque de clientes mais alargado, no mercado das indústrias de processos, sendo até uma solução de interesse para a Emerson Process Management.

## Referências

- [1] Dr. Tim Shaw, 1999, "PLC Or DCS: Which Is Better For You?", *EC&M*. Disponível em [http://ecmweb.com/mag/electric\\_plc\\_dcs\\_better/](http://ecmweb.com/mag/electric_plc_dcs_better/). Acesso em Dezembro de 2008.
- [2] Jack Smith, 2007, "PLC versus DCS", *DirectoryM* Disponível em [http://articles.directorym.net/PLC\\_versus\\_DCS-a941877.html](http://articles.directorym.net/PLC_versus_DCS-a941877.html) Acesso em Dezembro de 2008.
- [3] Siemens, 2005, "SISMA TIC PCS7 - The process control system for all sectors". Disponível em <https://mall.automation.siemens.com/PT/guest/data/530/en/53099996K0.PDF>. Acesso em Dezembro de 2008.
- [4] IEC 61131-3:2003, *Programmable controllers - Part 3: Programming languages*.
- [5] IEC 61804-1:2003, *Function blocks (FB) for process control - Part 1: Overview of system aspects*.
- [6] IEC 61804-2:2006, *Function blocks for process control - Part 2: Specification of FB concept*.
- [7] Christian Diedrich, Francesco Russo, Ludwig Winkel, Terry Belvins, "Function Block Applications in Control Systems Based on IEC61804". Disponível em <http://www.easyDeltaV.com/keytechnologies/advanced/pdf/iec61804.pdf>. Acesso em Dezembro de 2008.
- [8] Fisher-Rosemount Systems, 2005, "DeltaV Digital Automation System - System Overview". Disponível em <http://www.easyDeltaV.com/repository/about/dvsystemoverview.pdf>. Acesso em Setembro de 2008.
- [9] Honeywell Process Solutions, <http://hpsweb.honeywell.com/Cultures/en-US/Products/Systems/ExperionPKS/default.htm>. Acesso em Dezembro de 2008.
- [10] Yokogawa Electric Corporation, 2008, "CENTUM VP - The next step in evolution". Disponível em <http://www.yokogawa.com/dcs/pdf/dcs-BU33L01A01-40E.pdf>. Acesso em Dezembro de 2008.
- [11] *RS3 System Overview and Glossary*, U.S.: Fisher-Rosemount Systems, Maio, 1996.
- [12] *DeltaV Books Online*, U.S.: Fisher-Rosemount Systems, 2006.
- [13] *RS3 Control Block Configuration Manual*, U.S.: Fisher-Rosemount Systems, Maio, 1996.
- [14] *RS3 I/O Block Configuration Manual*, U.S.: Fisher-Rosemount Systems, Maio, 1996.
- [15] Mauro Nunes, Henrique O'Neil, *Fundamental de UML*, Lisboa: FCA, Dez. 2004.
- [16] "Visual Basic .NET Programming for Beginners", *Free Computer Tutorials*. Disponível em <http://www.homeandlearn.co.uk/NET/vbNet.html>. Acesso em Outubro de 2008.



# Anexo 1

## Blocos função do sistema RS3

Tabela 3.1 - Blocos de entrada e saída existentes num sistema RS3

| Tipo                                      | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bloco de entrada analógica (A/B)          | Recebe um sinal analógico de um equipamento de campo através de uma carta de interface de campo (FIC) e converte os dados para que possam ser utilizados pelo resto do sistema. Para além disso permite endereçar e condicionar sinais de entrada, gerar alarmes e traçar gráficos de tendência. |
| Bloco de saída analógica (AOB)            | Prepara um sinal analógico para ser enviado para um equipamento de campo. Permite endereçamento e armazenamento dos sinais de saída, bem como escolher o tipo de acção (directa ou inversa, mediante o tipo de válvula).                                                                         |
| Bloco de entrada/saída de impulsos (PIOB) | Este bloco recebe um impulso do campo e gera impulsos de saída com uma duração e frequência específicas, para além disso possibilita fazer endereçamento e condicionamento do sinal de entrada, bem como armazenamento e endereçamento de sinais de saída.                                       |
| Bloco de entrada de temperatura (TIB)     | Recebe uma medição de temperatura proveniente de um termopar ou termístor (RTD) e converte o sinal para que possa ser utilizado pelo resto do sistema.                                                                                                                                           |
| Bloco de entrada/saída redundante (RIOB)  | Realiza uma cópia de segurança da FIC, monitorizando a sua “saúde” e estado da cópia de segurança.                                                                                                                                                                                               |
| Bloco de entrada de contacto (CIB)        | Recebe um sinal discreto através de um opto acoplador e de uma FIC e prepara o sinal para que possa ser utilizado pelo resto do sistema. Permite ainda condicionar e endereçar o sinal de entrada, gerar alarmes, registar eventos e traçar gráficos de tendência.                               |

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bloco de saída de contacto (COB)      | Converte o estado de uma saída discreta para que esta possa ser enviada para o campo. Possibilita fazer armazenamento e endereçamento de sinais de saída discretos, bem como gerar uma saída invertida relativamente à entrada.                                                                                                                         |
| Bloco de entradas multiplexadas (MIB) | Recebe um sinal analógico de um equipamento de campo através de um módulo de terminais (FIM) e prepara os dados para que possam ser utilizados pelo resto do sistema. Realiza endereçamento de sinais de entrada analógicos, condicionamento de sinal, sendo possível a escolha de entradas de temperatura, gera alarmes e traça gráficos de tendência. |
| Bloco de entrada “smart” (SIB)        | Permite receber sinais provenientes de um equipamento de campo inteligente para utilização em outros blocos. Permite modificar a configuração dos parâmetros do transmissor. Este bloco é geralmente utilizado para entradas de equipamentos com comunicação HART.                                                                                      |
| Bloco de entrada de valores (VIB)     | Este bloco recebe sinais digitais de um transmissor inteligente para uso de outros blocos. Permite a medição de mais que uma variável de processo, caso o equipamento assim o permita.                                                                                                                                                                  |
| Bloco de saída HART (HOB)             | Recebe dados dos blocos de controlo e com base neles prepara um conjunto de sinais analógicos e discretos para enviar a um equipamento inteligente. Partilha as características dos blocos AOB e SIB.                                                                                                                                                   |
| Bloco de autómato programável (PLCB)  | Lê ou escreve o conteúdo de um registo de um PLC. Pode também ler ou escrever dados num registo de um PLC.                                                                                                                                                                                                                                              |
| Bloco de entrada discreta (DIB)       | Recebe um sinal digital proveniente de um painel de terminais de entradas discretas e prepara o sinal para que possa ser utilizado pelo resto do sistema. Permite endereçamento e condicionamento de sinais discretos, registo de eventos, gerar alarmes e traçar gráficos de tendência.                                                                |
| Bloco de saída discreta (DOB)         | Prepara um estado discreto específico para ser enviado para o campo. Permite armazenamento e endereçamento de sinais discretos, bem como uma saída invertida em relação à entrada.                                                                                                                                                                      |

Tabela 3.2 - Tipos de blocos de controlo existentes no RS3

|                   | Tipo | Descrição                         |
|-------------------|------|-----------------------------------|
| Funções Contínuas | MAN  | Manual (definido pelo utilizador) |
|                   | P    | Controlo proporcional             |
|                   | I    | Controlo integral                 |
|                   | D    | Controlo derivativo               |

|                   |            |                                                              |
|-------------------|------------|--------------------------------------------------------------|
|                   | PI         | Controlo proporcional e integral                             |
|                   | ID         | Controlo integral e derivativo                               |
|                   | PD         | Controlo proporcional e derivativo                           |
|                   | <i>PID</i> | Controlo proporcional, integral e derivativo                 |
|                   | IB         | Integral com BIAS                                            |
|                   | LL         | Lead/Lag                                                     |
|                   | DT         | Tempo morto                                                  |
|                   | TOT        | Totalizador                                                  |
|                   | TOTSP      | Totalizador com referência                                   |
|                   | RB         | Ratio/Bias                                                   |
|                   | SS         | Selector de sinal                                            |
|                   | VLIM       | Limitador de velocidade                                      |
|                   | POLY       | Polinómio de sétima ordem                                    |
|                   | PLI        | <i>Piecewise Linear Interpolator</i>                         |
|                   | MATH       | Definido pelo utilizador                                     |
|                   | ATPID      | Controlo proporcional, integral e derivativo com auto ajuste |
| Funções Discretas | DISC       | Lógica discreta (definido pelo utilizador)                   |
|                   | DMC        | Controlo de motores                                          |
|                   | DASMC      | Controlo de motores com arranque em sequência                |
|                   | DDSMC      | Controlo de motores de duas velocidades                      |
|                   | DVC        | Controlo de válvulas                                         |
|                   | DASVC      | Controlo de válvulas em sequência                            |
|                   | DMVC       | Controlo de válvulas motorizadas                             |
|                   | RBL        | <i>Rosemount Basic Language Control</i>                      |



