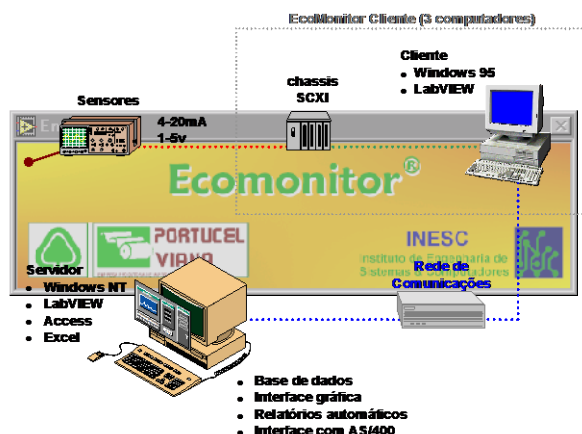




UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO



EcoMonitor - Sistema de Monitorização em Contínuo de Emissões Gasosas em Ambientes Industriais

Pedro Manuel Antão Alves

(Licenciado)

Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Orientador:

Doutor Victor da Fonte Dias

Júri:

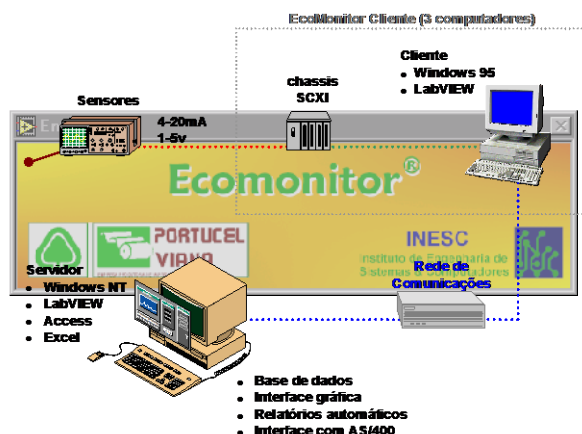
Doutor Victor Manuel da Fonte Dias

Dezembro de 1997



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO



EcoMonitor - Sistema de Monitorização em Contínuo de Emissões Gasosas em Ambientes Industriais

Pedro Manuel Antão Alves

(Licenciado)

Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Orientador:

Doutor Victor da Fonte Dias

Júri:

Doutor Victor Manuel da Fonte Dias

Dezembro de 1997

Tese realizada sob a orientação de

Victor da Fonte Dias

Professor Auxiliar

do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores
do Instituto Superior Técnico

Para os meus pais

“... por mares nunca dantes navegados ...”

Luís de Camões, Os Lusíadas

RESUMO

Um sistema de monitorização tem como principal função registar fenómenos físicos, geralmente através de sensores ou transdutores, e posteriormente efectuar processamento e representação visual.

Devido à sua evolução, os computadores têm cada vez mais aplicação em ambientes industriais, principalmente devido à generalização do conceito de instrumentação virtual, em que os dados são capturados por sistemas de aquisição de dados genéricos e processados por aplicações desenvolvidas pelo utilizador. A aplicação deste conceito, aliada à utilização de sistemas standard, permite obter uma boa relação custo/desempenho e aumentar a produtividade global devido à facilidade de construção e manutenção deste tipo de sistemas. Um exemplo de aplicação são os sistemas de monitorização em contínuo.

A legislação recentemente publicada na área Ambiental, relativa a emissões gasosas para a atmosfera, obriga as Grandes Indústrias de Combustão (GIC) a efectuar a monitorização em contínuo e a enviar periodicamente um relatório-resumo por fonte de emissão gasosa, com formato definido pela entidade reguladora.

O sistema EcoMonitor preenche por completo os requisitos legais especificados na legislação, e confere à entidade proprietária, Portucel Viana, o nível de automatização e flexibilidade pretendidas. Este sistema é baseado numa arquitectura do tipo servidor/cliente, ligada através de uma rede de comunicações. O servidor processa e arquiva os valores numa base de dados local, fornece ao utilizador uma visualização gráfica em tempo real dos valores medidos e estado do sistema, e gera automaticamente os relatórios oficiais e internos, de acordo com os formatos especificados. O cliente tem como função principal a monitorização, ininterrupta e em contínuo, dos sinais relativos às emissões gasosas e à sua transmissão para a base de dados do servidor. Ambas as aplicações, servidor e cliente, são desenvolvidas em *LabVIEW* e funcionam num computador pessoal baseado em processador *Intel Pentium*, com sistema operativo *Windows, 95 e NT*.

Palavras-chave: aquisição de dados, monitorização em contínuo, emissão de gases, computador pessoal, automação industrial, instrumentação virtual

ABSTRACT

A monitoring system is mainly used to record physical phenomena, usually through sensors or transducers, to process and represent acquired data.

As a result of their evolution, computers have now more applications in industrial environments, mainly due to the use of the virtual instrumentation philosophy, where data is gathered by generic data acquisition systems and processed by end user developed applications. The use of this concept together with available standard products, targets for a good cost/performance relation and an increased global productivity, due to ease of building and maintaining this kind of systems. One example of application is a continuous monitoring system.

Recently published legislation about environment, related to atmosphere gases emission, requires the industries with major combustion facilities to perform continuous monitoring and to periodically send reports per emission source to the authorities, in a previously defined format.

The EcoMonitor system completely fulfills all the legal requirements and gives the owner, Portucel Viana, the level of automation and flexibility required. This system is based on a server/client architecture linked through a computer network. The server functions include data process and archive, graphical interface with the user, and automatic generation of official and internal reports in previously defined formats. The client performs the continuous monitoring of electrical signals related to gases emission and their transmission to the server database. Both applications, server and client, are developed in LabVIEW and work on an Intel Pentium based personal computer, under Windows 95 or NT.

Key words: data acquisition, continuous monitoring, gases emission, personal computer, industrial automation, virtual instrumentation

AGRADECIMENTOS

O autor desta tese quer agradecer ao orientador, Prof. Victor Dias, o constante apoio e liberdade dados durante este período, bem como o incentivo a um grande conjunto de iniciativas realizadas.

Quer também agradecer ao Grupo de Circuitos Analógicos e Mistos do INESC pela disponibilização de meios, e constante apoio e espírito de equipa dos seus elementos, em particular aos Engs. José Caetano, Ricardo Jesus, José Rocha e Pedro Paiva, bem como ao líder do grupo, Prof. Medeiros Silva.

Muitos amigos e colegas ficam concerteza por mencionar, e para eles fica o tributo e agradecimento do autor.

O autor quer também agradecer às pessoas que mais de perto deram apoio nesta fase da vida, em particular à Elisa pela presença amiga de longa data, à Sónia pelas longas conversas sobre a vida e à Andreia pela confiança e cumplicidade.

Quer finalmente agradecer à família o apoio incondicional, e em especial aos pais, por terem dado as condições excelentes para superar esta prova.

A eles, o autor dedica esta tese.

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJECTIVO.....	3
1.2. ORIGINALIDADE.....	3
1.3. ORGANIZAÇÃO	5
2. ESPECIFICAÇÃO	7
2.1. INTRODUÇÃO	7
2.2. REQUISITOS LEGAIS.....	9
2.2.1. <i>Parâmetros a medir</i>	9
2.2.2. <i>Sistema de aquisição de dados</i>	10
2.2.3. <i>Regime de tolerância e validação de dados</i>	11
2.2.4. <i>Emissão de relatórios oficiais</i>	11
2.3. REQUISITOS FUNCIONAIS	13
2.4. REQUISITOS GLOBAIS	15
3. ARQUITECTURA E FUNCIONALIDADE DO SISTEMA	17
3.1. SOLUÇÃO SERVIDOR/CLIENTE.....	17
3.1.1. <i>Fiabilidade</i>	17
3.1.2. <i>Flexibilidade e Expansibilidade</i>	18
3.1.3. <i>Modularidade</i>	18
3.1.4. <i>Centralização</i>	18
3.1.5. <i>Interface Aberta</i>	18
3.1.6. <i>Auto-Gestão</i>	18
3.2. O SISTEMA ECO-MONITOR.....	19
3.2.1. <i>Equipamento dedicado</i>	20
3.2.2. <i>Autómato</i>	20
3.2.3. <i>Registador</i>	21
3.2.4. <i>Sistema de aquisição de dados remoto</i>	22
3.2.5. <i>Computador pessoal com sistema de aquisição de dados</i>	23
3.2.6. <i>Protocolos de Comunicação</i>	24
3.3. EQUIPAMENTO	26
3.3.1. <i>Sistema de aquisição de dados</i>	26
3.3.2. <i>Computador Pessoal – Nível Cliente</i>	31
3.3.3. <i>Computador Pessoal – Nível Servidor</i>	31
3.3.4. <i>Rede de Comunicações</i>	31
3.4. APLICAÇÕES.....	31
3.4.1. <i>Sistema Operativo – Nível Cliente</i>	32
3.4.2. <i>Sistema Operativo – Nível Servidor</i>	32
3.4.3. <i>Ambiente de Desenvolvimento de Aplicações – Nível Cliente</i>	33
3.4.4. <i>Ambiente de Desenvolvimento de Aplicações – Nível Servidor</i>	34
3.4.5. <i>Aplicação para Elaboração e Apresentação de Relatórios</i>	35
3.4.6. <i>Base de Dados</i>	35
3.5. ESTRUTURA DO NÍVEL CLIENTE	35
3.6. ESTRUTURA DO NÍVEL SERVIDOR	37
3.7. CONFIGURAÇÃO FINAL	39

4. ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO	41
4.1. MODELO DE DESENVOLVIMENTO	41
4.2. TEMPORIZAÇÃO DE TAREFAS.....	43
4.2.1. Tarefa 1 – Especificação	44
4.2.2. Tarefa 2 – Aquisição de Material	44
4.2.3. Tarefa 3 – Integração dos Equipamentos do Nível Cliente	44
4.2.4. Tarefa 4 – Desenvolvimento da Aplicação do Nível Cliente	44
4.2.5. Tarefa 5 – Desenvolvimento da Aplicação do Nível Servidor	44
4.2.6. Tarefa 6 – Integração da Interface com o AS/400.....	44
4.2.7. Tarefa 7 – Desenvolvimento do Módulo de Interface com o AS/400	45
4.2.8. Tarefa 8 – Teste do Sistema	45
4.2.9. Tarefa 9 – Instalação e Formação.....	45
4.3. ESTRATÉGIA DE TESTE	45
4.3.1. Teste de aplicações	45
4.3.2. Teste do sistema – simulado.....	46
4.3.3. Teste in loco.....	46
4.4. DOCUMENTAÇÃO	46
4.5. FORMAÇÃO	46
5. INTERFACE COM O UTILIZADOR.....	49
5.1. GENERALIDADES SOBRE A OPERAÇÃO	49
5.2. FUNCIONAMENTO DO NÍVEL SERVIDOR.....	49
5.3. FUNCIONAMENTO DO NÍVEL CLIENTE	50
5.4. DESCRIÇÃO DA FUNCIONALIDADE	50
5.4.1. Painel de Inicialização do Nível Servidor	51
5.4.2. Painel de Registo de Operador	52
5.4.3. Painel Principal	52
5.4.4. Painel de Administração	53
5.4.5. Painel de Invalidação/Validação de Medições.....	53
5.4.6. Painel de Listagem de Validações/Invalidações.....	54
5.4.7. Painel de Gestão de Utilizadores.....	54
5.4.8. Painel de Cópias de Segurança	55
5.4.9. Painel de Actualização de Leituras	55
5.4.10. Painel de Configuração.....	56
5.4.11. Painel de Constantes	56
5.4.12. Painel de Configuração de Alarmes.....	57
5.4.13. Painel de Introdução de Valores	58
5.4.14. Painel de Parâmetros de Aquisição.....	59
5.4.15. Painel de Introdução de Valores Mensais.....	59
5.4.16. Painel de Configuração do AS/400	60
5.4.17. Painel de Visualização Gráfica	61
5.4.18. Painel de Escolha Múltipla	62
5.4.19. Painel de Impressão.....	63
5.4.20. Painel de Listagens.....	64
5.4.21. Painel de Listagem de Calibrações	64
5.4.22. Painel de Listagem de Alarmes.....	65
5.4.23. Painel de Listagem de Valores.....	66
5.4.24. Painel de Calibrações.....	67
5.4.25. Painel de Relatórios.....	67
5.4.26. Painel de notificação de alarmes.....	68
5.4.27. Painel de Edição de Comentário	68

5.4.28. Painel de Inicialização do nível cliente.....	69
5.4.29. Painel de Utilização do Nível Cliente	69
5.4.30. Painel de Verificação do Estado de Funcionamento.....	70
6. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS DE TRABALHO FUTURO.....	71
6.1. CONCLUSÕES.....	71
6.2. PERSPECTIVAS DE TRABALHO FUTURO	73
BIBLIOGRAFIA	75
APÊNDICE A - DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS	79
APÊNDICE B - MODELOS DOS RELATÓRIOS OFICIAIS.....	89
APÊNDICE C - RELATÓRIOS INTERNOS	95
APÊNDICE D – MANUAL DO PROGRAMADOR.....	99
APÊNDICE E - CRONOGRAMA DE TAREFAS.....	153

ÍNDICE DE FIGURAS

FIG. 1.1 - SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS GENÉRICO	1
FIG. 1.2 - INSTRUMENTAÇÃO TRADICIONAL VERSUS INSTRUMENTAÇÃO VIRTUAL	2
FIG. 2.1 – FOTOGRAFIA DA CHAMINÉ DAS CALDEIRAS (CR E CA) E DE UM CEM	8
FIG. 2.2 – DIAGRAMA QUALITATIVO DA INSTALAÇÃO FABRIL.....	8
FIG. 2.3 - OPERAÇÕES A EFECTUAR SOBRE OS SINAIS ADQUIRIDOS	10
FIG. 2.4 - TRATAMENTO ESTATÍSTICO PARA ELABORAÇÃO DOS RELATÓRIOS OFICIAIS - GIC.....	12
FIG. 2.5 - TRATAMENTO ESTATÍSTICO PARA ELABORAÇÃO DOS RELATÓRIOS OFICIAIS - CASO GERAL.....	13
FIG. 2.6 - PRINCIPAIS OPERAÇÕES A REALIZAR PELO SISTEMA.....	14
FIG. 3.1 – SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS COM AUTÓMATO.....	21
FIG. 3.2 - SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS COM REGISTADOR	21
FIG. 3.3 - SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS REMOTO.....	22
FIG. 3.4 - SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS COM COMPUTADOR LOCAL	23
FIG. 3.5 - ARQUITECTURA DO SISTEMA EcoMONITOR	26
FIG. 3.6 – ESTRUTURA DO NÍVEL CLIENTE	36
FIG. 3.7 – ESTRUTURA DO NÍVEL SERVIDOR	38
FIG. 3.8 - CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA EcoMONITOR.....	39
FIG. 4.1 – MODELO DE DESENVOLVIMENTO	42
FIG. 5.1 - HIERARQUIA DE PAINÉIS	51
FIG. 5.2 – PAINEL DE ENTRADA NA APLICAÇÃO	51
FIG. 5.3 – PAINEL DE INICIALIZAÇÃO.....	51
FIG. 5.4 – PAINEL DE VALIDAÇÃO DE OPERADOR.....	52
FIG. 5.5 – PAINEL PRINCIPAL	52
FIG. 5.6 – PAINEL DE ADMINISTRAÇÃO.....	53
FIG. 5.7 – PAINEL DE VALIDAÇÃO/INVALIDAÇÃO DE MEDIÇÕES.....	53
FIG. 5.8 – PAINEL DE LISTAGEM DE VALIDAÇÕES/INVALIDAÇÕES	54
FIG. 5.9 – PAINEL DE GESTÃO DE OPERADORES.....	55
FIG. 5.10 – PAINEL DE CÓPIAS DE SEGURANÇA	55
FIG. 5.11 – PAINEL DE CÓPIAS MANUAL DE DADOS ADQUIRIDOS.....	56
FIG. 5.12 – PAINEL DE CONFIGURAÇÃO	56
FIG. 5.13 – PAINEL DE INTRODUÇÃO DE CONSTANTES.....	57
FIG. 5.14 – PAINEL DE CONFIGURAÇÃO DE ALARMES	57
FIG. 5.15 – PAINEL DE CONFIGURAÇÃO DE SINAIS E INTRODUÇÃO DE VALORES	58
FIG. 5.16 – PAINEL DE VISUALIZAÇÃO DE PARÂMETROS	59
FIG. 5.17 – PAINEL DE INTRODUÇÃO DE VALORES MENSAIS	60
FIG. 5.18 – PAINEL DE CONFIGURAÇÃO DE LEITURA DO AS/400	60
FIG. 5.19 – PAINEL DE VISUALIZAÇÃO DE GRÁFICOS	61
FIG. 5.20 – CONFIGURAÇÃO DE AMPLIAÇÃO	62
FIG. 5.21 – PAINEL DE COMPARAÇÃO ENTRE CEMS	63
FIG. 5.22 – PAINEL DE IMPRESSÃO DE GRÁFICOS	63
FIG. 5.23 – PAINEL DE ESCOLHA DE LISTAGENS	64
FIG. 5.24 – PAINEL DE LISTAGEM DE CALIBRAÇÕES	65
FIG. 5.25 – PAINEL DE LISTAGEM DE ALARMES.....	65
FIG. 5.26 – PAINEL DE LISTAGEM DE VALORES	66
FIG. 5.27 – PAINEL DE CONTROLO DE CALIBRAÇÕES	67
FIG. 5.28 – PAINEL DE EMISSÃO DE RELATÓRIOS	67
FIG. 5.29 – PAINEL DE NOTIFICAÇÃO DE ALARMES.....	68
FIG. 5.30 – PAINEL DE EDIÇÃO DE COMENTÁRIOS	69
FIG. 5.31 – PAINEL DE INICIALIZAÇÃO DO NÍVEL CLIENTE	69
FIG. 5.32 – PAINEL DE UTILIZAÇÃO DO NÍVEL CLIENTE	69
FIG. 5.33 – PAINEL DE VERIFICAÇÃO DE FUNCIONAMENTO DO NÍVEL CLIENTE	70