## Anexo 2

### Blocos função do sistema *DeltaV*

Tabela 3.3 - Biblioteca de blocos função de um sistema *DeltaV*

| Tipo                        | Nome                                     | Descrição                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Blocos de Entradas e Saídas | <i>Alarm Detection</i>                   | Permite especificar alarmes em parâmetros obtidos de entradas ou provenientes de resultados de outros blocos. Os parâmetros gerados por este bloco podem posteriormente ser utilizados pelo <i>DeltaV Operate</i> para gerar alarmes. |
|                             | <i>Analog Input</i>                      | Acede ao valor medido num canal de entrada/saída.                                                                                                                                                                                     |
|                             | <i>Analog Output</i>                     | Atribui o seu valor de saída a um canal de entrada/saída.                                                                                                                                                                             |
|                             | <i>Discrete Input</i>                    | Acede a um valor discreto, podendo ser configurado para gerar alarmes e inversão do sinal de entrada.                                                                                                                                 |
|                             | <i>Discrete Output</i>                   | Escreve num canal de entrada/saída um valor de referência predefinido pelo utilizador ou definido pela saída de outro módulo, permitindo ainda fazer inversão do sinal.                                                               |
|                             | <i>Fieldbus Multiple Discrete Input</i>  | Combina as oito entradas de uma carta de entradas discretas e disponibiliza-as a outros blocos sob a forma de uma entrada de oito bits.                                                                                               |
|                             | <i>Fieldbus Multiple Discrete Output</i> | Coloca um valor de referência de oito bits nos oito canais de entrada/saída de uma carta de saídas discretas.                                                                                                                         |
|                             | <i>Multiplexed Analog Input</i>          | Permite processar até oito medições de um equipamento <i>Fieldbus</i> .                                                                                                                                                               |
|                             | <i>Pulse Input</i>                       | É utilizado para fazer contagem de impulsos.                                                                                                                                                                                          |

|                              |                                         |                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Blocos de Controlo Analógico | <i>Bias/Gain</i>                        | Gera uma saída cujo valor é a entrada acrescida de um offset e por sua vez multiplicada por um ganho.                                                                                                                           |
|                              | <i>Calculation/Logic</i>                | Permite ao utilizador especificar uma expressão em texto estruturado para determinar as saídas. Estes blocos podem ter até 16 entradas e 16 saídas.                                                                             |
|                              | <i>Control Selector</i>                 | Coloca na saída uma de três entradas associadas a controladores <i>PID</i> . A escolha da entrada seleccionada depende do tipo de selecção que pode ser a do valor mais elevado a do valor menos elevado ou a do valor central. |
|                              | <i>Deadtime</i>                         | Introduzir um atraso no sinal de entrada.                                                                                                                                                                                       |
|                              | <i>Filter</i>                           | Faz a filtragem de sinais ruidosos tornando-os mais constantes.                                                                                                                                                                 |
|                              | <i>Input Selector</i>                   | Coloca na saída uma de quatro entradas mediante um critério de escolha (máximo, mínimo, média).                                                                                                                                 |
|                              | <i>Fieldbus Input Selector Extended</i> | Semelhante ao anterior mas em vez de quatro entradas possui oito.                                                                                                                                                               |
|                              | <i>Lead/Lag</i>                         | Introduz um avanço, um atraso ou ambos.                                                                                                                                                                                         |
|                              | <i>Limit</i>                            | Limita o valor de entrada entre dois valores pré-definidos.                                                                                                                                                                     |
|                              | <i>Manual Loader</i>                    | Permite ao utilizador definir o valor de saída do bloco.                                                                                                                                                                        |
|                              | <i>PID</i>                              | Implementa um controlador <i>PID</i> .                                                                                                                                                                                          |
|                              | <i>Ramp</i>                             | Gera uma rampa crescente ou decrescente. É utilizado p.ex. em arranque suave de motores.                                                                                                                                        |
|                              | <i>Rate Limit</i>                       | Limita a taxa de variação do sinal de saída a um valor pré-definido.                                                                                                                                                            |
|                              | <i>Ratio</i>                            | Coloca na saída o valor da entrada primária multiplicada pela razão pretendida entre as duas entradas.                                                                                                                          |
|                              | <i>Scaler</i>                           | Para efectuar mudanças de escala.                                                                                                                                                                                               |
|                              | <i>Signal Characterizer</i>             | Permite fazer linearizações de sinais sendo necessário definir até vinte pontos da função que se pretende linearizar.                                                                                                           |
|                              | <i>Signal Generator</i>                 | Gera um sinal que simula um processo, utilizando uma combinação específica de uma onda sinusóide com uma onda quadrada, um offset e um valor aleatório.                                                                         |
|                              | <i>Signal Selector</i>                  | Selecciona o máximo, o mínimo ou a média de até dezasseis entradas.                                                                                                                                                             |
|                              | <i>Splitter</i>                         | Através de um sinal de entrada gera dois sinais de saída, com base numa matriz.                                                                                                                                                 |

|                                    |                                                       |                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Blocos Matemáticos                 | <i>Absolute Value</i>                                 | Devolve o valor absoluto da entrada                                                                                                                                 |
|                                    | <i>Add</i>                                            | Gera um valor de saída correspondente à soma de até dezasseis entradas.                                                                                             |
|                                    | <i>Arithmetic</i>                                     | Permite fazer alguns tipos de compensação de fluxos mediante configuração de parâmetros e entradas.                                                                 |
|                                    | <i>Comparator</i>                                     | Gera uma saída booleana baseada na comparação de duas entradas. O critério de comparação é configurável.                                                            |
|                                    | <i>Divide</i>                                         | Faz a divisão de uma entrada pela outra.                                                                                                                            |
|                                    | <i>Integrator</i>                                     | Integra uma entrada ou então a soma ou subtracção de duas.                                                                                                          |
|                                    | <i>Multiply</i>                                       | Multiplca entre duas a dezasseis entradas.                                                                                                                          |
|                                    | <i>Subtract</i>                                       | Subtrai uma entrada à outra.                                                                                                                                        |
| Blocos Temporizadores e Contadores | <i>Counter</i>                                        | A saída fica activa quando a contagem atinge um valor pré-determinado.                                                                                              |
|                                    | <i>Date Time Event</i>                                | Fornece funções de data e hora e permite agendar eventos.                                                                                                           |
|                                    | <i>Off-Delay Timer</i>                                | Atrasa a transição de uma entrada discreta para inactiva por um período de tempo pré-definido.                                                                      |
|                                    | <i>On-Delay Timer</i>                                 | Atrasa a transição de uma entrada discreta para activa por um período de tempo pré-definido.                                                                        |
|                                    | <i>Retentive Timer</i>                                | Coloca a saída activa se a entrada estiver activo por um determinado período de tempo.                                                                              |
|                                    | <i>Timed Pulse</i>                                    | Gera na saída um impulso de duração pré-determinada quando ocorre uma transição de inactiva para activa da entrada.                                                 |
| Blocos de Contagem de Energia      | <i>Flow Metering (AGA_SI)</i>                         | Concebido para o cálculo de caudais de gás natural medidos por sensores de orifício calibrado ou turbinas. Pode ser utilizado para outro tipo de gases ou líquidos. |
|                                    | <i>Flow Metering (AGA_US)</i>                         | Este bloco é igual ao anterior à excepção das unidades utilizadas.                                                                                                  |
|                                    | <i>Isentropic Expansion</i>                           | Calcula a entalpia final de uma expansão isoentrópica de vapor, baseado na pressão e entropia.                                                                      |
|                                    | <i>Saturated Steam Properties - Given Temperature</i> | Calcula a entropia, a entalpia, o volume específico e a pressão de vapor para condições de saturação determinadas pela temperatura.                                 |
|                                    | <i>Saturated Temperature</i>                          | Determina a temperatura do vapor, em condições de saturação, com base numa dada pressão.                                                                            |

|                |                                    |                                                                                                                                                                       |
|----------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                | <i>Steam Density Ratio</i>         | Calcula a raiz quadrada da razão entre a densidade do vapor e a densidade correspondente a um fluxo medido com pressão e temperatura calibradas.                      |
|                | <i>Steam Properties</i>            | Determina a entalpia, entropia e volume específico do vapor para a pressão e temperatura correspondente.                                                              |
|                | <i>Water Enthalpy</i>              | Calcula a entalpia da água em condições de saturação a uma dada temperatura.                                                                                          |
|                | <i>Water Entropy</i>               | Determina a entropia da água em condições de saturação a uma dada temperatura.                                                                                        |
| Blocos Lógicos | <i>Action</i>                      | Executa uma expressão definida em texto estruturado sempre que a entrada está activa.                                                                                 |
|                | <i>And</i>                         | Gera uma saída discreta baseada na operação lógica AND de entre duas a dezasseis entradas.                                                                            |
|                | <i>Bi-directional Edge Trigger</i> | A saída é um impulso de duração correspondente à taxa de refrescamento do módulo sempre que ocorre uma transição na entrada (activa - inactiva ou inactiva - activa). |
|                | <i>Boolean Fan Input</i>           | Gera uma saída discreta baseada na soma pesada, estado ou operação lógica OR de uma a dezasseis entradas discretas.                                                   |
|                | <i>Boolean Fan Output</i>          | Descodifica uma entrada binária em bits individuais e gera uma saída discreta para cada bit.                                                                          |
|                | <i>Condition</i>                   | Avalia uma expressão booleana declarada em texto estruturado e caso esta seja verdadeira activa a saída, caso contrário desactiva-a.                                  |
|                | <i>Device Control</i>              | Implementa uma máquina de estados controlada pelas entradas com base numa tabela de verdade. Frequentemente utilizado para controlo discreto de motores e válvulas.   |
|                | <i>Multiplexer</i>                 | Coloca na saída uma de até dezasseis entradas. A escolha da entrada a colocar na saída é realizada pelo operador ou pela saída de outro bloco.                        |
|                | <i>Negative Edge Trigger</i>       | Gera um impulso com a duração do tempo de refrescamento do módulo sempre que a entrada passe de activa para inactiva.                                                 |
|                | <i>Not</i>                         | Inverte o sinal discreto de entrada.                                                                                                                                  |
|                | <i>Or</i>                          | A saída é gerada com base na operação lógica OR de até dezasseis entradas.                                                                                            |
|                | <i>Positive Edge Trigger</i>       | Gera um impulso com a duração do tempo de refrescamento do módulo sempre que a entrada passe de inactiva para activa.                                                 |

|                             |                                                   |                                                                                                                                                   |
|-----------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                             | <i>Reset/Set Flip-flop</i>                        | O valor de saída é um valor discreto baseado na operação lógica NOR entre as entradas <i>SET</i> e <i>RESET</i> .                                 |
|                             | <i>Set/Reset Flip-flop</i>                        | Gera uma saída discreta que tem por base a operação lógica NAND entre as entradas <i>SET</i> e <i>RESET</i> .                                     |
|                             | <i>Transfer</i>                                   | Selecciona um de dois sinais analógicos de entrada mediante o estado da entrada <i>SELECTOR</i> (activa - <i>IN_1</i> , inactiva - <i>IN_2</i> ). |
| Blocos de Controlo Avançado | <i>Diagnostic</i>                                 | Este bloco possibilita monitorizar equipamentos de campo para posterior análise pela aplicação <i>InSight</i> .                                   |
|                             | <i>Fuzzy Logic Control</i>                        | Implementa controladores baseados em lógica difusa.                                                                                               |
|                             | <i>Inspect</i>                                    | Este bloco serve para fazer estatísticas da performance de células processuais ou de todo o sistema.                                              |
|                             | <i>Lab Entry</i>                                  | Permite ao utilizador fazer entradas de resultados de análises laboratoriais para utilizar em redes neuronais.                                    |
|                             | <i>Model Predictive Control</i>                   | Utilizados em sistemas de controlo avançado ( <i>Advanced Process Control</i> - <i>APC</i> )                                                      |
|                             | <i>Model Predictive Control Process Simulator</i> |                                                                                                                                                   |
|                             | <i>Model Predictive Control Professional</i>      |                                                                                                                                                   |
|                             | <i>Neural Network</i>                             | Permite criar sensores virtuais para estimar a saída de um processo baseada nas suas entradas utilizando redes neuronais.                         |
| Itens Especiais             | <i>Input Parameter</i>                            | Parâmetro de entrada que pode ser de vários tipos: definido pelo utilizador ou parâmetros de outros módulos.                                      |
|                             | <i>Output Parameter</i>                           | Parâmetro de saída possível de ser utilizado por outros módulos.                                                                                  |
|                             | <i>Internal Read Parameter</i>                    | Variável interna de leitura para uso exclusivo do módulo.                                                                                         |
|                             | <i>Internal Write Parameter</i>                   | Igual ao anterior mas em vez de uma variável de leitura é uma variável de escrita.                                                                |
|                             | <i>Custom Block</i>                               | Permite adicionar ao módulo outros módulos já criados.                                                                                            |
|                             | <i>Physical Block</i>                             | Semelhante ao anterior mas o módulo adicionado reside num equipamento <i>Fieldbus</i> .                                                           |



## Anexo 3

### Aplicações do sistema *DeltaV*

Tabela 3.4 - Ferramentas de engenharia do sistema *DeltaV*

| Aplicação                                  | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Auto Update Service</i>                 | O serviço de actualização automática serve para determinar quais os ficheiros que devem ser automaticamente transferidos da estação <i>ProfessionalPLUS</i> para as restantes estações depois de um nó do barramento de controlo ser descarregado.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <i>Configuration Assistant</i>             | O assistente de configuração ajuda os utilizadores inexperientes a configurar o sistema.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <i>Continuous Historian Administration</i> | Esta aplicação só pode ser executada na estação onde é realizado o histórico, fornecendo uma panóplia de ferramentas para a gestão de dados de histórico.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <i>Control Studio</i>                      | O <i>Control Studio</i> é utilizado para criar e modificar os módulos de controlo responsáveis pelo controlo processual. Esta aplicação permite ao utilizador construir os módulos de controlo arrastando itens de uma biblioteca para o diagrama e posteriormente interliga-los para definir um algoritmo. O <i>Control Studio</i> suporta um conjunto de conceitos industriais como os <i>Function Block Diagrams</i> e os <i>Structured Function Charts</i> , sendo possível utilizar elementos de ambas as linguagens dentro do mesmo módulo de controlo. Estas linguagens gráficas são baseadas na norma IEC 61131-3 [4], sendo os blocos função desenvolvidos mediante o standard da <i>Foundation Fieldbus</i> . |
| <i>Database Administrator</i>              | Esta aplicação proporciona a um utilizador com privilégios de administrador um conjunto de ferramentas que lhe permitem realizar tarefas de manutenção da base de dados tais como: criar, apagar e copiar bases de dados bem como realizar cópias de segurança das bases de dados existentes.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b><i>DeltaV Explorer</i></b>            | O <i>DeltaV Explorer</i> tem um aspecto semelhante ao <i>Windows Explorer</i> . Esta aplicação permite ao utilizador ver toda a estrutura do sistema e definir os seus componentes, tais como: áreas, nós, alarmes e módulos. Esta aplicação é o centro das aplicações de engenharia possibilitando criar, apagar e mover módulos, configurar todo o hardware do sistema, definir tipos e prioridades dos alarmes, bem como executar outras aplicações do sistema. |
| <b><i>DeltaV Operate (Configure)</i></b> | Esta aplicação pode ser executada em dois modos, o de configuração e o modo <i>run</i> . No modo de configuração permite criar ambientes gráficos de alta resolução para monitorização dos processos. É possível adicionar ao interface com o utilizador imagens, texto, animações, gráficos, sons, bem como os chamados <i>dynamos</i> sendo estes gráficos reutilizáveis na construção de múltiplos interfaces.                                                  |
| <b><i>DeltaV FlexLock</i></b>            | O <i>DeltaV Flex Lock</i> cria dois ambientes de trabalho duais, um para o <i>Windows</i> e outro para o <i>DeltaV</i> , proporcionando assim um ambiente de operação seguro e aberto ao mesmo tempo. O acesso aos ambientes de trabalho depende dos privilégios do utilizador.                                                                                                                                                                                    |
| <b><i>Recipe Studio</i></b>              | O <i>Recipe Studio</i> é utilizado para criar e modificar receitas. Uma receita é um conjunto de informação que identifica os ingredientes, as suas quantidades e o equipamento necessário para produzir um produto.                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b><i>System Alarm Management</i></b>    | Esta aplicação proporciona ao utilizador uma forma simples e eficiente de ver, habilitar, desabilitar e definir limites e prioridades para múltiplos alarmes.                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b><i>System Preferences</i></b>         | Esta aplicação permite personalizar as ferramentas de engenharia de modo a possuírem apenas as funções requeridas pelo utilizador sem necessidade de adicionar ou remover software.                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b><i>User Manager</i></b>               | Com esta ferramenta é possível especificar níveis de acesso de grupos ou indivíduos com diferentes privilégios.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