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 2.1 - POLUENTES SUJEITOS A MEDIÇÃO OBRIGATÓRIA.....	9
TABELA 2.2 - PARÂMETROS OPERACIONAIS PARA AJUSTE A VALORES DE REFERÊNCIA	10
TABELA 3.1 - PRINCIPAIS FUNCIONALIDADES DO SERVIDOR.....	19
TABELA 3.2 - PRINCIPAIS FUNCIONALIDADES DO CLIENTE	19
TABELA 3.3 – COMPARAÇÃO ENTRE PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO	24
TABELA 3.4 – COMPARAÇÃO ENTRE ARQUITECTURAS POSSÍVEIS PARA O NÍVEL CLIENTE	25
TABELA 3.5 – SINAIS NO NÍVEL CLIENTE	27
TABELA 3.6 – COMPARAÇÃO ENTRE FABRICANTES DE SISTEMAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS	29
TABELA 3.7 – COMPARAÇÃO ENTRE FABRICANTES DE SISTEMAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS	34
TABELA 6.1 - MÉTRICAS DAS APLICAÇÕES DESENVOLVIDAS.....	73
TABELA A.1 - SINAIS A MONITORAR NA CALDEIRA AUXILIAR.....	80
TABELA A.2 - CONVERSÃO GRANDEZA FÍSICA - GRANDEZA ELÉCTRICA NA CALDEIRA AUXILIAR	80
TABELA A.3 - VALORES LIMITES E TIPO DE SINAIS NA CALDEIRA AUXILIAR	82
TABELA A.4 - SINAIS A MONITORAR NA CALDEIRA DE RECUPERAÇÃO	83
TABELA A.5 - CONVERSÃO GRANDEZA FÍSICA - GRANDEZA ELÉCTRICA NA CALDEIRA DE RECUPERAÇÃO.....	83
TABELA A.6 - VALORES LIMITES E TIPO DE SINAIS NA CALDEIRA DE RECUPERAÇÃO	85
TABELA A.7 - SINAIS A MONITORAR NO FORNO DA CAL	86
TABELA A.8 - CONVERSÃO GRANDEZA FÍSICA - GRANDEZA ELÉCTRICA NO FORNO DA CAL	86
TABELA A.9 - VALORES LIMITES E TIPO DE SINAIS NO FORNO DA CAL.....	88
TABELA C.1 - POLUENTES A INCLUIR NOS RELATÓRIOS INTERNOS	96

1. INTRODUÇÃO

Em indústrias de grande porte, como a papelreira, a petroquímica, a farmacêutica e outras, existe um número elevado de grandezas físicas que é necessário monitorar, com o objectivo de tomar decisões para o controlo do processo ou simplesmente para efectuar o seu registo. Estas grandezas físicas, tipicamente da ordem das centenas, podem ser temperaturas, pressões, fluxos, níveis, ou outras. O valor de cada uma destas grandezas físicas pode ser representado por meio de um indicador, analógico ou digital, e o operador pode a qualquer instante observar o seu valor [1].

Para realizar o registo histórico do comportamento de cada grandeza existem sistemas de aquisição de dados que permitem ao operador capturar os dados e efectuar o processamento, em tempo real ou à posteriori, com o objectivo de tomar decisões sobre o controlo do processo ou emitir relatórios. Um sistema de aquisição de dados genérico possui cinco funcionalidades distintas: captura de dados, arquivo, processamento, visualização, e actuação [2].



Fig. 1.1 - Sistema de aquisição de dados genérico

A captura, ou aquisição, de dados consiste em transformar a grandeza física em informação apta a ser arquivada e tratada; esta operação envolve a conversão da grandeza física num sinal eléctrico analógico, através de um transdutor [3], e conversão em sinal digital, de forma a ser arquivado e processado. O principal objectivo do sistema é efectuar determinado processamento aos sinais adquiridos, em tempo real ou aos dados em arquivo, para efectuar controlo do processo ou elaborar relatórios.

Um sistema de monitorização em contínuo é um caso particular do sistema de aquisição de dados genérico em que os dados são adquiridos sem interrupções e o seu processamento não influencia o controlo do processo. Os principais objectivos de um sistema de monitorização são libertar o operador da tarefa de registo manual dos valores e permitir a integração dos dados adquiridos no controlo do processo fabril.

A evolução tecnológica ao longo dos últimos anos, tornou o computador pessoal numa plataforma única para a implementação de sistemas de aquisição de dados. Este facto deve-se principalmente ao baixo custo e elevadas performance e fiabilidade dos computadores pessoais, tornando possível o desenvolvimento de sistemas anteriormente não realizáveis, nomeadamente devido ao elevado número de variáveis a processar e aos custos envolvidos. Por ser uma plataforma de ampla utilização, existem hoje diversos fabricantes de placas de interface genéricas e aplicações standard que mantêm os sistemas baseados em computadores pessoais com baixos custos de desenvolvimento e de manutenção [4]. O principal objectivo ao escolher um computador pessoal como plataforma base para um sistema de aquisição de dados é aproveitar as suas características principais, como a simplicidade de utilização da interface gráfica, a capacidade de armazenamento e transferência de dados e a capacidade de processamento. Consciente deste facto, o mercado de instrumentação e sistemas de aquisição de

dados disponibiliza várias dezenas de placas de interface que oferecem capacidades diversas de interface bi-direccional entre o computador pessoal e o mundo real.

Um sistema de aquisição de dados baseado no conceito de instrumentação virtual consiste num conjunto de placas de interface multiusos e uma aplicação de processamento e controlo. A utilização de componentes standard, placas de aquisição de dados e aplicações, confere ao sistema uma maior fiabilidade e flexibilidade, e também uma redução de custos de investimento inicial e de manutenção. Neste tipo de configuração multiuso a funcionalidade é determinada pelas aplicações desenvolvidas e não pelo equipamento utilizado cuja funcionalidade é definida pelo seu fabricante (como em sistemas do tipo chave-na-mão), como se observa conceptualmente na Fig. 1.2 em que as funções estão disponíveis para utilização e configuração pelo utilizador.

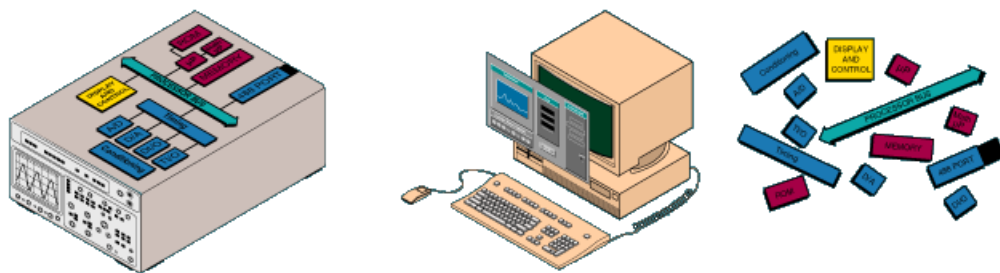


Fig. 1.2 - Instrumentação tradicional versus instrumentação virtual

Este tipo de sistemas tem aplicação em diversas áreas industriais como a petroquímica, os transportes, os semicondutores, o saneamento e a medicina ([5] a [13]). A escolha de sistemas baseados em instrumentação virtual é particularmente útil quando há a necessidade de efectuar processamento e visualização de grandes conjuntos de dados adquiridos, como é o caso de um sistema de monitorização de parâmetros relativos às emissões gasosas para controlo da qualidade do ambiente.

A preservação e melhoria do ambiente é um factor essencial para a garantia da qualidade de vida das populações, a par do desenvolvimento económico e social. No passado têm-se verificado sucessivas degradações da qualidade do ambiente, em particular no aumento de poluição atmosférica nas zonas onde o desenvolvimento tem sido mais acentuado. Neste contexto, a legislação ambiental surge como uma medida para salvaguarda do recurso "ar" através da redução e do controlo das emissões gasosas de contaminantes para a atmosfera [14]. Ficam assim definidas normas genéricas para a realização das medições e são identificadas as instalações industriais sujeitas à implementação de um sistema de auto-controlo. Posteriormente são definidos os valores limites para cada poluente e tipo de indústria [15] e definidos os pormenores de implementação dos sistemas de monitorização de emissões gasosas [16].

De forma a dotar as entidades competentes com informação sobre as emissões gasosas das Grandes Instalações Industriais (GIC) são definidos formatos e normas de processamento para elaboração dos relatórios-resumo periódicos resultantes do auto-controlo realizado por sistemas de medição em contínuo. São também definidos os parâmetros relativos à periodicidade da recolha de informação, período de integração base e forma de arquivo, bem como normas sobre o funcionamento efectivo das fontes de emissão e invalidação de dados.

Perante este quadro legal, a Portucel Viana, fábrica de papel e pasta com sede em Viana do Castelo, é uma das GIC em Portugal com necessidade de efectuar a monitorização em contínuo das emissões gasosas para a atmosfera.

1.1. Objectivo

O objectivo deste trabalho é realizar um sistema de monitorização em contínuo de emissões gasosas capaz de responder integralmente aos requisitos legais e ao nível de automatização e flexibilidade necessários a uma unidade industrial.

Inicialmente pretende fazer-se o levantamento exaustivo dos requisitos legais, das necessidades da entidade utilizadora e das necessidades de interface com sistemas existentes, tanto ao nível da aquisição de dados como da produção de resultados. A arquitectura do sistema deve permitir a expansibilidade futura para mais canais ou novas estações de medida, a facilidade de introdução de novos processamentos sobre os dados em bruto e a auto-suficiência de gestão e configuração por parte do operador.

As principais funcionalidades do sistema a implementar são a aquisição em contínuo, transmissão, pré-processamento e arquivo das grandezas físicas medidas pelos sensores; a visualização gráfica por consulta ao arquivo; e a elaboração automática de relatórios em formato *Microsoft Excel* pré-definido.

A instalação de um sistema de monitorização em contínuo tem também como objectivo libertar os recursos humanos associados à recolha e tratamento dos dados medidos pelos sensores e à elaboração dos relatórios periódicos. A automatização de todo o processo pretende minorar a introdução de erros nas medidas e cálculos posteriores e informar o operador da ocorrência de condições de alarme pré-definidas.

As escolhas a efectuar ao nível do arquivo de dados e de possibilidades de interface com outros sistemas devem ter em conta futuras necessidades de transferência de dados bi-direccional entre este sistema e outros existentes, de forma a permitir a integração de dados num relatório global do processo fabril.

Uma característica pretendida é a utilização de equipamentos e aplicações standard, ambos disponíveis comercialmente, para reduzir os custos globais e simplificar as eventuais reparações e evoluções futuras. Aliado a este facto, a arquitectura do sistema deve ser aberta e baseada no conceito de instrumentação virtual.

Este trabalho termina com a instalação numa fábrica de papel e pasta da Portucel Viana, onde o sistema é testado, validado e posteriormente utilizado em contínuo.

Não é objectivo desta tese aprofundar o funcionamento das diversas partes que compõem o sistema, mas sim detalhar a concepção, os critérios de escolha dos componentes e as estratégias de desenvolvimento e teste de um sistema de aquisição de dados. Esta linha de orientação visa enquadrar este trabalho no sector de integração de sistemas, um dos segmentos de maior valor acrescentado e oportunidade de crescimento na estrutura de actividades industriais e serviços das Tecnologias de Informação e Electrónica (TIE) em Portugal [17].

1.2. Originalidade

O trabalho desenvolvido apresenta características originais, comprovadas pelas publicações e participações enumeradas de seguida.

- Pedro A. Alves, José S. Caetano, Ricardo J. Jesus, Victor F. Dias, "EcoMonitor - Monitorização em Contínuo de Emissões Gasosas em Caldeiras e Fornos Industriais", 2º Encontro do PULL (*Portuguese Users of LabVIEW and LabWindows*) e NIDay 97, Porto - Portugal, 1997 [18];
- Pedro A. Alves, José S. Caetano, Ricardo J. Jesus, Victor F. Dias, "EcoMonitor - Sistema Automático de Aquisição e Transmissão de Dados ", Participação no *Prémio ANIMEE de Inovação e Criatividade*, 10º Encontro Nacional para o Desenvolvimento das Indústrias Eléctricas e Electrónicas (ENDIEL97), Porto - Portugal, 1997 [19];
- Pedro A. Alves, José S. Caetano, Ricardo J. Jesus, Victor F. Dias, "EcoMonitor - Air Quality Continuous Monitoring System", *Best Paper in Industrial Automation Category, National Instruments Week 97 (NIWeek97)*, Austin - Estados Unidos da América, 1997 [20];
- Pedro A. Alves, José S. Caetano, Ricardo J. Jesus, Victor F. Dias, "EcoMonitor - Sistema de Monitorização Contínua de Emissões Gasosas ", *Reviproject*, nº 92, 1997, pp. 17-19 [21];
- Pedro A. Alves, José S. Caetano, Ricardo J. Jesus, Victor F. Dias, "EcoMonitor - Sistema de Monitorização Contínua de Emissões Gasosas ", *Instrumentation Newsletter*, vol. 9 nº 4, 1997 [22];
- <http://analog.inesc.pt/pull/alliance/ecomon.htm> - página de divulgação do sistema EcoMonitor na Internet.

Destacam-se ainda alguns aspectos mais notórios de originalidade e criatividade do sistema EcoMonitor.

A utilização de equipamentos standard - sistemas de aquisição de dados, linguagem de programação gráfica, aplicações e computadores pessoais - confere ao sistema o nível de flexibilidade requerido, mantendo os custos de desenvolvimento e manutenção baixos. Este factor é complementado pela documentação de suporte e formação disponibilizada, ambas ao nível da operação e manutenção técnica.