Tabela 3.5 - Aplicações de operação de um sistema *DeltaV*

| Aplicação                              | Descrição                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b><i>Batch History View</i></b>       | Esta aplicação permite interagir com a base de dados de histórico do <i>Batch</i> , possibilitando ver os dados em vários formatos e adicionar comentários ao histórico do <i>Batch</i> .                                 |
| <b><i>Batch Operator Interface</i></b> | O <i>Batch Operator Interface</i> é o interface gráfico utilizado pelo operador para interagir com as operações de <i>Batch</i> , proporcionando diversas vistas do processo.                                             |
| <b><i>DeltaV Login</i></b>             | Esta aplicação permite aos operadores entrar e sair no sistema através de registo do nome de utilizador e palavra passe, para além disso permite visualizar qual o operador que está registado e alterar a palavra passe. |

|                                    |                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b><i>Diagnostics</i></b>          | Esta ferramenta fornece informação sobre o estado e integridade dos equipamentos que compõem o sistema.                                                                                                                                            |
| <b><i>DeltaV Operate (Run)</i></b> | O <i>DeltaV Operate</i> em modo <i>run</i> é o interface gráfico entre o operador e o controlo processual, permitindo a sua supervisão.                                                                                                            |
| <b><i>MPC Operate</i></b>          | Controlo avançado. Implementam modelos preditivos.                                                                                                                                                                                                 |
| <b><i>MPC Operate Pro</i></b>      |                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b><i>Process History View</i></b> | Esta aplicação apresenta dados de tempo real assim como de histórico sobre a forma de gráficos bem como eventos sobre forma de tabelas. O <i>Process History View</i> é geralmente utilizado para avaliar o comportamento de um processo no tempo. |

Tabela 3.6 - Aplicações de controlo avançado do *DeltaV*

| Aplicação                           | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b><i>DeltaV Neural</i></b>         | Esta aplicação proporciona um conjunto de ferramentas utilizadas para implementar redes neuronais, permitindo assim criar sensores virtuais para monitorização ou previsão de parâmetros que de outra forma seriam muito difíceis medir.                                 |
| <b><i>DeltaV Predict</i></b>        | O <i>DeltaV Predict</i> permite implementar controlo preditivo em pequenos e médios processos.                                                                                                                                                                           |
| <b><i>DeltaV Predict Pro</i></b>    | Esta ferramenta é semelhante à anterior mas permite a sua utilização em processos multi-variável mais complexos.                                                                                                                                                         |
| <b><i>DeltaV Simulate Suite</i></b> | Esta aplicação permite instalar o <i>DeltaV</i> num <i>PC</i> vulgar, permitindo fazer todo o tipo de configurações off-line sem necessidade do hardware. Este tipo de estações de trabalho é geralmente utilizado para desenvolvimento off-line e treino de operadores. |
| <b><i>Inspect with InSight</i></b>  | A ferramenta <i>Inspect with InSight</i> permite identificar <i>loops</i> com fraco desempenho bem como equipamento de campo com mau funcionamento.                                                                                                                      |
| <b><i>Tune with InSight</i></b>     | O <i>Tune with InSight</i> é uma ferramenta para fazer <i>tuning</i> de <i>loops</i> de controlo, podendo este ser realizado de duas formas, por ordem do utilizador ou adaptativo, sendo este último baseado em algoritmos de auto-aprendizagem.                        |



## Anexo 4

### Parâmetros dos módulos tipo

Tabela 4.1 - Parâmetros dos módulos ANALOG\_INPUT

| Parâmetro                      | Função                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>module_name</i>             | Identificador do módulo.                                                                                                                                                                       |
| <i>description</i>             | Descrição.                                                                                                                                                                                     |
| <i>ctrlr</i>                   | Controlador onde o módulo é executado.                                                                                                                                                         |
| <i>area</i>                    | Área onde o módulo está inserido.                                                                                                                                                              |
| <i>module_subtype</i>          | Nome do módulo tipo em que se baseia.                                                                                                                                                          |
| <i>scan_rate</i>               | Taxa de refrescamento do módulo.                                                                                                                                                               |
| <i>primary_display</i>         | Interface gráfico a que pertence.                                                                                                                                                              |
| <i>AI1/L_TYPE.STRING_VALUE</i> | Tipo de linearização da entrada.                                                                                                                                                               |
| <i>AI1/HI_HI_LIM.CV</i>        | Alarme de valor muito elevado.                                                                                                                                                                 |
| <i>AI1/HI_LIM.CV</i>           | Alarme de valor elevado.                                                                                                                                                                       |
| <i>AI1/IO_IN.REF</i>           | Canal associado ao bloco de entrada.                                                                                                                                                           |
| <i>AI1/LO_LIM.CV</i>           | Tipo de linearização da entrada.                                                                                                                                                               |
| <i>AI1/LO_LO_LIM.CV</i>        | Alarme de valor baixo.                                                                                                                                                                         |
| <i>AI1/OUT_SCALE.EU100</i>     | Fim de escala do bloco de entrada.                                                                                                                                                             |
| <i>AI1/OUT_SCALE.EU0</i>       | Início de escala do bloco de entrada.                                                                                                                                                          |
| <i>AI1/OUT_SCALE.UNITS</i>     | Unidades da variável associada ao bloco de entrada                                                                                                                                             |
| <i>AI1/XD_SCALE.EU100</i>      | Fim de escala do transmissor. Nos equipamentos com comunicação HART este parâmetro é predefinido, nos equipamentos sem comunicação HART é igual ao fim de escala da saída do bloco de entrada. |

Anexo 4 - Parâmetros dos módulos tipo

|                           |                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>AI1/XD_SCALE.EU0</i>   | Início de escala do transmissor. Nos equipamentos com comunicação HART este parâmetro é predefinido, nos equipamentos sem comunicação HART é igual ao início de escala da saída do bloco de entrada. |
| <i>AI1/XD_SCALE.UNITS</i> | Em equipamentos com comunicação HART este parâmetro é predefinido, caso contrário corresponde às unidades definidas para a variável de entrada.                                                      |
| <i>HI_ALM.ENAB</i>        | Alarme de valor elevado permitido.                                                                                                                                                                   |
| <i>HI_HI_ALM.ENAB</i>     | Alarme de valor muito elevado permitido.                                                                                                                                                             |
| <i>LO_ALM.ENAB</i>        | Alarme de valor baixo permitido.                                                                                                                                                                     |
| <i>LO_LO_ALM.ENAB</i>     | Alarme de valor muito baixo permitido.                                                                                                                                                               |

Tabela 4.2 - Parâmetros dos módulos ANALOG\_INPUT\_TOT

| Parâmetro                           | Função                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>module_name</i>                  | Identificador do módulo.                                                                                                                                                                       |
| <i>description</i>                  | Descrição.                                                                                                                                                                                     |
| <i>ctrlr</i>                        | Controlador onde o módulo é executado.                                                                                                                                                         |
| <i>area</i>                         | Área onde o módulo está inserido.                                                                                                                                                              |
| <i>module_subtype</i>               | Nome do módulo tipo em que se baseia.                                                                                                                                                          |
| <i>scan_rate</i>                    | Taxa de refrescamento do módulo.                                                                                                                                                               |
| <i>primary_display</i>              | Interface gráfico a que pertence.                                                                                                                                                              |
| <i>ACT2/T_EXPRESSION.EXPRESSION</i> | Faz a conversão do caudal de entrada para massa (ton/h), sendo necessário alterar este parâmetro mediante as unidades da entrada.                                                              |
| <i>AI1/HI_HI_LIM.CV</i>             | Alarme de valor muito elevado.                                                                                                                                                                 |
| <i>AI1/HI_LIM.CV</i>                | Alarme de valor elevado.                                                                                                                                                                       |
| <i>AI1/IO_IN.REF</i>                | Canal associado ao bloco de entrada.                                                                                                                                                           |
| <i>AI1/L_TYPE.STRING_VALUE</i>      | Tipo de linearização da entrada.                                                                                                                                                               |
| <i>AI1/LO_LIM.CV</i>                | Alarme de valor baixo.                                                                                                                                                                         |
| <i>AI1/LO_LO_LIM.CV</i>             | Alarme de valor muito baixo.                                                                                                                                                                   |
| <i>AI1/OUT_SCALE.EU100</i>          | Fim de escala do bloco de entrada.                                                                                                                                                             |
| <i>AI1/OUT_SCALE.EU0</i>            | Início de escala do bloco de entrada.                                                                                                                                                          |
| <i>AI1/OUT_SCALE.UNITS</i>          | Unidades da variável associada ao bloco de entrada                                                                                                                                             |
| <i>AI1/XD_SCALE.EU100</i>           | Fim de escala do transmissor. Nos equipamentos com comunicação HART este parâmetro é predefinido, nos equipamentos sem comunicação HART é igual ao fim de escala da saída do bloco de entrada. |

|                           |                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>AI1/XD_SCALE.EU0</i>   | Início de escala do transmissor. Nos equipamentos com comunicação HART este parâmetro é predefinido, nos equipamentos sem comunicação HART é igual ao início de escala da saída do bloco de entrada. |
| <i>AI1/XD_SCALE.UNITS</i> | Em equipamentos com comunicação HART este parâmetro é predefinido, caso contrário corresponde às unidades definidas para a variável de entrada.                                                      |
| <i>HI_ALM.ENAB</i>        | Alarme de valor elevado permitido.                                                                                                                                                                   |
| <i>HI_HI_ALM.ENAB</i>     | Alarme de valor muito elevado permitido.                                                                                                                                                             |
| <i>LO_ALM.ENAB</i>        | Alarme de valor baixo permitido.                                                                                                                                                                     |
| <i>LO_LO_ALM.ENAB</i>     | Alarme de valor muito baixo permitido.                                                                                                                                                               |

Tabela 4.3 - Parâmetros dos módulos CALC\_GAS\_CORR

| Parâmetro                           | Função                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>module_name</i>                  | Identificador do módulo.                                                                                                                                                                             |
| <i>description</i>                  | Descrição.                                                                                                                                                                                           |
| <i>ctrlr</i>                        | Controlador onde o módulo é executado.                                                                                                                                                               |
| <i>area</i>                         | Área onde o módulo está inserido.                                                                                                                                                                    |
| <i>module_subtype</i>               | Nome do módulo tipo em que se baseia.                                                                                                                                                                |
| <i>scan_rate</i>                    | Taxa de refrescamento do módulo.                                                                                                                                                                     |
| <i>primary_display</i>              | Interface gráfico a que pertence.                                                                                                                                                                    |
| <i>ACT2/T_EXPRESSION.EXPRESSION</i> | Faz a conversão do caudal de entrada para massa (ton/h), sendo necessário alterar este parâmetro mediante as unidades da entrada.                                                                    |
| <i>AI1/IO_IN.REF</i>                | Canal associado ao bloco de entrada.                                                                                                                                                                 |
| <i>AI1/L_TYPE.STRING_VALUE</i>      | Tipo de linearização da entrada.                                                                                                                                                                     |
| <i>AI1/OUT_SCALE.EU100</i>          | Fim de escala do bloco de entrada.                                                                                                                                                                   |
| <i>AI1/OUT_SCALE.EU0</i>            | Início de escala do bloco de entrada.                                                                                                                                                                |
| <i>AI1/OUT_SCALE.UNITS</i>          | Unidades da variável associada ao bloco de entrada.                                                                                                                                                  |
| <i>AI1/XD_SCALE.EU100</i>           | Fim de escala do transmissor. Nos equipamentos com comunicação HART este parâmetro é predefinido, nos equipamentos sem comunicação HART é igual ao fim de escala da saída do bloco de entrada.       |
| <i>AI1/XD_SCALE.EU0</i>             | Início de escala do transmissor. Nos equipamentos com comunicação HART este parâmetro é predefinido, nos equipamentos sem comunicação HART é igual ao início de escala da saída do bloco de entrada. |
| <i>AI1/XD_SCALE.UNITS</i>           | Em equipamentos com comunicação HART este parâmetro é predefinido, caso contrário corresponde às unidades definidas para a variável de entrada.                                                      |
| <i>ALM1/HI_HI_LIM.CV</i>            | Alarme de valor muito elevado.                                                                                                                                                                       |

Anexo 4 - Parâmetros dos módulos tipo

|                          |                                                                                                                  |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>ALM1/HI_LIM.CV</i>    | Alarme de valor elevado.                                                                                         |
| <i>ALM1/LO_LIM.CV</i>    | Alarme de valor baixo.                                                                                           |
| <i>ALM1/LO_LO_LIM.CV</i> | Alarme de valor muito baixo.                                                                                     |
| <i>DENS_MAX.CV</i>       | Densidade máxima admissível.                                                                                     |
| <i>DENS_MIN.CV</i>       | Densidade mínima admissível.                                                                                     |
| <i>PC.CV</i>             | Pressão de cálculo, definida nas folhas de cálculo de orifício calibrado.                                        |
| <i>PE_OPER.CV</i>        | Peso específico ou densidade introduzido pelo operador.                                                          |
| <i>PE_RTDB.CV</i>        | Preso específico ou densidade proveniente da base de dados de tempo real, medido ou configurado pelo utilizador. |
| <i>PEC.CV</i>            | Peso específico de cálculo, definido nas folhas de cálculo de orifício calibrado.                                |
| <i>PRESSAO.CV</i>        | Pressão proveniente da base de dados de tempo real, medida ou configurada pelo utilizador.                       |
| <i>TC.CV</i>             | Temperatura de cálculo, definida nas folhas de cálculo de orifício calibrado.                                    |
| <i>TEMP.CV</i>           | Temperatura proveniente da base de dados de tempo real, medida ou configurada pelo utilizador.                   |
| <i>HI_ALM.ENAB</i>       | Alarme de valor elevado permitido.                                                                               |
| <i>HI_HI_ALM.ENAB</i>    | Alarme de valor muito elevado permitido.                                                                         |
| <i>LO_ALM.ENAB</i>       | Alarme de valor baixo permitido.                                                                                 |
| <i>LO_LO_ALM.ENAB</i>    | Alarme de valor muito baixo permitido.                                                                           |

**Tabela 4.4 - Parâmetros dos módulos CALC\_H2O\_TOT**

| <b>Parâmetro</b>               | <b>Função</b>                          |
|--------------------------------|----------------------------------------|
| <i>module_name</i>             | Identificador do módulo.               |
| <i>description</i>             | Descrição.                             |
| <i>ctrlr</i>                   | Controlador onde o módulo é executado. |
| <i>area</i>                    | Área onde o módulo está inserido.      |
| <i>module_subtype</i>          | Nome do módulo tipo em que se baseia.  |
| <i>scan_rate</i>               | Taxa de refrescamento do módulo.       |
| <i>primary_display</i>         | Interface gráfico a que pertence.      |
| <i>AI1/IO_IN.REF</i>           | Canal associado ao bloco de entrada.   |
| <i>AI1/L_TYPE.STRING_VALUE</i> | Tipo de linearização da entrada.       |
| <i>AI1/OUT_SCALE.EU100</i>     | Fim de escala do bloco de entrada.     |
| <i>AI1/OUT_SCALE.EU0</i>       | Início de escala do bloco de entrada.  |

|                            |                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>AI1/OUT_SCALE.UNITS</i> | Unidades da variável associada ao bloco de entrada.                                                                                                                                                 |
| <i>AI1/XD_SCALE.EU100</i>  | Fim de escala transmissor. Nos equipamentos com comunicação HART este parâmetro é predefinido, nos equipamentos sem comunicação HART é igual ao fim de escala da saída do bloco de entrada.         |
| <i>AI1/XD_SCALE.EU0</i>    | Início de escala o transmissor. Nos equipamentos com comunicação HART este parâmetro é predefinido, nos equipamentos sem comunicação HART é igual ao início de escala da saída do bloco de entrada. |
| <i>AI1/XD_SCALE.UNITS</i>  | Em equipamentos com comunicação HART este parâmetro é predefinido, caso contrário corresponde às unidades definidas para a variável de entrada.                                                     |
| <i>ALM1/HI_HI_LIM.CV</i>   | Alarme de valor muito elevado.                                                                                                                                                                      |
| <i>ALM1/HI_LIM.CV</i>      | Alarme de valor elevado.                                                                                                                                                                            |
| <i>ALM1/LO_LIM.CV</i>      | Alarme de valor baixo.                                                                                                                                                                              |
| <i>ALM1/LO_LO_LIM.CV</i>   | Alarme de valor muito baixo.                                                                                                                                                                        |
| <i>TC.CV</i>               | Temperatura de cálculo, definida nas folhas de cálculo de orifício calibrado.                                                                                                                       |
| <i>TEMP.CV</i>             | Temperatura proveniente da base de dados de tempo real, medida ou configurada pelo utilizador.                                                                                                      |
| <i>HI_ALM.ENAB</i>         | Alarme de valor elevado permitido.                                                                                                                                                                  |
| <i>HI_HI_ALM.ENAB</i>      | Alarme de valor muito elevado permitido.                                                                                                                                                            |
| <i>LO_ALM.ENAB</i>         | Alarme de valor baixo permitido.                                                                                                                                                                    |
| <i>LO_LO_ALM.ENAB</i>      | Alarme de valor muito baixo permitido.                                                                                                                                                              |