A escolha de uma plataforma de larga utilização, *Windows*, e de uma rede de comunicações, *ethernet*, tornam o EcoMonitor num sistema de simples utilização, com possibilidade de expansão e utilização dos seus recursos para outras actividades. A simplicidade da interface homem-máquina permite a sua utilização e gestão por operadores menos familiarizados com ambientes de programação ou de controlo industrial.

Os níveis de automatização de tarefas e de configuração remota elevados permitem à entidade proprietária do sistema libertar recursos humanos assignados às tarefas de registo dos sinais e verificação de funcionamento dos sensores.

1.3. Organização

Esta dissertação está organizada em seis capítulos.

No primeiro capítulo, Introdução, o trabalho é enquadrado no âmbito dos sistemas de aquisição de dados e são definidos os objectivos a atingir.

No segundo capítulo, Especificação, são definidos os requisitos e funcionalidades do ponto de vista do proprietário do sistema e clarificadas as normas a cumprir.

No terceiro capítulo, Arquitectura e Funcionalidade do Sistema, é descrita a arquitectura escolhida e a particularização para o sistema EcoMonitor. São também referidos os critérios de escolha dos equipamentos e das aplicações, bem como das plataformas computacionais. São também delineadas as estruturas dos níveis servidor e cliente.

No quarto capítulo, Estratégia de Desenvolvimento, é descrito o planeamento do trabalho e as suas diversas fases de execução, e a estratégia de teste seguida. São também descritas as acções complementares à execução do sistema EcoMonitor, por forma a tornar o proprietário autónomo na sua manutenção e evolução.

No quinto capítulo, Interface com o Operador, é descrita em pormenor a interface com o operador que corresponde a toda a funcionalidade implementada no sistema EcoMonitor.

No sexto capítulo são apresentadas as Conclusões e Perspectivas de Trabalho Futuro, salientando-se o cumprimento dos objectivos propostos e a oportunidade de comprovar o correcto funcionamento do sistema *in-loco*. São ainda referidas algumas oportunidades de desenvolvimento de sistemas similares para outras entidades.

Em apêndice, são apresentados os parâmetros de configuração do sistema, os exemplares dos relatórios oficiais criados automaticamente, a descrição dos relatórios internos, o manual do programador e o cronograma de tarefas programadas para a execução do sistema.

2. ESPECIFICAÇÃO

Neste capítulo são apresentadas as especificações técnicas e funcionais do sistema. Como o sistema EcoMonitor se destina primeiramente a cumprir um conjunto de normas legislativas, ficam desta forma definidos um conjunto de requisitos a vários níveis. Por outro lado, são de considerar requisitos funcionais por parte do operador e requisitos globais resultantes da envolvente ao sistema.

A concepção e posterior desenvolvimento de um sistema para funcionamento ininterrupto numa unidade industrial implica preocupações acrescidas nos campos da robustez e fiabilidade, e também na auscultação das necessidades por parte do seu futuro operador, referido no texto como proprietário do sistema. Perante estes factores, a correcta elaboração e aprovação das especificações são fases decisivas para garantir o sucesso após a implementação do sistema.

2.1. Introdução

O sistema EcoMonitor tem como objectivo final a instalação na Portucel Viana, uma das maiores empresas produtoras de pasta e papel em Portugal. Embora a fábrica de Viana do Castelo seja relativamente recente, pois labora desde 1974, a generalidade das componentes da instalação fabril são ainda as originais, não possuindo qualquer forma de controlo distribuído ou infraestrutura de comunicações nas zonas das instalações de combustão a monitorar.

No processo de manufactura do papel, são utilizadas três instalações de combustão que se enquadram na categoria das Grandes Instalações de Combustão (GIC), abrangidas pela legislação referida em [14] e sobre as quais é necessário efectuar a monitorização em contínuo de emissões gasosas emitidas para a atmosfera ([15] e [16]). Estas instalações de combustão são a Caldeira Auxiliar (CA), a Caldeira de Recuperação (CR) e o Forno da Cal (FC). Cada uma destas instalações possuem uma sala de controlo própria onde os sinais relativos ao processo são representados e registados por sistemas de visualização convencionais e independentes entre si, encontrando-se também disponíveis na forma eléctrica.

Como resultado da aplicação da legislação, a Portucel Viana, instalou em cada GIC um conjunto de sensores de medida dos poluentes cuja emissão é necessário monitorar. Estes conjuntos, designados por *CEM*¹, implementam as rotinas de medida e calibração periódica necessárias ao funcionamento dos sensores, algumas funções de pré-processamento (como linearização das medidas), e disponibilizam os resultados através de indicadores numéricos e sinais eléctricos. Cada *CEM* está instalado numa sala de ambiente condicionado junto da respectiva fonte de emissão.

Na Fig. 2.1 mostra-se a chaminé da caldeira de recuperação e caldeira auxiliar e o conjunto de equipamentos de um *CEM*, e na Fig. 2.2 é representado um diagrama qualitativo da disposição das componentes de interesse na instalação fabril.

¹ *CEM* (Continuous Emission Monitoring System) – Designação do conjunto de sensores em cada instalação de combustão



Fig. 2.1 – Fotografia da chaminé das caldeiras (CR e CA) e de um CEM

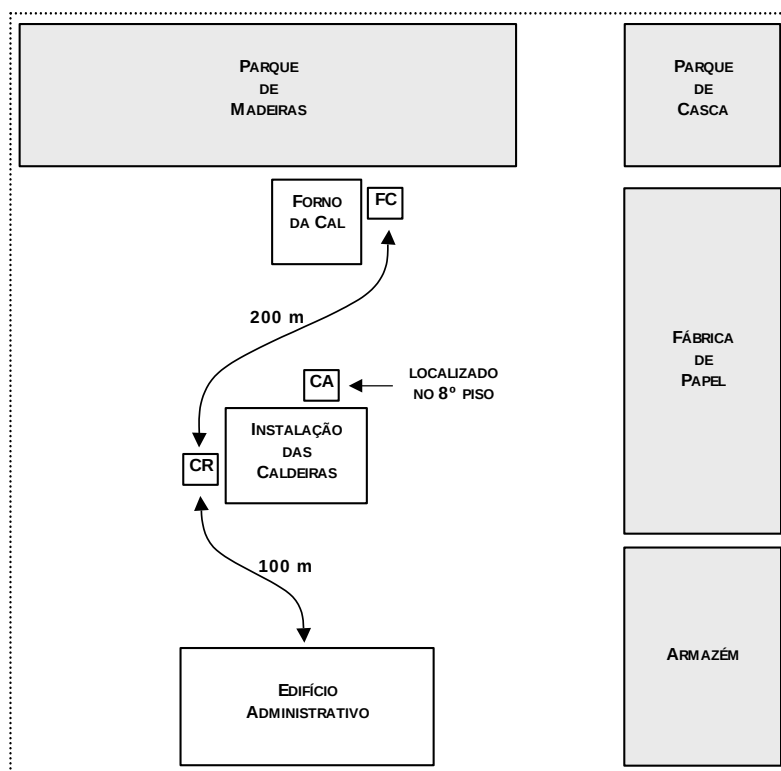


Fig. 2.2 – Diagrama qualitativo da instalação fabril

Os principais objectivos a atingir com o sistema EcoMonitor são a automatização do processo de recolha dos dados das três GIC da instalação fabril, a observação dos dados recolhidos e a emissão dos relatórios periódicos.

2.2. Requisitos legais

A preservação e melhoria da qualidade do ambiente, consagrada na Lei de Bases do Ambiente, em conjunto com o desenvolvimento harmonioso das actividades económicas, é um factor essencial para a garantia da qualidade de vida das populações. Com o objectivo de combater o aumento de poluição atmosférica nas zonas onde o desenvolvimento tem sido mais acentuado, surge um conjunto de legislação na área ambiental como uma medida para salvaguarda do recurso "ar" através da redução e do controlo das emissões gasosas de contaminantes para a atmosfera. A legislação referida encontra-se dividida em três partes: decreto-lei que transpõe para o direito interno as normas europeias relativas às instalações de combustão e faz a sua identificação [14]; portaria que define os poluentes, seus valores limites e valores guias e estabelece os métodos de medição [15]; nota técnica que regulamenta as normas para o registo, pré-processamento e arquivo dos dados relativos às emissões gasosas, bem como para a emissão e envio de relatórios às entidades competentes [16].

O decreto lei tem como objectivo principal a criação de condições para efectuar a gestão da qualidade do ar a nível nacional, através da criação de uma rede de vigilância da qualidade do ar com integração dos sistemas de monitorização das instalações industriais. A portaria subsequente ao decreto lei define os valores limite da concentração de poluentes a serem emitidos por fontes fixas. Alguns destes valores limite são particularizados para determinado tipo de indústria, como é o caso da produção de pasta de papel. São também definidos os métodos de referência para a amostragem e condições de realização de medições em contínuo dos poluentes. Na nota técnica regulamentadora pode encontrar-se um resumo de todo o processo de autocontrolo das emissões industriais para a atmosfera resultante de medições em contínuo. O objectivo final é dotar as entidades competentes de informação relevante sem tornar necessária a importação dos dados em bruto de cada fonte de emissão.

2.2.1. Parâmetros a medir

São definidos os poluentes cuja medição é obrigatória em contínuo (ver Tabela 2.1) e os parâmetros operacionais que permitem ajustar os valores medidos a valores de referência (ver Tabela 2.2), também a serem medidos em contínuo.

Poluentes
dióxido de enxofre (SO ₂)
partículas em suspensão
dióxido de azoto (NO _x)
monóxido de carbono (CO)
ozono
chumbo

Tabela 2.1 - Poluentes sujeitos a medição obrigatória

Parâmetros operacionais
temperatura dos efluentes
pressão
teor de vapor de água
teor de oxigénio
velocidade de saída dos gases

Tabela 2.2 - Parâmetros operacionais para ajuste a valores de referência

Os valores medidos directamente dos sensores carecem de correcção para cálculo das concentrações normalizadas, de acordo com a fórmula geral apresentada em (2.1),

$$C_{ref} = C_{med} \cdot \frac{21 - O_{2ref}}{21 - O_{2med}} \cdot \frac{100}{100 - H_2O_{med}} \cdot \frac{T_{med}}{T_{ref}} \cdot \frac{P_{ref}}{P_{med}} \quad (2.1)$$

em que as variáveis representam:

C_{ref}	concentração normalizada;
C_{med}	concentração real, ou medida;
O_2	teor de oxigénio;
T	temperatura;
H_2O	teor de vapor de água;
P	pressão;
med	valor medido;
ref	valor de referência;

A particularização para cada poluente e fonte emissora é efectuada no Apêndice A.

2.2.2. Sistema de aquisição de dados

A medição das concentrações dos poluentes é efectuada por um conjunto de sensores instalados em cada uma das fontes de emissão existentes na instalação industrial, sendo disponibilizado um sinal eléctrico de valor proporcional à grandeza física medida. Assim, o sistema de monitorização tem como funções principais adquirir e arquivar os sinais de acordo com o esquema apresentado na Fig. 2.3.

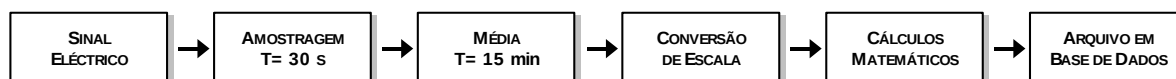


Fig. 2.3 - Operações a efectuar sobre os sinais adquiridos

O sistema de aquisição de dados tem um período de amostragem de 30 segundos, e para efeitos de arquivo são consideradas as médias correspondentes a 15 minutos de amostragem dos sinais. Antes de serem arquivados os valores medidos sofrem duas correcções, uma para efectuar a conversão de escala eléctrica em grandeza física e outra para normalização aos valores de referência.

Além das concentrações dos poluentes emitidos são também monitorados em contínuo outros sinais, alguns necessários para a aplicação da normalização de referência, outros como indicadores do processo. Estes sinais são também sujeitos às operações de conversão de escala e a cálculos matemáticos, por exemplo de conversão de unidades. As conversões a efectuar são indicadas no Apêndice A.

Os dados em arquivo têm de estar disponíveis por um período de 5 anos para eventuais consultas ou fiscalizações por parte das entidades competentes.

Os equipamentos de medida das grandezas físicas, bem como do sistema de monitorização, devem ser sujeitos a calibrações periódicas para verificação do seu correcto funcionamento.

2.2.3. Regime de tolerância e validação de dados

São considerados respeitados os valores limite de emissão quando para as horas de funcionamento da fonte de emissão nenhum valor médio mensal excede os valores limites e nenhum valor médio diário excede em mais de 30 por cento os valores limite. São definidas um conjunto de situações em que os valores limite podem ser excepcionalmente excedidos, como sejam o arranque e paragem das instalações de combustão, períodos em que se verifiquem avarias e períodos de mau funcionamento dos sensores. A ocorrência destas situações pode justificar a invalidação de dados em bruto que não são contabilizados para efeitos de produção de relatórios.

2.2.4. Emissão de relatórios oficiais

A elaboração de relatórios é efectuada com uma periodicidade trimestral e é da responsabilidade dos estabelecimentos industriais o seu envio às entidades competentes. O universo de trabalho para efeitos de tratamento estatístico é o período de integração base, definido como sendo de 60 minutos. O relatório com os resultados do autocontrolo é produzido num formato standard (folha de cálculo pré-formatada em *Microsoft Excel*) e é enviada em suporte magnético (disquette de 3,5") às entidades competentes.

Existem dois tipos de relatórios, para as GIC e para as restantes fontes de emissão, cujo processamento necessário à elaboração dos relatórios é explicitado respectivamente nas Fig. 2.4 e Fig. 2.5 e os modelos pré-formatados são apresentados no Apêndice B.

Os valores referidos nas figuras são sempre valores válidos, calculados de acordo com o referido na subsecção anterior.

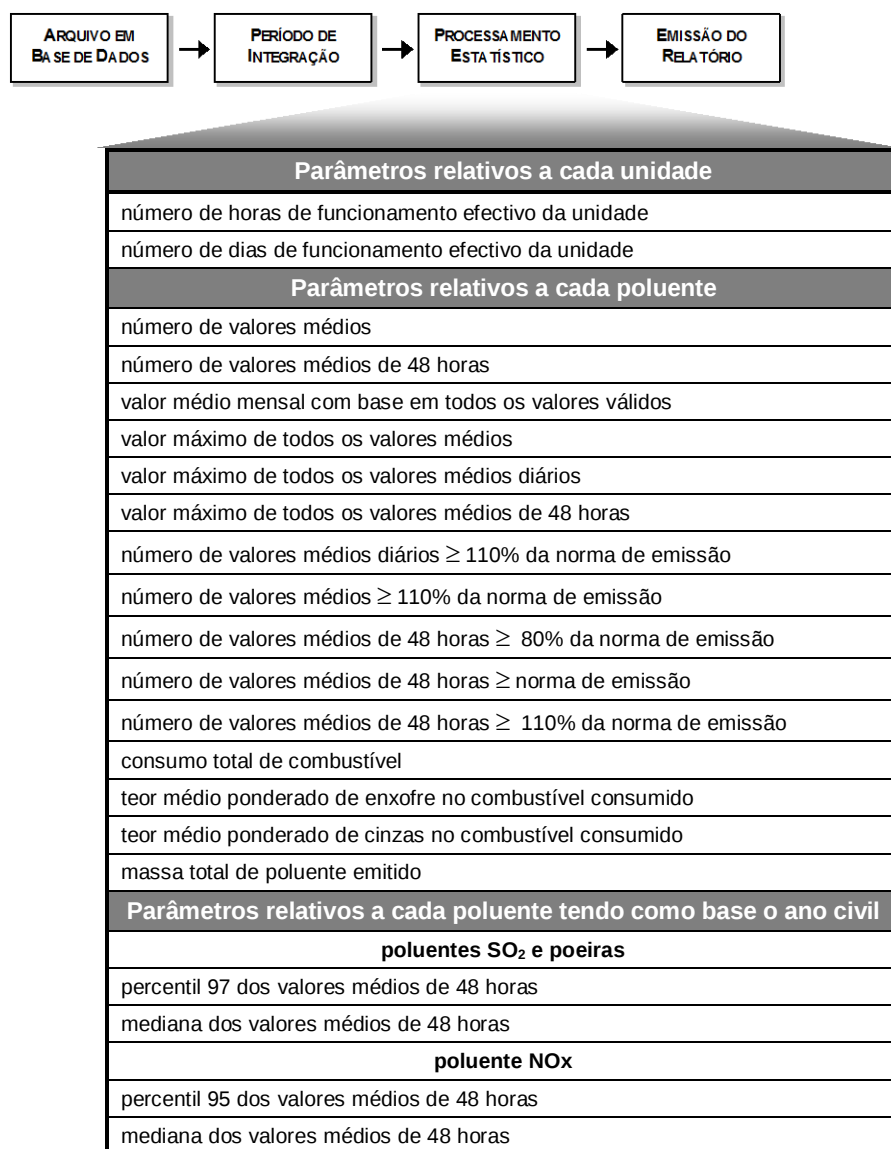


Fig. 2.4 - Tratamento estatístico para elaboração dos relatórios oficiais - GIC

Considera-se período de funcionamento efectivo todo aquele em que há emissão de poluentes para a atmosfera como resultado do processo industrial em causa. Para efeitos de tratamento estatístico e posterior emissão de relatórios não são contabilizados os valores inválidos (ver subsecção 2.2.3). Qualquer período só é considerado como válido se 75 por cento dos valores totais são válidos (Ex. um dia efectivo, 24 horas, terá de ter pelo menos 18 horas válidas).

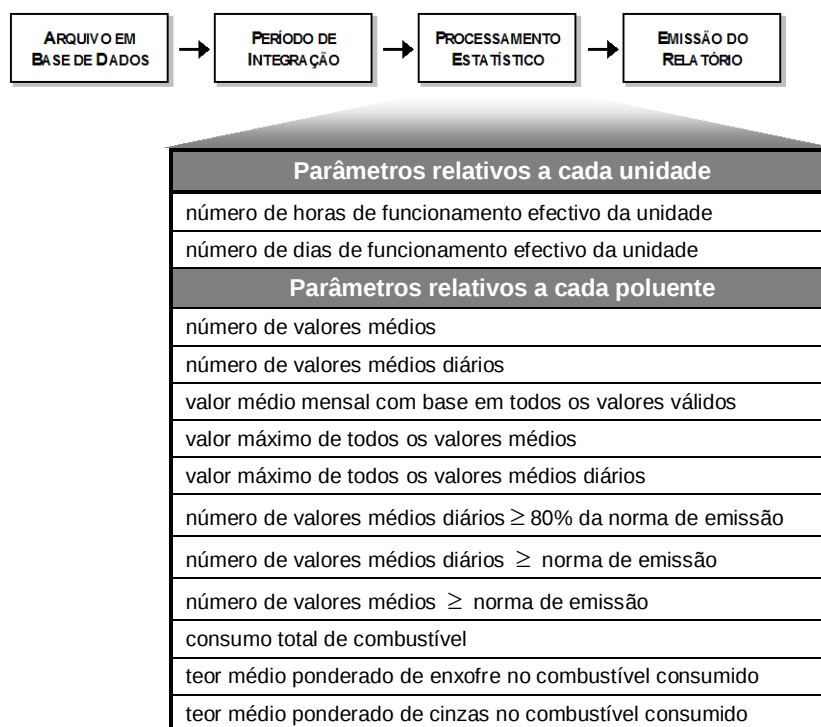


Fig. 2.5 - Tratamento estatístico para elaboração dos relatórios oficiais - Caso Geral

Os parâmetros referidos nesta subsecção, como os valores limite, o pré-processamento a aplicar aos sinais medidos, e outros, encontram-se definidos no Apêndice A.

2.3. Requisitos funcionais

Para o proprietário do sistema, o EcoMonitor tem como objectivos o cumprimento da legislação ambiental e a possibilidade de integração dos dados adquiridos no processo de gestão fabril. Os requisitos globais pretendidos são a eventual necessidade de expansibilidade do sistema, a auto-suficiência interna na gestão corrente e optimização do sistema e a utilização de equipamentos e aplicações standard, de forma a minimizar o investimento inicial e os custos operacionais.

As principais operações a efectuar pelo sistema são a aquisição de dados, o cálculo de médias, a correcção de referência, o arquivo de dados e a emissão de relatórios, como se esquematiza na Fig. 2.6.

Além das operações descritas, são requeridas as seguintes funcionalidades:

- implementação de uma interface gráfica com o operador;
- monitorização e actuação de calibrações, por sinal a monitorar e por fonte emissora;
- verificação de limites pré-definidos, inferior e superior;
- visualização gráfica e impressão de histórico de sinais, listagens e relatórios de sinais em bruto e tratados;
- implementação de cópias de segurança e níveis de segurança de utilização.

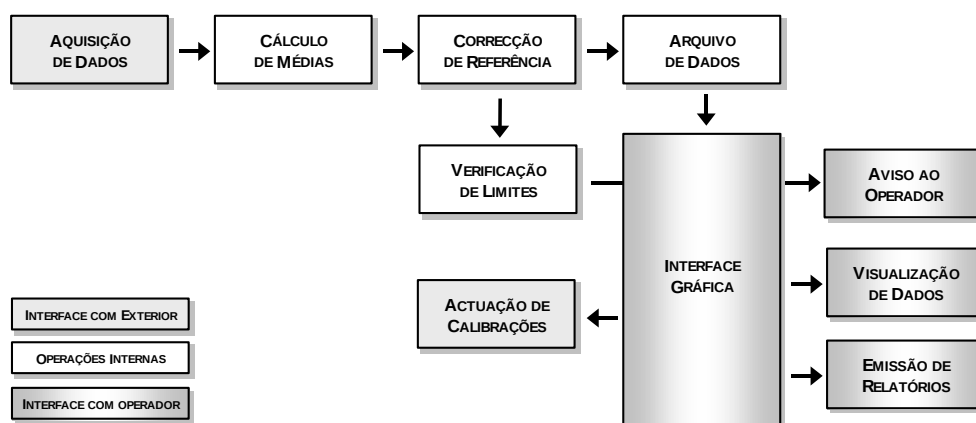


Fig. 2.6 - Principais operações a realizar pelo sistema

Existem três tipos de sinais a monitorar:

- sinais relativos às emissões de poluentes para a atmosfera;
- sinais necessários para cálculo das concentrações normalizadas;
- outros sinais com interesse para interpretação do processo.

Os sinais podem ser adquiridos em modo contínuo ou por valor introduzido manualmente, definido pelo operador para cada sinal, e podem ser primários ou secundários, em que estes últimos passam automaticamente a valor quando os limites pré-definidos são excedidos.

A verificação dos limites excedidos pode ter três tipos de consequências:

- geração de um aviso;
- geração de um alarme (o operador tem de confirmar a sua aceitação);
- passagem do sinal de modo contínuo de aquisição a valor introduzido manualmente (sinais secundários).

Como foi já referido, as fontes de emissão de poluentes a monitorar são três, denominadas Caldeira Auxiliar (CA), Caldeira de Recuperação (CR) e Forno da Cal (FC), cujos sinais a adquirir são listados no Apêndice A. As duas primeiras pertencem à categoria de GIC, relatórios do tipo B, e o Forno da Cal ao caso geral, relatório do tipo A.

Além dos relatórios oficiais são produzidos relatórios internos com informação sobre todos os poluentes emitidos por fonte de emissão e outras informações úteis à análise do processo. A descrição destes relatórios é efectuada no Apêndice C.

As fontes de emissão são designadas por CEM tanto na aplicação implementar, como na literatura auxiliar.

2.4. Requisitos globais

Além dos requisitos referidos há a considerar aspectos inerentes à funcionalidade e ao contexto onde o sistema é inserido.

Como já foi mencionado, o principal objectivo do sistema EcoMonitor é efectuar a monitorização, processamento e arquivo em contínuo dos dados relativos às emissões gasosas.

A concepção do sistema exige preocupações acrescidas para garantir o funcionamento contínuo do sistema e a consistência de dados, e também para recuperação de eventuais falhas, sejam de comunicação, de energia eléctrica, ou outras.

Outra condicionante é o ambiente industrial, próprio de uma indústria de pasta e papel. Os componentes do sistema expostos a este ambiente, comparável a um ambiente de ar livre, devem possuir a robustez suficiente para garantir a fiabilidade pretendida. Ainda neste campo, as distâncias entre as localizações dos sinais a medir (de aproximadamente 300 metros em linha de vista), são também determinantes na arquitectura do sistema.

A total automatização do processo de elaboração de relatórios e a facilidade de utilização do sistema são também objectivos importantes a cumprir, para atingir a libertação de recursos humanos pretendida.

3. ARQUITECTURA E FUNCIONALIDADE DO SISTEMA

Neste capítulo é descrita a arquitectura adoptada para o sistema EcoMonitor, tendo em vista o cumprimento das especificações.

Após a identificação da funcionalidade a implementar é definida uma arquitectura que minora o esforço de aprendizagem e utilização do sistema, bem como a sua tolerância a eventuais falhas. Esta escolha pretende também minorar o custo da fase de desenvolvimento, em tempo e em eventuais alterações a efectuar durante esta fase.

3.1. Solução Servidor/Cliente

O sistema de monitorização a realizar é um caso particular do sistema de aquisição de dados genérico (ver Fig. 1.1). Neste caso particular, os resultados do processamento são somente utilizados para elaboração de relatórios e não influenciam de forma automática o controlo de um qualquer processo fabril.

Os requisitos de um sistema de aquisição de dados para um processo industrial são factores determinantes na escolha da arquitectura a implementar. Tipicamente, estes requisitos são:

- fiabilidade – garantia de funcionamento ininterrupto e consistência de dados;
- flexibilidade e expansibilidade – arquitectura de fácil manutenção e evolução futuras;
- modularidade – aquisição de dados distribuída ao longo das instalações;
- centralização – implementação de uma base de dados global e produção/visualização de resultados;
- interface aberta – utilização de elementos standard e capacidade de comunicação com outros sistemas;
- auto-gestão – gestão efectuada autonomamente pelo operador sem utilização de recursos externos.

Para cumprir estes requisitos é frequentemente adoptada uma arquitectura tipo servidor/cliente, em que a funcionalidade é distribuída por estes dois níveis de utilização. As operações de interface com o processo, nomeadamente a aquisição de dados e actuação de sinais, são efectuadas pelo nível cliente e as operações de arquivo e consulta, bem como a interface com o operador e outros sistemas, são efectuadas pelo nível servidor. De seguida, é explicitado como este tipo de arquitectura preenche as necessidades referidas.

3.1.1. Fiabilidade

Dado tratar-se de um sistema distribuído, é necessário instalar uma rede de comunicações entre os sensores e o sistema de arquivo central. Para evitar falhas devidas a eventuais anomalias na rede de comunicações, é necessária a criação de um nível de utilização cliente, com autonomia para garantir o funcionamento contínuo do sistema de aquisição de dados.

A criação de dois níveis autónomos de funcionalidade obriga à sincronização periódica entre eles. Desta forma, pode também garantir-se a consistência dos dados desde a sua aquisição até ao arquivo na base de dados central.

3.1.2. Flexibilidade e Expansibilidade

A separação da funcionalidade do sistema em dois níveis tem também como objectivo facilitar a manutenção e diagnóstico de eventuais anomalias, uma vez que todas as unidades do mesmo nível são similares.

Com uma correcta especificação das aplicações a desenvolver ao nível servidor e cliente, a adição e configuração de novas unidades é bastante simplificada. A escolha de equipamentos e aplicações standard é também uma garantia de continuidade da solução escolhida em futuras evoluções ou reparações.

3.1.3. Modularidade

Ao basear a comunicação entre os níveis de funcionamento numa rede de comunicações standard, é conferida ao sistema a modularidade desejada para permitir a aquisição de dados distribuída ao longo da instalação fabril.

3.1.4. Centralização

Num sistema de monitorização é essencial implementar um arquivo de dados consistente e centralizado, uma vez que existem diversos conjuntos de sinais a monitorar. É também necessário efectuar o processamento sobre os dados em bruto para a elaboração dos relatórios periódicos e garantir a visualização pontual da evolução das grandezas em causa.

Estas operações são realizadas pelo nível servidor, de forma a não interferir com a aquisição de dados em contínuo, conferindo maior robustez ao sistema e acesso mais restrito a estes dados. Com a arquitectura escolhida, a localização física do servidor pode ser qualquer, de forma a facilitar a tarefa de supervisionamento do sistema.

3.1.5. Interface Aberta

A escolha de equipamentos e aplicações standard destina-se a minorar o esforço de manutenção e evolução futura, bem como a garantir a compatibilidade com outros sistemas. Esta preocupação é mantida nas várias componentes do sistema servidor/cliente, nomeadamente na interface com os sensores, na rede de comunicações, na base de dados global e na produção de relatórios.

3.1.6. Auto-Gestão

A cuidada especificação do sistema e posterior escolha da arquitectura, pode facilitar em grande parte a tarefa de gestão do sistema. Novamente, a arquitectura escolhida responde a estas necessidades, oferecendo ao operador similaridade entre aplicações ao mesmo nível e capacidades de diagnóstico e configuração remotas, a partir do servidor. A funcionalidade a implementar, em conjunto com a facilidade de utilização da interface gráfica, permitem a gestão corrente do sistema com recursos internos do seu proprietário.

Outros benefícios da escolha de uma arquitectura servidor/cliente são:

- a possibilidade de implementar um sistema autónomo dos existentes, partilhando alguns dos recursos, como a rede de comunicações;

- a capacidade de adaptar os processamentos a efectuar às necessidades pontuais devido à independência entre o sistema de aquisição e arquivo de dados e a componente de elaboração de relatórios.

3.2. O Sistema EcoMonitor

Uma vez definida a arquitectura base do sistema, as suas componentes são particularizadas e definidas tendo em conta o cumprimento dos objectivos descritos anteriormente. Para tal são identificadas as principais funcionalidades de cada um dos dois níveis de utilização, o nível servidor e o nível cliente (ver Tabela 3.1 e Tabela 3.2 respectivamente).

Servidor
pré-processamento de dados adquiridos e arquivo em base de dados
gestão da comunicação bi-direccional com os clientes
geração automática de relatórios em <i>Microsoft Excel</i>
interface gráfica com o operador
gestão de alarmes
actuação remota de sinais de calibração
realização de cópias de segurança automáticas
configuração remota dos clientes
verificação do estado global do sistema

Tabela 3.1 - Principais funcionalidades do servidor

Cliente
aquisição de dados contínua (24 horas diárias)
transmissão de dados ao servidor
verificação e actuação de calibrações
transmissão de estado de funcionamento ao servidor

Tabela 3.2 - Principais funcionalidades do cliente

Os requisitos do sistema ao nível do servidor obrigam à escolha de um computador pessoal como plataforma de funcionamento, principalmente devido à implementação de um arquivo em base de dados, processamento de dados e geração de relatórios em formato pré-definido.

A funcionalidade reduzida do nível cliente possibilita a utilização de diversas arquitecturas de aquisição de dados e comunicação com o servidor [4], de entre as quais são consideradas as seguintes:

- construção de equipamento de aquisição de dados dedicado;
- aquisição de dados com autómato e transmissão via protocolo série ou rede de comunicações;
- aquisição de dados com registador e transmissão via protocolo série ou rede de comunicações;
- sistema de aquisição de dados remoto controlado via protocolo série;
- computador pessoal com sistema de aquisição de dados e comunicação via rede de comunicações.