Tabela 4.5 - Parâmetros dos módulos CALC\_LIQ\_CORR e CALC\_HC\_LIQ\_CORR

| Parâmetro                           | Função                                                                                                                            |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>module_name</i>                  | Identificador do módulo.                                                                                                          |
| <i>description</i>                  | Descrição.                                                                                                                        |
| <i>ctrlr</i>                        | Controlador onde o módulo é executado.                                                                                            |
| <i>area</i>                         | Área onde o módulo está inserido.                                                                                                 |
| <i>module_subtype</i>               | Nome do módulo tipo em que se baseia.                                                                                             |
| <i>scan_rate</i>                    | Taxa de refrescamento do módulo.                                                                                                  |
| <i>primary_display</i>              | Interface gráfico a que pertence.                                                                                                 |
| <i>ACT2/T_EXPRESSION.EXPRESSION</i> | Faz a conversão do caudal de entrada para massa (ton/h), sendo necessário alterar este parâmetro mediante as unidades da entrada. |
| <i>AI1/IO_IN.REF</i>                | Canal associado ao bloco de entrada.                                                                                              |
| <i>AI1/L_TYPE.STRING_VALUE</i>      | Tipo de linearização da entrada.                                                                                                  |
| <i>AI1/OUT_SCALE.EU100</i>          | Fim de escala do bloco de entrada.                                                                                                |

Anexo 4 - Parâmetros dos módulos tipo

|                            |                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>AI1/OUT_SCALE.EU0</i>   | Início de escala do bloco de entrada.                                                                                                                                                               |
| <i>AI1/OUT_SCALE.UNITS</i> | Unidades da variável associada ao bloco de entrada.                                                                                                                                                 |
| <i>AI1/XD_SCALE.EU100</i>  | Fim de escala transmissor. Nos equipamentos com comunicação HART este parâmetro é predefinido, nos equipamentos sem comunicação HART é igual ao fim de escala da saída do bloco de entrada.         |
| <i>AI1/XD_SCALE.EU0</i>    | Início de escala o transmissor. Nos equipamentos com comunicação HART este parâmetro é predefinido, nos equipamentos sem comunicação HART é igual ao início de escala da saída do bloco de entrada. |
| <i>AI1/XD_SCALE.UNITS</i>  | Em equipamentos com comunicação HART este parâmetro é predefinido, caso contrário corresponde às unidades definidas para a variável de entrada.                                                     |
| <i>ALM1/HI_HI_LIM.CV</i>   | Alarme de valor muito elevado.                                                                                                                                                                      |
| <i>ALM1/HI_LIM.CV</i>      | Alarme de valor elevado.                                                                                                                                                                            |
| <i>ALM1/LO_LIM.CV</i>      | Alarme de valor baixo.                                                                                                                                                                              |
| <i>ALM1/LO_LO_LIM.CV</i>   | Alarme de valor muito baixo.                                                                                                                                                                        |
| <i>DENS_MAX.CV</i>         | Densidade máxima admissível.                                                                                                                                                                        |
| <i>DENS_MIN.CV</i>         | Densidade mínima admissível.                                                                                                                                                                        |
| <i>K.CV</i>                | Factor de correcção, definido nas folhas de cálculo de orifício calibrado.                                                                                                                          |
| <i>PE_OPER.CV</i>          | Peso específico ou densidade introduzido pelo operador.                                                                                                                                             |
| <i>PE_RTDB.CV</i>          | Peso específico ou densidade proveniente da base de dados de tempo real, medido ou configurado pelo utilizador.                                                                                     |
| <i>PEC.CV</i>              | Peso específico de cálculo, definido nas folhas de cálculo de orifício calibrado.                                                                                                                   |
| <i>TEMP.CV</i>             | Temperatura proveniente da base de dados de tempo real, medida ou configurada pelo utilizador.                                                                                                      |
| <i>HI_ALM.ENAB</i>         | Alarme de valor elevado permitido.                                                                                                                                                                  |
| <i>HI_HI_ALM.ENAB</i>      | Alarme de valor muito elevado permitido.                                                                                                                                                            |
| <i>LO_ALM.ENAB</i>         | Alarme de valor baixo permitido.                                                                                                                                                                    |
| <i>LO_LO_ALM.ENAB</i>      | Alarme de valor muito baixo permitido.                                                                                                                                                              |

**Tabela 4.6 - Parâmetros dos módulos CALC\_TOT\_VOLUME**

| <b>Parâmetro</b>   | <b>Função</b>                          |
|--------------------|----------------------------------------|
| <i>module_name</i> | Identificador do módulo.               |
| <i>description</i> | Descrição.                             |
| <i>ctrlr</i>       | Controlador onde o módulo é executado. |
| <i>area</i>        | Área onde o módulo está inserido.      |

|                                |                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>module_subtype</i>          | Nome do módulo tipo em que se baseia.                                                                                                                                                               |
| <i>scan_rate</i>               | Taxa de refrescamento do módulo.                                                                                                                                                                    |
| <i>primary_display</i>         | Interface gráfico a que pertence.                                                                                                                                                                   |
| <i>AI1/HI_HI_LIM.CV</i>        | Alarme de valor muito elevado.                                                                                                                                                                      |
| <i>AI1/HI_LIM.CV</i>           | Alarme de valor elevado.                                                                                                                                                                            |
| <i>AI1/IO_IN.REF</i>           | Canal associado ao bloco de entrada.                                                                                                                                                                |
| <i>AI1/L_TYPE.STRING_VALUE</i> | Tipo de linearização da entrada.                                                                                                                                                                    |
| <i>AI1/LO_LIM.CV</i>           | Alarme de valor baixo.                                                                                                                                                                              |
| <i>AI1/LO_LO_LIM.CV</i>        | Alarme de valor muito baixo.                                                                                                                                                                        |
| <i>AI1/OUT_SCALE.EU100</i>     | Fim de escala do bloco de entrada.                                                                                                                                                                  |
| <i>AI1/OUT_SCALE.EU0</i>       | Início de escala do bloco de entrada.                                                                                                                                                               |
| <i>AI1/OUT_SCALE.UNITS</i>     | Unidades da variável associada ao bloco de entrada                                                                                                                                                  |
| <i>AI1/XD_SCALE.EU100</i>      | Fim de escala transmissor. Nos equipamentos com comunicação HART este parâmetro é predefinido, nos equipamentos sem comunicação HART é igual ao fim de escala da saída do bloco de entrada.         |
| <i>AI1/XD_SCALE.EU0</i>        | Início de escala o transmissor. Nos equipamentos com comunicação HART este parâmetro é predefinido, nos equipamentos sem comunicação HART é igual ao início de escala da saída do bloco de entrada. |
| <i>AI1/XD_SCALE.UNITS</i>      | Em equipamentos com comunicação HART este parâmetro é predefinido, caso contrário corresponde às unidades definidas para a variável de entrada.                                                     |
| <i>HI_ALM.ENAB</i>             | Alarme de valor elevado permitido.                                                                                                                                                                  |
| <i>HI_HI_ALM.ENAB</i>          | Alarme de valor muito elevado permitido.                                                                                                                                                            |
| <i>LO_ALM.ENAB</i>             | Alarme de valor baixo permitido.                                                                                                                                                                    |
| <i>LO_LO_ALM.ENAB</i>          | Alarme de valor muito baixo permitido.                                                                                                                                                              |