A escolha da arquitectura do nível cliente, é analisada em separado no que respeita à aquisição de dados e à sua transmissão para o servidor.

3.2.1. Equipamento dedicado

Não é considerada a hipótese de construir um sistema de aquisição de dados dedicado, por um lado devido à abundância de sistemas comerciais de baixo custo, e por outro para não comprometer o requisito de utilização de equipamento standard e de interface aberta.

3.2.2. Autómato

Um autómato, vulgarmente designado por PLC², é um mini-computador industrial com um processador, memória não volátil, e módulos de interface dedicados [1]. Um autómato apresenta as seguintes vantagens:

- construção modular;
- interface com o exterior robusta e versátil;
- sistema rápido e determinístico na execução de programas com fiabilidade elevada;
- interface de comunicações com computadores;
- possibilidade de programação.

Contudo, uma vez que os autómatos se destinam principalmente ao controlo de operações repetitivas, a funcionalidade disponível nas linguagens de programação é algo limitada (exemplos da programação *Ladder Logic* e *Grafcet*) e frequentemente proprietária de cada sistema ou fabricante. A programação ou manutenção de um autómato implica, além da aprendizagem da respectiva linguagem de programação, a aprendizagem da nomenclatura típica de sistemas de controlo. Quanto às possibilidades de comunicação, alguns autómatos têm capacidade de comunicação via protocolo série para grandes distâncias (por exemplo RS-485) ou via rede de comunicações (por exemplo *ethernet*). Um autómato pode ser configurado de forma a recuperar de falhas de energia eléctrica, de perda de comunicações, e outras, conferindo a fiabilidade necessária ao sistema.

A interface entre o autómato e um computador pessoal é geralmente efectuada ao nível do mapa de registos do autómato, através de qualquer um dos protocolos de comunicação. Esta interface é facilitada pela existência de bibliotecas de programação de nível médio, usualmente designadas por *driver*, fornecidas pelo fabricante.

Na Fig. 3.1 apresenta-se um diagrama explicativo desta configuração.

² PLC – (*Programmable Logic Controller*) Controlador de Lógica Programável

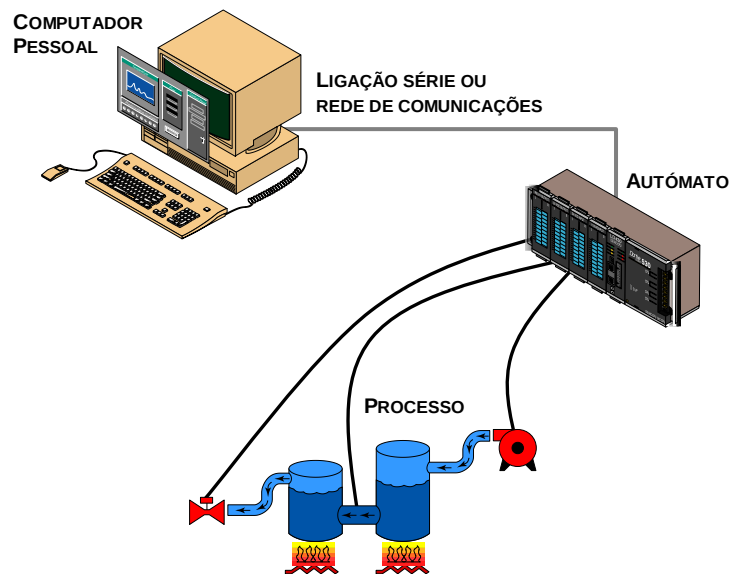


Fig. 3.1 – Sistema de aquisição de dados com autômato

3.2.3. Registrador

Um registrador, geralmente designado por *data logger*, é um sistema de aquisição de dados pré-programado que efectua o registo de um conjunto de variáveis a uma determinada frequência de amostragem. Os dados são arquivados localmente em memória não volátil e posteriormente transmitidos para um computador central. Um registrador pode ter alguma inteligência local, nomeadamente ao nível da detecção e actuação de alarmes, mas com um conjunto de funcionalidade algo reduzida. Tipicamente estes sistemas não possuem interface com o utilizador, e quando possuem oferecem um nível muito reduzido de informação.

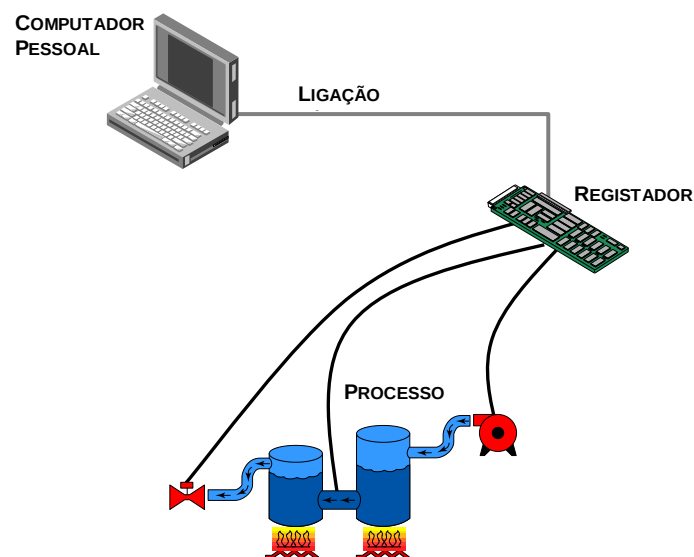


Fig. 3.2 - Sistema de aquisição de dados com registrador

Estes sistemas são algo semelhantes aos autómatos, embora os autómatos se destinem primeiramente a aplicações onde a resposta determinística e o controlo em ciclo fechado são importantes, enquanto estes últimos são destinados ao registo de variáveis em localizações remotas e a recuperação de dados é efectuada via porto série com um computador pessoal portátil ou via telefónica. Na Fig. 3.2 apresenta-se um diagrama explicativo desta configuração.

3.2.4. Sistema de aquisição de dados remoto

Um sistema de aquisição de dados baseado em computador pessoal consiste num dispositivo de interface entre os sensores e o computador responsável por transformar os sinais eléctricos em informação possível de ser tratada computacionalmente. A evolução dos computadores pessoais no passado mais recente levou à sua utilização crescente em aplicações de automação industrial, principalmente devido à boa relação performance/custo (ver secção 1). A utilização de um computador como base de um sistema de aquisição de dados tem as seguintes vantagens [4]:

- quantidade e diversidade de ferramentas de programação disponíveis;
- computadores pessoais disponíveis para teste das aplicações fora das linhas de produção;
- grande variedade de sistemas de aquisição de dados baseados em computador pessoal torna os sistemas tecnologicamente avançados e de baixo custo;
- disponibilidade de aplicações para interface com sistemas de aquisição de dados;
- baixo custo dos computadores pessoais e acessórios.

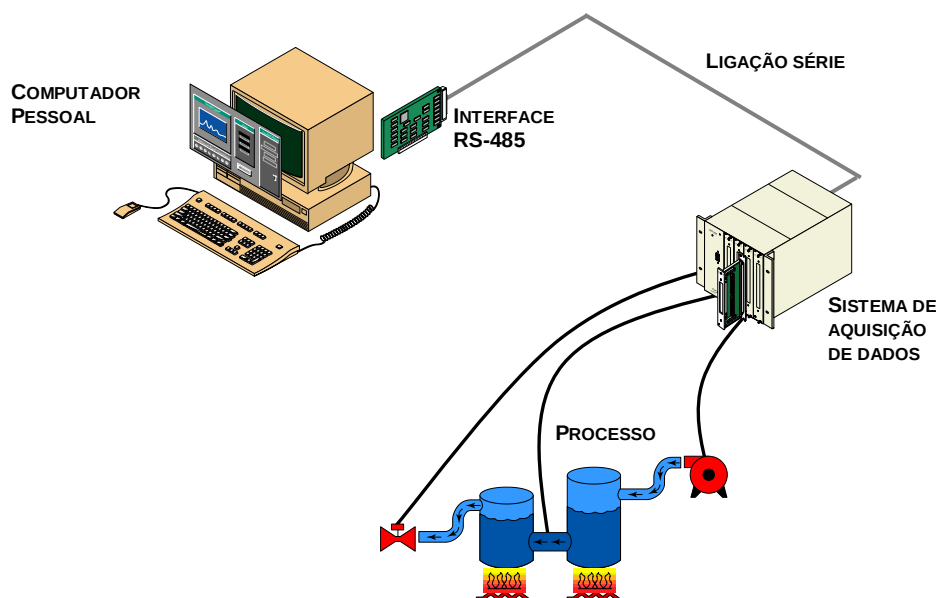


Fig. 3.3 - Sistema de aquisição de dados remoto

A elevada disponibilidade de componentes standard amplamente testadas, faz do conjunto sistema de aquisição de dados/computador pessoal uma plataforma interessante para efectuar a interface com o mundo real. A

utilização de um sistema de aquisição de dados genérico cuja funcionalidade é definida pela aplicação a desenvolver confere ao sistema uma grande flexibilidade.

Alguns sistemas de aquisição de dados comunicam com o computador pessoal através de uma linha série (por exemplo RS-485). Estes sistemas podem ter os isolamentos eléctricos necessários ao isolamento entre o computador pessoal e os sensores, e beneficiam do facto de serem totalmente programados e controlados pelo computador. A escolha do ambiente de programação adequado permite maximizar a funcionalidade e flexibilidade do conjunto, sem um aumento de complexidade de programação. Todos os sistemas do nível cliente podem ser controlados remotamente por um único computador e a quantidade de informação sobre o funcionamento do sistema é elevada. A manutenção e evolução desta arquitectura é muito facilitada.

A desvantagem de um sistema deste tipo é a recuperação de falhas, nomeadamente a perda de comunicações que leva inevitavelmente à perda de dados, uma vez que os sistemas de aquisição de dados remotos não são pré-programados e não possuem memória para garantir a aquisição sem perda de dados. Na Fig. 3.3 apresenta-se um diagrama explicativo desta configuração.

3.2.5. Computador pessoal com sistema de aquisição de dados

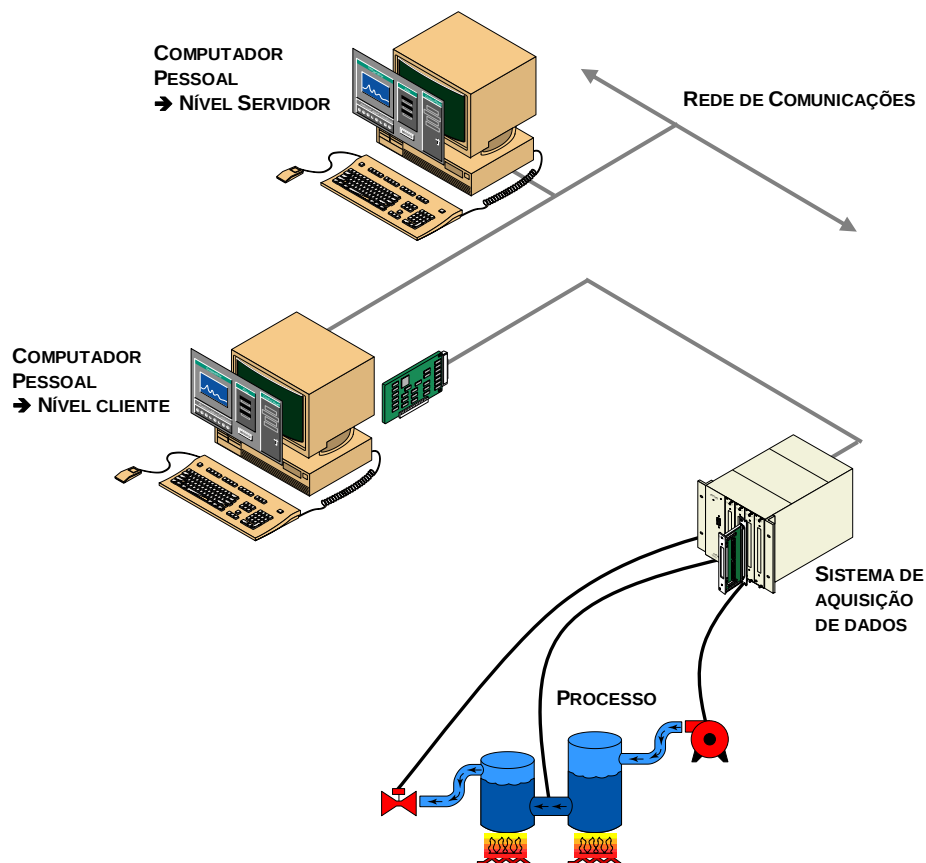


Fig. 3.4 - Sistema de aquisição de dados com computador local

Esta configuração é também baseada num computador pessoal mas difere da anterior pelo facto de incluir um computador por cada sistema de aquisição de dados, sendo a comunicação efectuada entre computadores através

de uma rede de comunicações. É conferido ao nível cliente uma grande flexibilidade e um elevado grau de inteligência. A utilização de um computador pessoal no nível cliente disponibiliza uma interface com o operador consistente a todos os níveis do sistema, permite beneficiar das facilidades de comunicação de uma plataforma computacional de grande utilização e dos baixos custos de manutenção associados. O conjunto constitui um sistema autónomo capaz de recuperar falhas de comunicação e energia eléctrica, com o auxílio de uma unidade de alimentação ininterrupta. Na Fig. 3.4 apresenta-se um diagrama explicativo desta configuração.

3.2.6. Protocolos de Comunicação

Na instalação fabril em causa as distâncias entre os sensores de medida e a localização do nível servidor são da ordem dos 300 metros, sendo grande parte desta distância em campo aberto ou exposta ao ambiente característico de uma fábrica de produção de papel. Para permitir a transmissão de dados e o controlo do nível cliente foram considerados dois protocolos, ambos standards já utilizados em aplicações industriais. O protocolo série EIA-485, vulgarmente designado por RS-485 [4], e protocolo de comunicação em rede de computadores IEEE 802.3, vulgarmente designado por *ethernet* [24].

O protocolo série RS-485 é em tudo similar ao RS-232 (ANSI/EIA-232) encontrado nos computadores pessoais, com as capacidades adicionais de endereçar até 32 dispositivos numa só linha série e de atingir distâncias até 1200 metros, devido à imunidade ao ruído da sua conexão diferencial.

O protocolo *ethernet* é o geralmente utilizado nas redes de comunicações entre computadores pessoais, em que a variante considerada, 10baseT, tem uma topologia em estrela com comunicação através de cabo de pares de condutores não blindado. Nesta configuração, podem atingir-se distâncias de 100 metros entre dispositivos a um ritmo de 10Mbit/s, e substituindo o meio de comunicação por fibra óptica, podem atingir-se distâncias de 120 quilómetros. De seguida apresenta-se uma tabela comparativa entre os dois protocolos considerados.

	RS-485	Ethernet
Distância máxima	1200 metros	100 m (10baseT ³) / 120 Km (f.o. ⁴)
Ritmo de transmissão	10 Mbit/s	10 Mbit/s
Número de dispositivos	32	100
Custo de infraestrutura	similar	
Custo de interfaces	elevado	baixo (10baseT) / elevado (fibra óptica)
Custo de programação	similar	
Partilha de recursos	capacidade reduzida	capacidade elevada

Tabela 3.3 – Comparação entre protocolos de comunicação

Em termos de performances e custos de instalação eles são similares, porque para o protocolo *ethernet* é escolhida a fibra óptica devido às distâncias em causa. Embora o protocolo RS-485 seja suficiente para o

³ 10baseT - topologia de ligação de computadores em rede (tipo estrela) através de cabo de múltiplos condutores a um ritmo de 10 Mbit/s, em que todas as ligações são comutadas num concentrador [24]

⁴ A fibra óptica é o meio utilizado para a transmissão do sinal em vez do cabo de múltiplos condutores, embora a topologia em estrela seja similar ao 10baseT

cumprimento dos requisitos funcionais, a escolha do protocolo *ethernet* proporciona uma maior flexibilidade e expansibilidade futuras, uma vez que não existe uma rede de comunicações na instalação fabril.

Esta preferência é também influenciada pela escolha do computador pessoal como plataforma tanto para o nível servidor, como para o nível cliente, tornando a solução final mais consistente ao nível da programação, operação e manutenção.

Na Tabela 3.4 são sumarizados os critérios seguidos para decisão acerca da arquitectura do nível cliente.

	Autómato	Registador	Remoto	Computador
Fiabilidade	++	+	-	+
Flexibilidade/Expansibilidade	-	-	++	++
Modularidade	+	+	++	++
Centralização	-	-	+	++
Interface aberta	--	--	++	++
Auto-gestão do operador	--	--	++	++
Capacidade de memória	+	+	--	++
Custo de instalação	++	+	+	-
Custo de manutenção	-	-	+	++
Custo de alteração/evolução	--	-	++	++

Tabela 3.4 – Comparação entre arquitecturas possíveis para o nível cliente

A arquitectura escolhida para o cliente é baseada em computador pessoal com um sistema de aquisição de dados, ambos fisicamente localizados junto aos sensores, e ligados ao nível servidor através de uma rede de comunicações em fibra óptica que pode também ser utilizada por outros sistemas a implantar. Esta arquitectura responde a todos os requisitos mencionados na secção 3.1.

A inclusão de um computador pessoal no nível cliente confere ao operador do sistema uma interface gráfica e intuitiva, para diagnóstico e manutenção do sistema, que diminui os custos de aprendizagem de utilização do sistema e dá uma maior consistência entre níveis de utilização.

Na Fig. 3.5 é esquematizada a arquitectura escolhida.

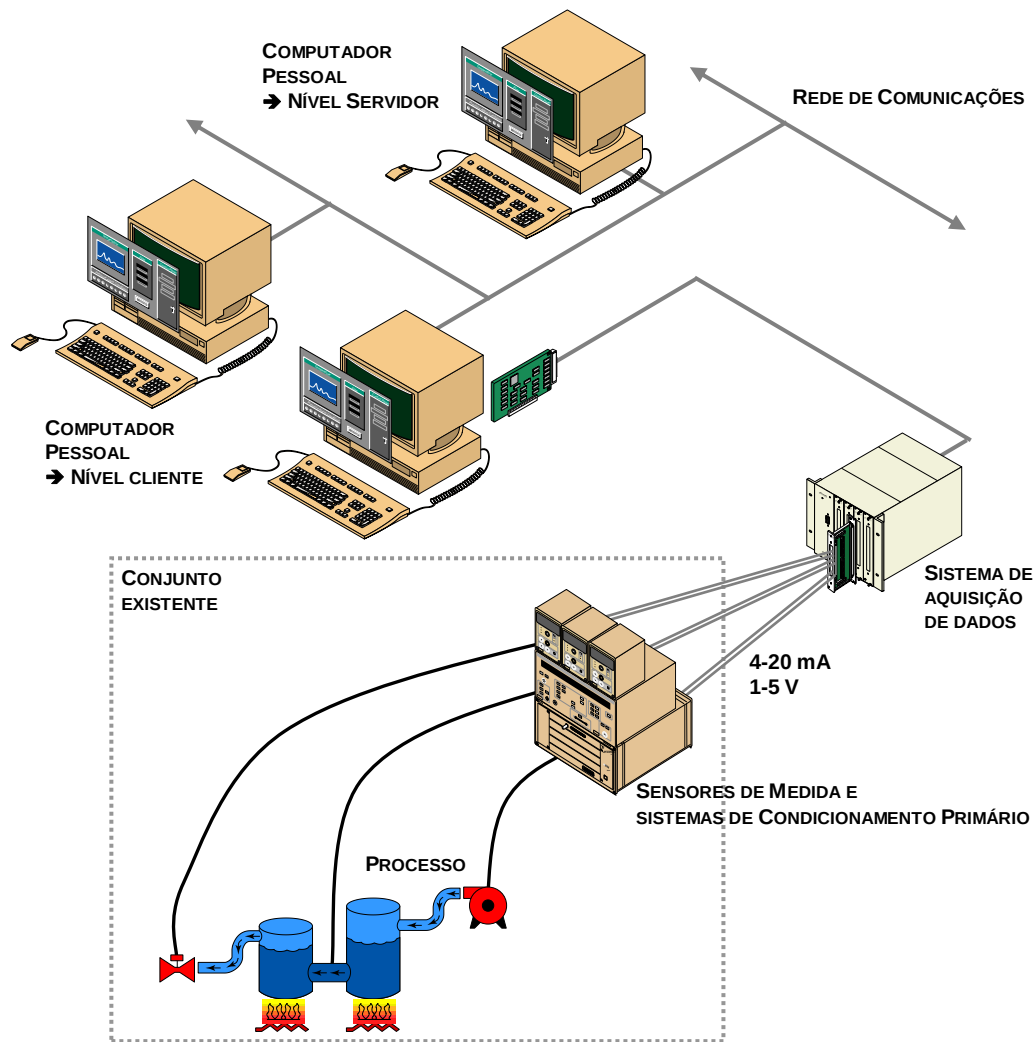


Fig. 3.5 - Arquitectura do sistema EcoMonitor

3.3. Equipamento

Por análise da Fig. 3.5 é identificado o seguinte equipamento constituinte do sistema EcoMonitor, que é especificado de seguida:

- sistema de aquisição de dados;
- computador pessoal – nível cliente;
- computador pessoal – nível servidor;
- rede de comunicações.

3.3.1. Sistema de aquisição de dados

O sistema de aquisição de dados do nível cliente explora o conceito de instrumentação virtual [2], constituído por um computador pessoal e placas de interface genéricas, em que a funcionalidade é determinada pelas

aplicações. Desta forma são atingidas, a baixo custo, a flexibilidade e funcionalidade pretendidas pelo utilizador final.

Um sistema de aquisição de dados tem de possuir as seguintes propriedades [25]:

- amplificação do sinal – aproveitamento máximo da gama do conversor analógico-digital (A/D);
- filtragem – eliminação de componentes de alta frequência, usualmente interferências ou ruído;
- isolamento eléctrico – garantia de segurança entre ambos os equipamentos, sensores e computador;
- número de canais – sistema compacto para aquisição de um elevado número de canais;
- ritmo de aquisição – periodicidade da amostragem do sinal para processamento;
- resolução – mínima variação do sinal detectável, associada ao número de bits do conversor A/D.

Os sinais a medir e actuar ao nível cliente são listados se seguida, bem como as suas características:

Tipo	Características	Quantidade
entradas analógicas	1-5 V ou 4-20 mA	16
entradas digitais	sensor de 24 V CC	17
saídas digitais	relé de 24 V CC	17

Tabela 3.5 – Sinais no nível cliente

Os sinais a medir possuem características uniformes uma vez que os sensores e os sistemas de condicionamento primário estão já instalados (ver Fig. 3.5). Estes sistemas efectuem as funções de linearização dos valores medidos, calibração dos sensores e conversão da grandeza física em grandeza eléctrica linear, com saída em corrente (gama de 4 a 20 mA) ou em tensão (gama de 1 a 5 V). Dado que os sinais a medir têm origem em equipamentos distintos e alguns com localizações físicas distantes do sistema de aquisição de dados, são utilizadas entradas analógicas diferenciais para evitar erros devidos a referências diferentes e para eliminar ruído induzido nos cabos de transmissão do sinal.

Os sinais analógicos podem ser medidos directamente por uma placa de aquisição colocada dentro do computador, mas é feito o seu isolamento eléctrico de forma a precaver que eventuais anomalias não afectem o funcionamento dos diversos equipamentos. Os sinais digitais funcionam a um valor de tensão muito elevado para ser directamente tratado por uma placa de aquisição de dados, pelo que é utilizado um equipamento de interface para garantir os níveis pretendidos e também o isolamento eléctrico.

Para determinar o equipamento de aquisição de dados a utilizar foram consultados diversos fabricantes que se indicam de seguida, em conjunto com uma listagem não exaustiva das principais características e limitações dos respectivos equipamentos aplicáveis no sistema EcoMonitor [26].

- **Adac** [27] – possui placas de interface para o bus ISA⁵. Entradas analógicas e entradas/saídas digitais com isolamento. Modularidade de 8 canais por placa (entradas analógicas) e 16 canais por placa (entradas e saídas digitais). Resolução e ritmo de aquisição adequado. Possui bibliotecas de alto nível (em formato DLL⁶) para utilização em linguagem de programação C e C++ (*Microsoft* e *Borland*), Turbo Pascal, e também para *Microsoft Visual Basic*, para *Microsoft Windows 3.1*. Controla até 6 placas em simultâneo. Algumas placas compatíveis com *TestPoint*, *Labtech Notebook* e *LabVIEW*.
- **Analogic** [28] - possui placas de interface para o bus ISA. Entradas analógicas e entradas/saídas digitais com isolamento através de adaptação com módulos do tipo 5B. Modularidade de 8 canais por placa (entradas analógicas) ou 16 canais com adaptação, e 24 canais por placa (entradas e saídas digitais). Resolução e ritmo de aquisição adequado. Possui bibliotecas de alto nível (em formato DLL) para utilização em linguagem de programação C, C++ (*Microsoft* e *Borland*), Turbo Pascal, e também para *Microsoft Visual Basic*, para *Microsoft Windows 3.1*. Algumas placas compatíveis com *Labtech Notebook* e *LabVIEW*. Não controla múltiplas placas em *LabVIEW* em simultâneo.
- **Omega** [29] - possui placas de interface para o bus ISA. Entradas analógicas e entradas/saídas digitais com isolamento. Modularidade de 8 canais por placa (entradas analógicas) e 16 canais por placa (entradas e saídas digitais). Resolução e ritmo de aquisição adequado. Possui sistema de aquisição de dados modular, com isolamento e robustez para aplicações tipo industrial, mas com modo de programação e protocolo de comunicação proprietário. Não possui bibliotecas de alto nível para grande parte das placas (programação ao nível do mapa de registos). Algumas placas compatíveis com *Labtech Notebook*.
- **Keithley** [30] - possui placas de interface para o bus ISA e PCI⁷. Entradas analógicas e entradas/saídas digitais com isolamento através de adaptação com módulos do tipo 5B ou sistemas industriais de expansão. Modularidade de 8 canais por placa (entradas analógicas), 16 canais com módulos 5B ou 64 canais com sistemas industriais, e 16 canais por placa (8 entradas e 8 saídas digitais). Resolução e ritmo de aquisição adequado. Possui bibliotecas de alto nível (em formato DLL) para utilização em linguagem de programação C, C++ (*Microsoft* e *Borland*), e também para *Microsoft Visual Basic*, para *Microsoft Windows 95* e *NT*. Placas compatíveis com *Test Point* e algumas com *LabVIEW*. Limitação no controlo simultâneo de múltiplas placas, com ambas as aplicações.
- **National Instruments** [23] - possui placas de interface para o bus ISA e PCI, e sistemas de condicionamento de sinal externos com ligação à porta paralela do computador pessoal. Entradas analógicas e entradas/saídas digitais com isolamento através de adaptação com módulos do tipo 5B ou sistema de condicionamento de sinal (SCXI⁸). Modularidade de 8 canais por placa (entradas analógicas), 16 canais com módulos 5B ou 16 canais com sistema SCXI, e 24 canais por placa (entradas e saídas digitais) ou 32 com sistema SCXI. Resolução e ritmo de aquisição adequado. Possui bibliotecas de alto nível (em formato DLL) para utilização em linguagem de programação C, C++ (*Microsoft* e *Borland*),

⁵ ISA – (*Industry Standard Architecture*) Arquitectura do bus dos computadores pessoais compatíveis com a norma IBM-PC/AT

⁶ DLL – (*Dynamic Link Library*) Biblioteca de funções para utilização por outros programas em *Microsoft Windows*

⁷ PCI – (*Peripherals Connection Interface*) Arquitectura do bus dos computadores pessoais mais recentes (Ex. *Pentium*)

Borland Delphi e também para *Microsoft Visual Basic*, para DOS, *Microsoft Windows 3.11*, 95 e NT. Todas as placas compatíveis com *LabVIEW*.

Na Tabela 3.6 são resumidas e comparadas as características do equipamento de cada um dos fabricantes consultados.

	Adac	Analogic	Omega	Keithley	Nat'l Instrum.
entradas analógicas	ISA isoladas	ISA isoladas	ISA isoladas	ISA/PCI isoladas	ISA/PCI isoladas
modularidade	8 canais	16 canais	8 canais	8/64 canais	8/16 canais
amplificação	✓	✓	✓	✓	✓
filtragem	✓	✓	✓	✓	✓
isolamento	✓	✓	✓	✓	✓
ritmo de aquisição	✓	✓	✓	✓	✓
resolução	12-bit	12/16-bit	12/16-bit	12/16-bit	12/16-bit
entr. diferenciais	✓	✓	✓	✓	✓
entradas digitais	ISA isoladas	ISA	ISA isoladas	ISA isoladas	ISA isoladas
modularidade	16 canais	24 canais	16 canais	8 canais	24 canais
saídas digitais	ISA isoladas	ISA	ISA isoladas	ISA isoladas	ISA isoladas
modularidade	16 canais	24 canais	16 canais	8 canais	24 canais
bibliotecas	✓	✓	×	✓	✓
baixo nível (<i>driver</i>)	DLL	DLL	registo	DLL	DLL
alto nível	C, C++,VB	C, C++,VB	×	C, C++,VB	C, C++,VB
compatibilidade	TestPoint Labtech Noteb. LabVIEW	Labtech Noteb. LabVIEW	Labtech Noteb.	TestPoint LabVIEW	LabVIEW
placas ISA	2+2+2	1+1+1	2+2+2 / -	1+2 / 1+2	1+2 / -
chassis externo	×	×	- / ✓	- / ✓	- / ✓
placas externas	×	×	- / 6	- / 1	- / 4

Tabela 3.6 – Comparação entre fabricantes de sistemas de aquisição de dados

Os sistemas propostos pelos três primeiros fabricantes (*Adac*, *Analogic* e *Omega*) são similares em funcionalidade e compatibilidade, apresentando bibliotecas de interface com aplicações e linguagens de programação standard sobre *Microsoft Windows 3.1*, com a excepção da *Omega* que apresenta poucas soluções ao nível de compatibilidade com aplicações.

Para conseguir a configuração pretendida podem utilizar-se placas ligadas directamente ao bus do computador pessoal ou sistemas exteriores, ligados a placas de aquisição ou à porta paralela. A primeira solução, embora mais simples e menos dispendiosa, não oferece as características de robustez necessárias a um ambiente industrial, pois consiste num conjunto de placas internas e externas ligadas por vários cabos. Por exemplo, uma solução com módulos do tipo 5B, muito populares em sistemas de automação industrial, implica uma escolha muito detalhada ao nível do equipamento consoante o tipo de sinais a medir. A segunda solução consiste num chassis modular e robusto com as placas de condicionamento e blocos de terminais exteriores, sendo a ligação ao computador pessoal efectuada por um único cabo. Por exemplo, uma solução com módulos SCXI é totalmente

⁸ SCXI – (*Signal Conditioning eXtensions for Instrumentation*) Sistema modular para condicionamento de sinal analógico e digital de E/S

configurável por programação, e facilmente expansível sem limitações das respectivas aplicações, conferindo uma grande versatilidade ao sistema.

A arquitectura escolhida para o nível cliente, baseada no conceito de instrumentação virtual, faz com que o equipamento a utilizar esteja condicionado à escolha da aplicação para a implementação da funcionalidade pretendida. Embora se possa distinguir entre equipamento de aquisição de dados e ambiente de desenvolvimento, factores como a facilidade de programação e visualização, total configuração por programação, e capacidades de processamento e interface são importantes na escolha do conjunto (ver secção 3.4.3). Um factor importante é também o sistema operativo a utilizar, que deve ser baseado numa arquitectura de 32-bit para conferir maior segurança e robustez ao conjunto, como são o *Microsoft Windows* 95 e NT. O objectivo é conseguir um conjunto de produtos standard, compatíveis entre si e o nível servidor, de fácil configuração e programação.