Tabela 4.7 - Parâmetros dos módulos CALC\_VAPOR\_TOT

| Parâmetro              | Função                                 |
|------------------------|----------------------------------------|
| <i>module_name</i>     | Identificador do módulo.               |
| <i>description</i>     | Descrição.                             |
| <i>ctrlr</i>           | Controlador onde o módulo é executado. |
| <i>area</i>            | Área onde o módulo está inserido.      |
| <i>module_subtype</i>  | Nome do módulo tipo em que se baseia.  |
| <i>scan_rate</i>       | Taxa de refrescamento do módulo.       |
| <i>primary_display</i> | Interface gráfico a que pertence.      |
| <i>AI1/IO_IN.REF</i>   | Canal associado ao bloco de entrada.   |

Anexo 4 - Parâmetros dos módulos tipo

|                                |                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>AI1/L_TYPE.STRING_VALUE</i> | Tipo de linearização da entrada.                                                                                                                                                                    |
| <i>AI1/OUT_SCALE.EU100</i>     | Fim de escala do bloco de entrada.                                                                                                                                                                  |
| <i>AI1/OUT_SCALE.EU0</i>       | Início de escala do bloco de entrada.                                                                                                                                                               |
| <i>AI1/OUT_SCALE.UNITS</i>     | Unidades da variável associada ao bloco de entrada.                                                                                                                                                 |
| <i>AI1/XD_SCALE.EU100</i>      | Fim de escala transmissor. Nos equipamentos com comunicação HART este parâmetro é predefinido, nos equipamentos sem comunicação HART é igual ao fim de escala da saída do bloco de entrada.         |
| <i>AI1/XD_SCALE.EU0</i>        | Início de escala o transmissor. Nos equipamentos com comunicação HART este parâmetro é predefinido, nos equipamentos sem comunicação HART é igual ao início de escala da saída do bloco de entrada. |
| <i>AI1/XD_SCALE.UNITS</i>      | Em equipamentos com comunicação HART este parâmetro é predefinido, caso contrário corresponde às unidades definidas para a variável de entrada.                                                     |
| <i>ALM1/HI_HI_LIM.CV</i>       | Alarme de valor muito elevado.                                                                                                                                                                      |
| <i>ALM1/HI_LIM.CV</i>          | Alarme de valor elevado.                                                                                                                                                                            |
| <i>ALM1/LO_LIM.CV</i>          | Alarme de valor baixo.                                                                                                                                                                              |
| <i>ALM1/LO_LO_LIM.CV</i>       | Alarme de valor muito baixo.                                                                                                                                                                        |
| <i>PC.CV</i>                   | Pressão de cálculo, definida nas folhas de cálculo de orifício calibrado.                                                                                                                           |
| <i>PRESSAO.CV</i>              | Pressão proveniente da base de dados de tempo real, medida ou configurada pelo utilizador.                                                                                                          |
| <i>TC.CV</i>                   | Temperatura de cálculo, definida nas folhas de cálculo de orifício calibrado.                                                                                                                       |
| <i>TEMP.CV</i>                 | Temperatura proveniente da base de dados de tempo real, medida ou configurada pelo utilizador.                                                                                                      |
| <i>HI_ALM.ENAB</i>             | Alarme de valor elevado permitido.                                                                                                                                                                  |
| <i>HI_HI_ALM.ENAB</i>          | Alarme de valor muito elevado permitido.                                                                                                                                                            |
| <i>LO_ALM.ENAB</i>             | Alarme de valor baixo permitido.                                                                                                                                                                    |
| <i>LO_LO_ALM.ENAB</i>          | Alarme de valor muito baixo permitido.                                                                                                                                                              |

**Tabela 4.8 - Parâmetros dos módulos *PID\_SIMPLES***

| Parâmetro             | Função                                 |
|-----------------------|----------------------------------------|
| <i>module_name</i>    | Identificador do módulo.               |
| <i>description</i>    | Descrição.                             |
| <i>ctrlr</i>          | Controlador onde o módulo é executado. |
| <i>area</i>           | Área onde o módulo está inserido.      |
| <i>module_subtype</i> | Nome do módulo tipo em que se baseia.  |
| <i>scan_rate</i>      | Taxa de refrescamento do módulo.       |

|                                       |                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>primary_display</i>                | Interface gráfico a que pertence.                                                                                                                                                                   |
| <i>AI1/IO_IN.REF</i>                  | Canal associado ao bloco de entrada.                                                                                                                                                                |
| <i>AI1/L_TYPE.STRING_VALUE</i>        | Tipo de linearização da entrada.                                                                                                                                                                    |
| <i>AI1/OUT_SCALE.EU100</i>            | Fim de escala do bloco de entrada.                                                                                                                                                                  |
| <i>AI1/OUT_SCALE.EU0</i>              | Início de escala do bloco de entrada.                                                                                                                                                               |
| <i>AI1/OUT_SCALE.UNITS</i>            | Unidades da variável associada ao bloco de entrada.                                                                                                                                                 |
| <i>AI1/XD_SCALE.EU100</i>             | Fim de escala transmissor. Nos equipamentos com comunicação HART este parâmetro é predefinido, nos equipamentos sem comunicação HART é igual ao fim de escala da saída do bloco de entrada.         |
| <i>AI1/XD_SCALE.EU0</i>               | Início de escala o transmissor. Nos equipamentos com comunicação HART este parâmetro é predefinido, nos equipamentos sem comunicação HART é igual ao início de escala da saída do bloco de entrada. |
| <i>AI1/XD_SCALE.UNITS</i>             | Em equipamentos com comunicação HART este parâmetro é predefinido, caso contrário corresponde às unidades definidas para a variável de entrada.                                                     |
| <i>AO1/IO_OPTS.IncrToClose</i>        | Tipo de acção da válvula.                                                                                                                                                                           |
| <i>AO1/IO_OUT.REF</i>                 | Canal associado ao bloco de saída.                                                                                                                                                                  |
| <i>PID1/CONTROL_OPTS.DirectActing</i> | Tipo de acção do controlador <i>PID</i> .                                                                                                                                                           |
| <i>PID1/GAIN.CV</i>                   | Ganho proporcional do controlador.                                                                                                                                                                  |
| <i>PID1/HI_HI_LIM.CV</i>              | Alarme de valor muito elevado.                                                                                                                                                                      |
| <i>PID1/HI_LIM.CV</i>                 | Alarme de valor elevado.                                                                                                                                                                            |
| <i>PID1/LO_LIM.CV</i>                 | Alarme de valor baixo.                                                                                                                                                                              |
| <i>PID1/LO_LO_LIM.CV</i>              | Alarme de valor muito baixo.                                                                                                                                                                        |
| <i>PID1/PV_SCALE.EU100</i>            | Fim de escala, início de escala e unidades do valor de entrada do controlador. São iguais aos do bloco de entrada.                                                                                  |
| <i>PID1/PV_SCALE.EU0</i>              |                                                                                                                                                                                                     |
| <i>PID1/PV_SCALE.UNITS</i>            |                                                                                                                                                                                                     |
| <i>PID1/RATE.CV</i>                   | Tempo derivativo em segundos.                                                                                                                                                                       |
| <i>PID1/RESET.CV</i>                  | Tempo integral em segundos.                                                                                                                                                                         |
| <i>PID1/SP_HI_LIM.CV</i>              | Limite máximo da referência.                                                                                                                                                                        |
| <i>PID1/SP_LO_LIM.CV</i>              | Limite mínimo da referência.                                                                                                                                                                        |
| <i>HI_ALM.ENAB</i>                    | Alarme de valor elevado permitido.                                                                                                                                                                  |
| <i>HI_HI_ALM.ENAB</i>                 | Alarme de valor muito elevado permitido.                                                                                                                                                            |
| <i>LO_ALM.ENAB</i>                    | Alarme de valor baixo permitido.                                                                                                                                                                    |
| <i>LO_LO_ALM.ENAB</i>                 | Alarme de valor muito baixo permitido.                                                                                                                                                              |



## Anexo 5

### Cartas e canais

Tabela 4.9 - Tipos de cartas de entrada/saída de um sistema *DeltaV*

| Tipo de carta               | Descrição                                                                                                                                                 |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>AI_8CH_HART_4-20</i>     | Carta de entradas analógicas em corrente de 4 a 20 mA, com oito canais, que permitem interface com dispositivos que utilizam comunicação HART.            |
| <i>AI_8CH_HART_4-20_RED</i> | Carta redundante de entradas analógicas em corrente de 4 a 20 mA, com oito canais, que permitem interface com dispositivos que utilizam comunicação HART. |
| <i>AO_8CH_HART_4-20</i>     | Carta de saídas analógicas em corrente de 4 a 20 mA, com oito canais, que permitem interface com dispositivos que utilizam comunicação HART.              |
| <i>AO_8CH_HART_4-20_RED</i> | Carta redundante de saídas analógicas em corrente de 4 a 20 mA, com oito canais, que permitem interface com dispositivos que utilizam comunicação HART.   |
| <i>DI_32CH_HD</i>           | Carta de entradas digitais, com trinta e dois canais.                                                                                                     |
| <i>DO_32CH_HD</i>           | Carta de saídas digitais, com trinta e dois canais.                                                                                                       |

Tabela 4.10 - Parâmetros associados às cartas de entrada/saída

| Parâmetro          | Descrição                                          |
|--------------------|----------------------------------------------------|
| <i>description</i> | Descrição da carta de entrada/saída.               |
| <i>ctrlr</i>       | Controlador ao qual a carta pertence.              |
| <i>card_slot</i>   | Ranhura do bastidor onde a carta está introduzida. |
| <i>card_type</i>   | Tipo de carta.                                     |
| <i>redundant</i>   | Determina se a carta é redundante ou não.          |

**Tabela 4.11** - Parâmetros associados aos canais das cartas de entrada/saída

| Tipo de carta                            | Parâmetro                  | Descrição                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Entradas e saídas analógicas e discretas | <i>description</i>         | Descrição do canal. Normalmente é predefinido com o nome do tipo de canal.                                                                                                                                                                              |
|                                          | <i>ctrlr</i>               | Controlador a que pertence a carta correspondente.                                                                                                                                                                                                      |
|                                          | <i>card_slot</i>           | Ranhura do bastidor onde em que a carta está inserida.                                                                                                                                                                                                  |
|                                          | <i>channel_slot</i>        | Número do canal.                                                                                                                                                                                                                                        |
|                                          | <i>channel_type</i>        | Tipos de canal, nas cartas de entradas analógicas utilizam-se dois tipos, canais de entrada normais ou de entrada para dispositivos com comunicação HART. Os restantes tipos de canal utilizados são: saída analógica, entrada digital e saída digital. |
|                                          | <i>device_signal_tag</i>   | É o identificador do sinal de entrada, geralmente é utilizado o identificador do equipamento, acrescido de um traço em baixo (underscore) entre a identificação funcional e a identificação da malha.                                                   |
|                                          | <i>enable</i>              | Define se o canal está disponível ou não.                                                                                                                                                                                                               |
| Entradas analógicas                      | <i>FILTER.STRING_VALUE</i> | Determina o tempo do filtro aplicado ao sinal de entrada. Só é possível escolher valores de um conjunto predefinido.                                                                                                                                    |

## Anexo 6

### Parâmetros editados pela aplicação

Tabela 4.12 - Dados gerados pela aplicação e sua origem

| Parâmetros                          | Forma como é gerado                                                                                                                                  |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>module_name</i>                  | Identificador gerado pela aplicação com base no identificador do bloco de entrada do sistema RS3                                                     |
| <i>Description</i>                  | Descrição do bloco de entrada do sistema RS3                                                                                                         |
| <i>Ctrlr</i>                        | O controlador é definido pelo utilizador                                                                                                             |
| <i>Area</i>                         | Este parâmetro também é definido pelo utilizador                                                                                                     |
| <i>module_subtype</i>               | A aplicação determina este parâmetro com base numa escola do utilizador                                                                              |
| <i>scan_rate</i>                    | A taxa de refrescamento tem de ser definida pelo utilizador                                                                                          |
| <i>primary_display</i>              | O interface gráfico a que o módulo pertence também tem de ser definido pelo utilizador                                                               |
| <i>ACT2/T_EXPRESSION.EXPRESSION</i> | Nos casos em que é necessário uma mudança de unidades a aplicação, se necessário, deve pedir ao utilizador o valor da densidade do composto em causa |
| <i>AI1/L_TYPE.STRING_VALUE</i>      | O tipo de linearização é igual ao definido no bloco de entrada do sistema RS3                                                                        |
| <i>AI1/HI_HI_LIM.CV</i>             | Estes parâmetros correspondem aos alarmes definidos no bloco de controlo do sistema RS3                                                              |
| <i>AI1/HI_LIM.CV</i>                |                                                                                                                                                      |
| <i>AI1/LO_LIM.CV</i>                |                                                                                                                                                      |
| <i>AI1/LO_LO_LIM.CV</i>             |                                                                                                                                                      |
| <i>AI1/IO_IN.REF</i>                | A aplicação define este parâmetro com base no identificador do bloco de entrada do sistema RS3                                                       |
| <i>AI1/OUT_SCALE.EU100</i>          | Definidos com base nos parâmetros dos blocos de entrada do sistema RS3.                                                                              |
| <i>AI1/OUT_SCALE.EU0</i>            |                                                                                                                                                      |

Anexo 6 - Parâmetros editados pela aplicação

|                                |                                                                                                                              |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AI1/OUT_SCALE.UNITS            |                                                                                                                              |
| AI1/XD_SCALE.EU100             |                                                                                                                              |
| AI1/XD_SCALE.EU0               | Estes parâmetros são definidos pela aplicação com base no tipo de bloco de entrada do sistema <i>Rosemount System 3</i> .    |
| AI1/XD_SCALE.UNITS             |                                                                                                                              |
| ALM1/HI_HI_LIM.CV              |                                                                                                                              |
| ALM1/HI_LIM.CV                 | Estes parâmetros correspondem aos alarmes definidos no bloco de controlo do sistema <i>RS3</i>                               |
| ALM1/LO_LIM.CV                 |                                                                                                                              |
| ALM1/LO_LO_LIM.CV              |                                                                                                                              |
| DENS_MAX.CV                    |                                                                                                                              |
| DENS_MIN.CV                    | Introduzido pelo utilizador                                                                                                  |
| K.CV                           |                                                                                                                              |
| PC.CV                          |                                                                                                                              |
| PE_OPER.CV                     |                                                                                                                              |
| PE_RTDB.CV                     |                                                                                                                              |
| PEC.CV                         |                                                                                                                              |
| PRESSAO.CV                     |                                                                                                                              |
| TC.CV                          |                                                                                                                              |
| TEMP.CV                        |                                                                                                                              |
| AO1/IO_OPTS.IncrToClose        | Definidos com base no bloco de saída do sistema <i>RS3</i> , que pertence à malha de controlo.                               |
| AO1/IO_OUT.REF                 |                                                                                                                              |
| PID1/CONTROL_OPTS.DirectActing | Definido com base no bloco de controlo ( <i>PID</i> ) do sistema <i>RS3</i> que está ligado ao bloco de entrada a converter. |
| PID1/GAIN.CV                   |                                                                                                                              |
| PID1/HI_HI_LIM.CV              | Estes parâmetros correspondem aos alarmes definidos no bloco de controlo do sistema <i>RS3</i>                               |
| PID1/HI_LIM.CV                 |                                                                                                                              |
| PID1/LO_LIM.CV                 |                                                                                                                              |
| PID1/LO_LO_LIM.CV              |                                                                                                                              |
| PID1/PV_SCALE.EU100            | Estes parâmetros são definidos pela aplicação com base no tipo de bloco de entrada do sistema <i>Rosemount System 3</i> .    |
| PID1/PV_SCALE.EU0              |                                                                                                                              |
| PID1/PV_SCALE.UNITS            |                                                                                                                              |
| PID1/RATE.CV                   | Definido com base no bloco de controlo ( <i>PID</i> ) do sistema <i>RS3</i> que está ligado ao bloco de entrada a converter. |
| PID1/RESET.CV                  |                                                                                                                              |
| PID1/SP_HI_LIM.CV              |                                                                                                                              |
| PID1/SP_LO_LIM.CV              |                                                                                                                              |

Anexo 6 - Parâmetros editados pela aplicação

|                       |                                                                                                                                   |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>HI_ALM.ENAB</i>    | Estes parâmetros são determinados pela aplicação mediante a configuração dos alarmes do bloco de controlo do sistema <i>RS3</i> . |
| <i>HI_HI_ALM.ENAB</i> |                                                                                                                                   |
| <i>LO_ALM.ENAB</i>    |                                                                                                                                   |
| <i>LO_LO_ALM.ENAB</i> |                                                                                                                                   |