Em termos de aplicações, o *Labtech Notebook* e o *Test Point* possuem uma funcionalidade muito reduzida comparativamente ao *LabVIEW*, nomeadamente na capacidade de controlo de diversas placas em simultâneo, no processamento e capacidade de interface com o operador e com outras aplicações. O *Labtech Notebook* possui um sistema de licenciamento muito rígido que torna a aplicação com um custo muito elevado. Na secção 3.4 podem encontrar-se referências mais detalhadas a este tópico.

A solução adoptada é baseada num sistema de aquisição de dados e condicionamento de sinal SCXI, em conjunto com a aplicação *LabVIEW*, ambos da *National Instruments*. Esta escolha foi baseada na simplicidade de utilização do conjunto, na grande base de sistemas similares instalados [31] e nas facilidades de suporte técnico oferecido.

O sistema de aquisição e condicionamento de sinal é constituído pelos seguintes elementos:

- SCXI-1000 - unidade de alimentação e assemblagem (chassis);
- SCXI-1200 - placa de aquisição de dados multi-função para controlo das placas de condicionamento, digitalização dos sinais a medir e interface com o computador pessoal;
- SCXI-1122 - placa de condicionamento de 16 sinais analógicos (implementa o isolamento eléctrico entre sinais e placa multi-função); aceita sinais nas gamas 1 a 5 V ou 4 a 20 mA;
- SCXI-1322 - bloco de terminais para ligação física dos condutores provenientes dos sensores;
- SCXI-1162HV - placa de condicionamento de 32 entradas lógicas (implementa o isolamento eléctrico entre sinais e placa multi-função);
- SCXI-1326 - bloco de terminais para ligação física dos condutores provenientes dos sensores;
- SCXI-1163R - placa de condicionamento de 32 saídas lógicas isoladas electricamente (implementa o isolamento eléctrico entre sinais e placa multi-função);
- SCXI-1326 - bloco de terminais para ligação física aos condutores a ligar aos sensores;

A placa de aquisição de dados encontra-se dentro do chassis, fisicamente junto aos condicionadores de sinal, e a comunicação com o computador pessoal é efectuada através do porto paralelo para evitar eventuais ruídos e interferências. O sistema é expansível a mais canais, sem necessidade de adaptações. A placa de aquisição de

dados possui um conversor analógico-digital de 12-bit de precisão, que corresponde a uma discretização máxima de 1.22 mV e a um erro de 0.025% para o máximo de escala, valores considerados aceitáveis.

A adicionar à escolha de equipamentos e de aplicações standard de utilização em larga escala, há também a referir a experiência obtida anteriormente neste tipo de configurações [32], factor determinante no bom sucesso do projecto.

3.3.2. Computador Pessoal – Nível Cliente

As características do computador pessoal para o nível cliente são as necessárias para suportar o sistema operativo e a aplicação de controlo do sistema de aquisição de dados. O computador é baseado em processador *Intel Pentium*, com 32 Mbyte de memória RAM⁹ e disco rígido de 1 Gbyte, possui arquitectura ISA e PCI, e tem interface para rede comunicações (do tipo UTP¹⁰). Tem também uma unidade de alimentação ininterrupta, vulgarmente designada por UPS¹¹, para suportar falhas temporárias da rede eléctrica e permitir a finalização das aplicações em condições de segurança.

3.3.3. Computador Pessoal – Nível Servidor

As características do computador pessoal para o nível servidor são as necessárias para suportar o sistema operativo, a aplicação de arquivo, processamento e visualização de dados, a base de dados e a aplicação de emissão de relatórios. O computador é baseado em processador *Intel Pentium*, com 48 Mbyte de memória RAM e disco rígido de 2 Gbyte, unidade magnética para efectuar cópias de segurança, possui arquitectura ISA e PCI, e tem interface para rede comunicações (do tipo UTP). Tem também uma unidade de alimentação ininterrupta, vulgarmente designada por UPS, para suportar falhas temporárias da rede eléctrica e permitir a finalização das aplicações em condições de segurança. Este computador tem um monitor de dimensões superiores ao habitual para visualizar um grande conjunto de informação em simultâneo.

3.3.4. Rede de Comunicações

A rede de comunicações entre computadores é do tipo *ethernet* (IEEE 802.3) variante 10baseT, com ligação ao computador pessoal do tipo UTP. Tendo em consideração as distâncias entre pontos a interligar, o meio físico de comunicação é a fibra óptica, sendo necessário utilizar conversores electro-ópticos junto a cada computador pessoal. Um factor importante na escolha do meio de transmissão é o ambiente da instalação fabril que está sujeito a diversos factores externos, como agentes químicos, campos electromagnéticos, temperaturas elevadas, ar livre, entre outros.

3.4. Aplicações

Na Fig. 3.5 são identificadas as seguintes aplicações constituintes do sistema EcoMonitor:

⁹ RAM – (*Random Access Memory*) Memória do computador utilizada pelas aplicações

¹⁰ UTP – (*Unshielded Twisted Pair*) Cabo de pares de condutores não blindado

¹¹ UPS – (*Uninterruptible Power Supply*) Unidade de alimentação baseada em baterias para falhas de rede eléctrica

- sistema operativo – nível cliente;
- sistema operativo – nível servidor;
- ambiente de desenvolvimento de aplicações – nível cliente;
- ambiente de desenvolvimento de aplicações – nível servidor;
- aplicação para elaboração e apresentação de relatórios;
- base de dados.

3.4.1. Sistema Operativo – Nível Cliente

A escolha do sistema operativo é um factor determinante da robustez do sistema como um todo, visto que sobre ele funcionam todos os restantes componentes de um sistema de aquisição de dados baseado em computador pessoal. A evolução dos sistemas operativos para computador pessoal da família *Microsoft Windows*, de uma arquitectura de 16-bit para 32-bit proporciona um conjunto de vantagens significativas na sua utilização, como sejam:

- acesso de uma aplicação a 2 Gbytes de memória;
- endereçamento linear da memória disponível;
- sistema multi-tarefa com gestão melhorada e divisão do espaço de memória;
- execução de diversas subtarefas em simultâneo;
- tempo de chamada e resposta a interrupções reduzido e mais determinístico.

Estas características contribuem para tornar o sistema operativo mais fiável e resistente a eventuais falhas [33].

Diversos estudos mostram que os sistemas operativos *Windows* têm uma aceitação cada vez maior no mercado informático a nível mundial, tanto particular como empresarial, facto que influencia a mesma tendência no mercado de instrumentação baseada em PC. No estudo referido em [31] pode verificar-se que 89% do universo questionado utiliza este tipo de equipamento, e que apesar de a maioria trabalhar ainda em sistema operativo DOS, a evolução é notável para o *Windows 95*.

O *Microsoft Windows 95* oferece a fiabilidade e flexibilidade pretendidas, e proporciona uma interface aberta e intuitiva, que permite a operação e gestão do sistema pelos seus operadores.

3.4.2. Sistema Operativo – Nível Servidor

Para o nível servidor é utilizado o *Microsoft Windows NT* que, além dos benefícios do *Windows 95*, atribui um nível de segurança elevado, a capacidade de gerir diversas aplicações em simultâneo de forma eficaz, a capacidade de receber ligações remotas e algumas facilidades úteis a um computador com funções de servidor.

Desta forma garante-se uma consistência de utilização dos computadores pessoais em ambos os níveis de utilização do sistema EcoMonitor, dado que a interface com o operador de ambos os sistemas operativos é similar, reduzindo os custos de formação e manutenção.

3.4.3. Ambiente de Desenvolvimento de Aplicações – Nível Cliente

Como foi já referido, a escolha do ambiente para desenvolvimento das aplicações é determinante na solução global do sistema, uma vez que são as aplicações que determinam a sua funcionalidade.

Não foram consideradas as ferramentas de programação tradicionais, como o C, C++, *Microsoft Visual Basic*, entre outras, devido à necessidade de implementar a comunicação com os sistemas de aquisição de dados e rotinas de visualização e processamento, já disponíveis nas aplicações dedicadas a esse fim.

As aplicações consideradas foram o *Labtech Notebook*, o *Test Point* e o *LabVIEW*. Todas são baseadas em programação gráfica, sendo o *Labtech Notebook* o mais limitado ao nível da programação e interface com o operador.

O *Labtech Notebook* tem um princípio de programação baseado em objectos, ligados entre si, e com um determinado conjunto de propriedades que determinam o seu funcionamento. A funcionalidade disponível é muito reduzida, pois trata-se de uma aplicação destinada prioritariamente à aquisição de dados. Possui poucas capacidades de comunicação com outros programas. Na versão mais completa só permite a ligação de 300 blocos, em que cada bloco corresponde a um ponto de entrada ou saída, ou a uma operação efectuada.

O *TestPoint* é uma aplicação similar à anterior em termos de conceito, destinada a aquisição e processamento de dados, mas com um conjunto de funcionalidade muito superior. Possui comunicação com outros programas (DLL, DDE¹² e VBX¹³), bibliotecas de processamento matemático, auxílio na programação e tratamento de erros. Esta aplicação tem ainda interessantes capacidades gráficas e de interface com placas de aquisição de dados, embora ambas com algumas limitações.

O *LabVIEW* é uma linguagem de programação gráfica, que consiste numa interface intuitiva com o utilizador e um diagrama de blocos orientado pelo fluxo de dados (*dataflow*¹⁴). A programação gráfica consiste em interligar um conjunto de ícones (funções) através de fios de ligação (variáveis com dados), para ler ou escrever na interface com o utilizador ou para efectuar processamento. A entidade de programação em *LabVIEW* é o VI¹⁵, que corresponde a uma função nas linguagens tradicionais. É uma linguagem compilada e genérica, com funcionalidade optimizada para operações de aquisição – através de placas de interface e de instrumentação tradicional –, de processamento e visualização de dados. O *LabVIEW* não possui qualquer limitação de programação ou de controlo de placas de aquisição, permite a criação de programas executáveis e está disponível em diversas plataformas computacionais (*Microsoft Windows 3.1, 95 e NT, Sun Sparc, HP-UX, Macintosh, Power Macintosh e Concurrent PowerMAX*).

Na Tabela 3.7 é feita uma comparação das aplicações consideradas.

¹² DDE - (*Dynamic Data Exchange*) Protocolo de transferência de dados entre aplicações *Windows*

¹³ VBX – (*Visual Basic Control*) Objectos com determinada funcionalidade, como funções, para partilha entre aplicações *Windows*

¹⁴ *dataflow* – O controlo de execução é orientado pelo fluxo de dados e não pela forma como se escreve o programa

¹⁵ VI – (*Virtual Instrument*) Função em *LabVIEW*, representada por um ícone, com funcionalidade programável e entrada/saída de dados

	Labtech Notebook	TestPoint	LabVIEW
interface gráfica com operador	✓	✓	✓
programação gráfica	não totalmente	não totalmente	✓
bibliotecas de processamento	✗	✓	✓
interface com ficheiros	✓	✓	✓
interface com impressora	✗	✓	✓
comunicação TCP/IP ¹⁶	✗	✗	✓
interface SQL ¹⁷ (ODBC ¹⁸)	✗	✗	✓
interface com código C	✗	através de DLL	✓
comunicação OLE ¹⁹	✗	✗	✓
linguagem compilada	✗	✗	✓
criação de executáveis	✗	painel com executável	✓
processos concorrentes	✗	✓	✓
limitação de programação	300 blocos	não tem	não tem
interface com placas de aquisição	✓	✓	✓
limitação de placas em simultâneo	limitado pelos blocos	2 a 4	não tem

Tabela 3.7 – Comparação entre fabricantes de sistemas de aquisição de dados

A aplicação escolhida para o desenvolvimento das aplicações é o *LabVIEW*, devido às características necessárias para o sistema EcoMonitor, à facilidade de programação e manutenção de aplicações [34], e à sua aplicabilidade em grandes sistemas [35]. Aplicando o conceito de instrumentação virtual, em conjunto com o *LabVIEW*, podem atingir-se os objectivos referidos na secção 3.1.

Uma descrição mais detalhada da funcionalidade do *LabVIEW* pode ser encontrada em [1], [32], [36] e [37].

3.4.4. Ambiente de Desenvolvimento de Aplicações – Nível Servidor

A utilização da mesma aplicação em ambos os níveis do sistema, reduz não só os custos de desenvolvimento, como confere ao operador uma interface de utilização uniforme. Um dos factores mais importantes é a estrutura aberta do *LabVIEW* ao nível das interfaces com outras aplicações, nomeadamente:

- ficheiros – para registo de acontecimentos, de parâmetros de configuração e comunicação com outros sistemas informáticos;
- TCP/IP – para comunicação entre aplicações em computadores diferentes (operações de envio de dados, actuação nos sensores, entre outras);
- OLE – para interface com outras aplicações *Microsoft Windows* (operações de transferência de dados e execução de operações em outras aplicações – por exemplo com *Microsoft Excel* para emissão de relatórios);

¹⁶ TCP/IP – (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) Protocolo de comunicação utilizado em rede do tipo *ethernet*

¹⁷ SQL – (Structured Query Language) Linguagem de interface com bases de dados

¹⁸ ODBC – (Open Data Base Connectivity) Protocolo de interface com bases de dados em *Microsoft Windows*

¹⁹ OLE – (Object Linking and Embedding) Protocolo de comunicação entre aplicações *Microsoft Windows*; posterior ao DDE

- SQL – para interface com aplicações de base de dados (registo dos sinais medidos e posterior acesso aos dados para processamento – por exemplo com *Microsoft Access*).

A existência destas facilidades numa aplicação orientada para a tarefa de aquisição e processamento de dados não justifica a utilização de uma linguagem de programação tradicional, devido aos elevados custos de desenvolvimento.

3.4.5. Aplicação para Elaboração e Apresentação de Relatórios

Um dos requisitos do sistema EcoMonitor é a emissão, para envio às entidades competentes, de relatórios trimestrais em folha de cálculo pré-formatada em *Microsoft Excel*.

A escolha de uma aplicação com interface OLE visa efectuar a realização dos relatórios trimestrais de forma totalmente automática, conforme explicitado na secção 2.2.4 e no Apêndice B.

3.4.6. Base de Dados

A base de dados escolhida é o *Microsoft Access*, para manter a consistência de utilização de programas da família *Microsoft Office*.

A base de dados a implementar é relativamente simples, pois são arquivados os valores medidos dos sensores e alguns parâmetros de configuração do sistema. A recuperação de dados é feita com base no registo temporal de cada valor. O *Microsoft Access* tem também interface ODBC o que permite a consulta da base de dados do sistema EcoMonitor por outras aplicações, por exemplo para elaboração de relatórios do processo fabril.

3.5. Estrutura do Nível Cliente

Uma vez definidas as diversas componentes do sistema, e definida a funcionalidade a implementar (ver Tabela 3.2), é estruturada a aplicação do nível cliente em termos de diagrama de blocos funcionais.

A aplicação do nível cliente, esquematizada na Fig. 3.6, tem como função prioritária a aquisição das medidas efectuadas pelos sensores, e já referida na Tabela 3.2. Para evitar perdas de informação, os dados adquiridos são arquivados em disco, e depois de calculadas as médias, transmitidos ao servidor. Estão previstos mecanismos para evitar a perda de informação e de ligação entre os dois níveis. As tarefas de monitorização e actuação de calibrações são baseadas no mesmo princípio, estando implementadas em módulos independentes.

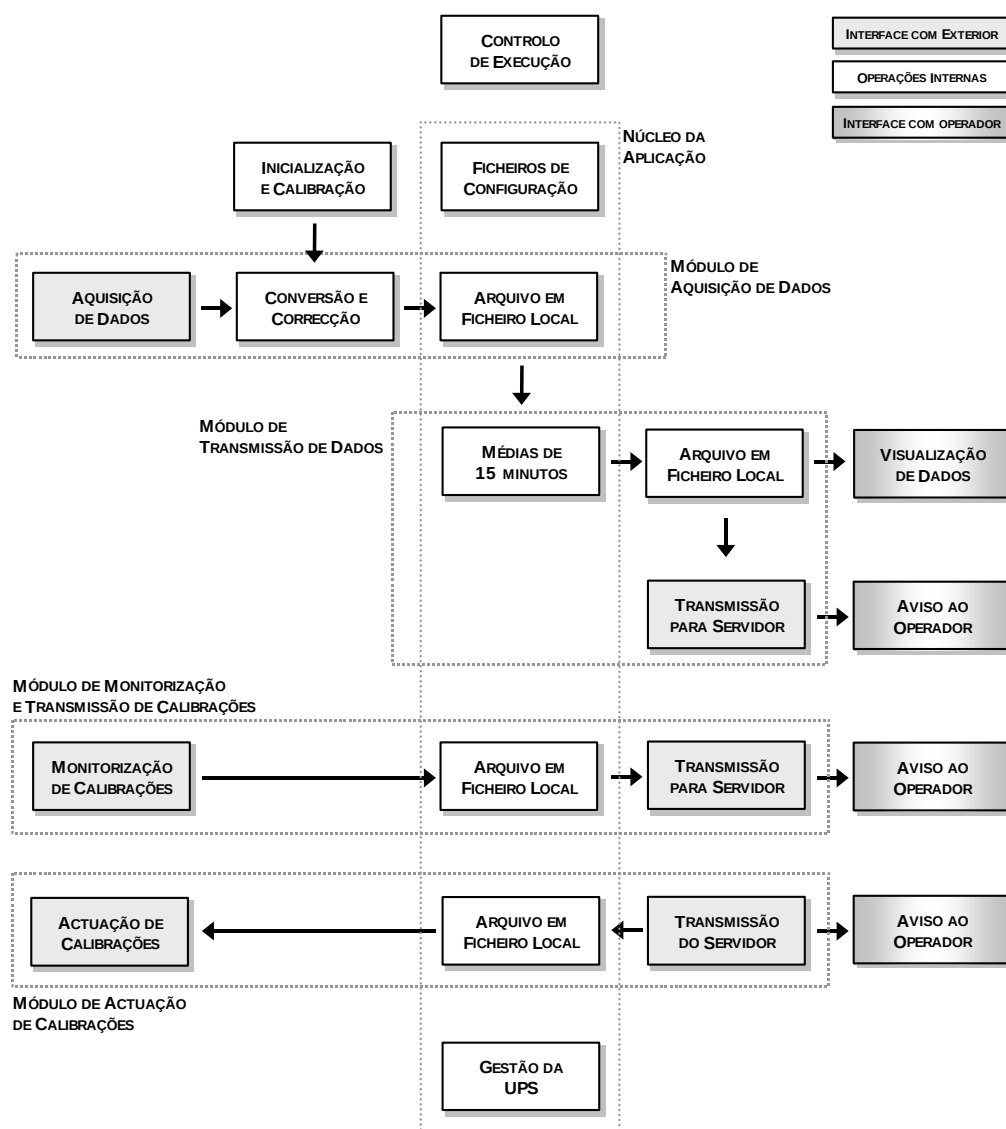


Fig. 3.6 – Estrutura do nível cliente

O controlo de execução entre módulos é efectuado por um mecanismo do tipo máquina de estados, que gere eficientemente as operações críticas, o módulo de configuração e calibração, a gestão da unidade de alimentação ininterrupta e a interface com o operador. O operador é notificado das operações efectuadas que são também registadas em ficheiro no computador pessoal. Existe ainda um mecanismo de controlo de acessos para garantir a segurança da aplicação.

A utilização de um computador pessoal ao nível cliente permite atingir uma flexibilidade e fiabilidade muito elevadas, através da correcta especificação e implementação da aplicação, de forma a garantir a aquisição de dados em contínuo, e a recuperação de eventuais falhas (por exemplo de comunicação). Esta aplicação tem diversos mecanismos de segurança e diagnóstico para permitir uma operação e manutenção muito simplificada.

3.6. Estrutura do Nível Servidor

A aplicação do nível servidor tem como principais objectivos o arquivo de dados, e a sua posterior visualização e utilização para emissão de relatórios, conforme descrito na Tabela 3.1. A este nível são prestados um conjunto de serviços, ao operador e às aplicações do nível cliente de forma concorrente, conforme se esquematiza na Fig. 3.7.

Os serviços prestados pelo servidor são:

- comunicação com os clientes, medidas e calibrações – recepção dos valores medidos pelos sistemas de aquisição de dados e recepção/envio das ordens de calibração;
- processamento e arquivo em base de dados – conversão das grandezas eléctricas em grandezas físicas, normalização e arquivo em base de dados (ver secção 2.2.2);
- emissão de relatórios – elaboração automática dos relatórios tipo implementados (ver secções 2.2.4 e 2.3); disponibilização dos relatórios finais e dos dados em bruto para processamentos adicionais, ambas em *Microsoft Excel*;
- interface gráfica com o operador – disponibilização de uma interface intuitiva e uniforme, para configuração e gestão do sistema; esta interface funciona em paralelo com as restantes funções;
- visualização de dados – consulta à base de dados de valores adquiridos dos sensores, com visualização de limites e calibrações, por fonte de emissão; possibilidade de impressão de gráficos e listagens através de *Microsoft Excel*;
- gestão de alarmes – notificação sobre valores limite excedidos, com possibilidade de aceitação pelo operador e registo em base de dados;
- cópias de segurança – implementação de um sistema de cópias de segurança diárias automáticas e procedimento de recuperação;
- interface com o sistema AS/400 – comunicação com o sistema de processamento fabril (do tipo *IBM AS/400*) para consulta de dados necessários à elaboração dos relatórios internos;
- gestão da unidade de alimentação ininterrupta – verificação do estado da rede eléctrica e garantia de fecho da aplicação em condições de segurança no caso de falha prolongada.
- informação sobre o estado actual do sistema – notificação ao operador das operações efectuadas pelo sistema ou alarmes gerados (por exemplo perda de comunicação com uma aplicação cliente);

Os serviços críticos são implementados em blocos independentes e com prioridade sobre os restantes. Estão também implementados diversos níveis de segurança de acesso à configuração do sistema, aos dados arquivados e à emissão de relatórios.

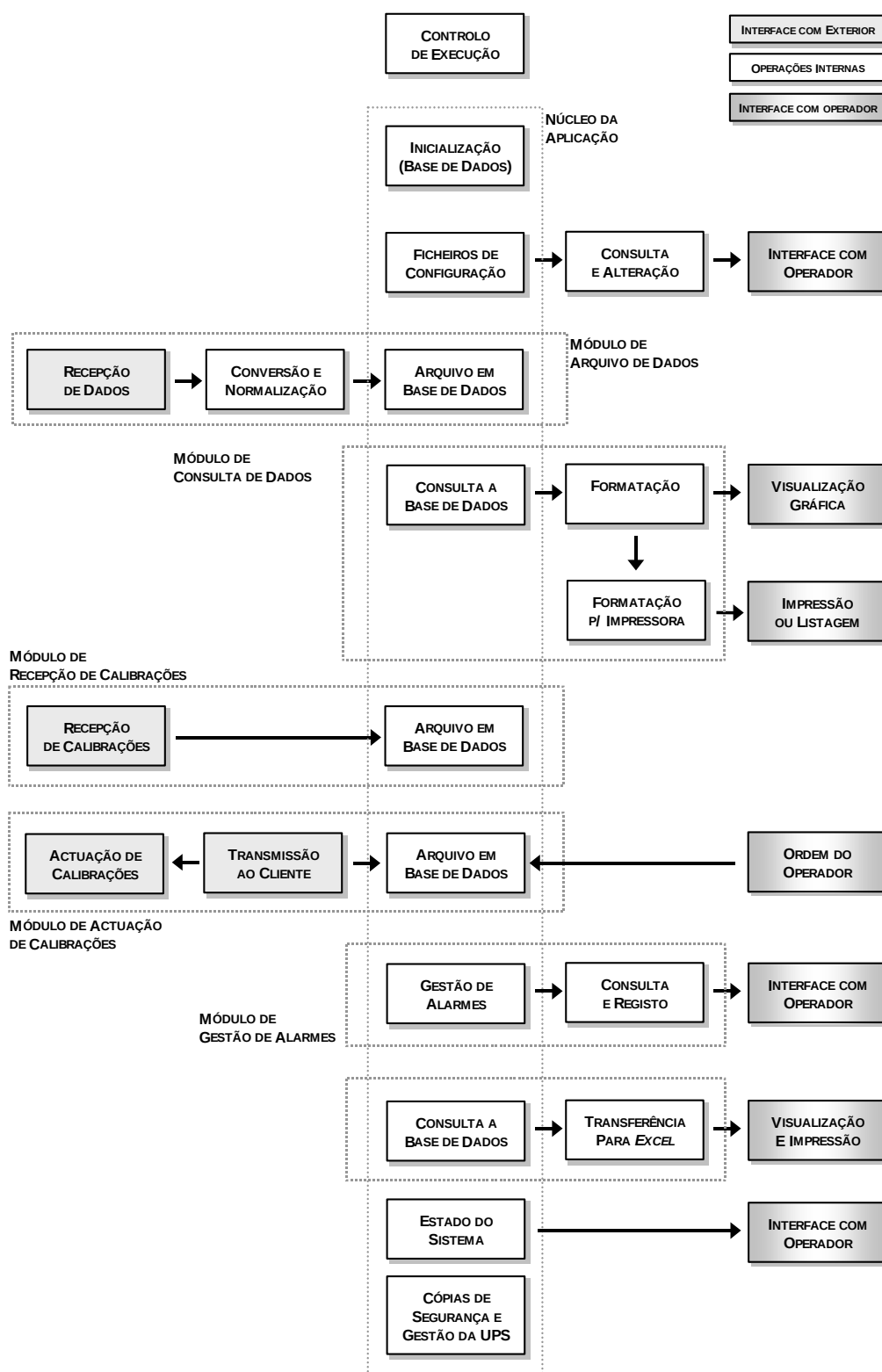


Fig. 3.7 – Estrutura do nível servidor

3.7. Configuração final

Após a escolha do equipamento e das aplicações a utilizar, e definidas as estruturas de cada um dos níveis de utilização, é apresentada na

Fig. 3.8 uma configuração mais detalhada do sistema EcoMonitor.

Em [37] pode encontrar-se informação mais detalhada sobre a especificação do sistema.

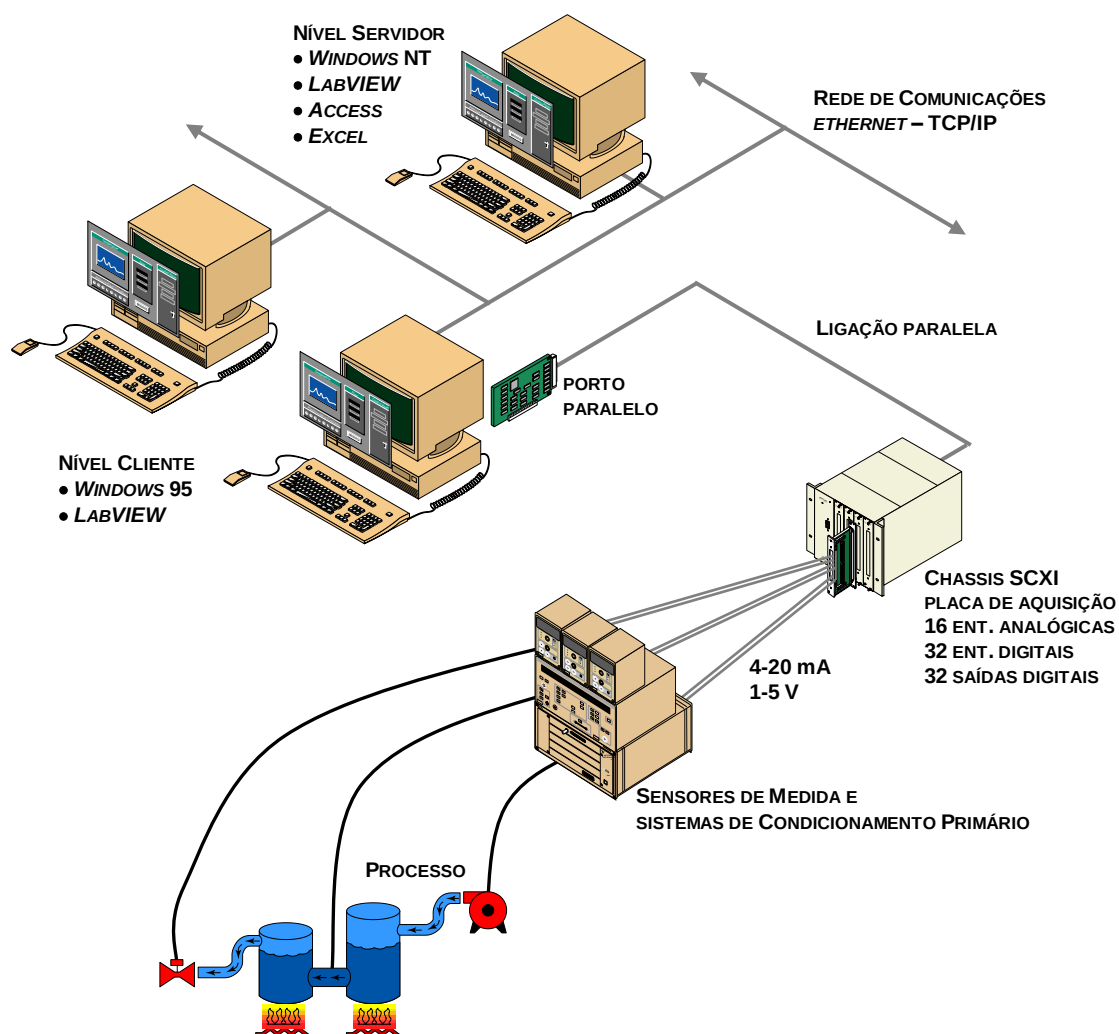


Fig. 3.8 - Configuração do sistema EcoMonitor

4. ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo é descrita a estratégia adoptada para o desenvolvimento do sistema EcoMonitor. Inicialmente é descrito o modelo adoptado para o desenvolvimento, sendo depois apresentado um cronograma das tarefas executadas. São descritas as diversas fases de teste modular e global, e as acções de apoio ao utilizador final, designadamente a documentação e a formação.

4.1. Modelo de desenvolvimento

Tradicionalmente é utilizado um de dois modelos de desenvolvimento de aplicações: de alto-nível, vulgarmente designado *top-down*, e de baixo-nível, designado *bottom-up* [1]. Ambos os modelos pressupõem a existência de níveis de funcionalidade organizados de forma hierárquica. Por exemplo, a interface eléctrica com os sensores é considerada ao nível mais baixo e a interface gráfica da aplicação com o utilizador é considerada ao nível mais elevado.

O modelo de alto-nível consiste criar uma aplicação abstracta com módulos funcionais e descer na hierarquia até implementar a funcionalidade cada módulo. O modelo de baixo-nível consiste em construir módulos específicos ao nível de funcionalidade inferior e posteriormente interligá-los de forma a proporcionar a funcionalidade desejada aos níveis superiores. O modelo de alto-nível tem como vantagens a definição prévia da interface com o operador, a facilidade de divisão de tarefas com funcionalidades bem definidas e a consciência do programador para o objectivo global a atingir. O modelo de baixo-nível oferece como vantagens a geração de código reutilizável, testado e totalmente funcional ao seu nível.

Ambos os modelos são válidos e muito dependentes da experiência de programação, da linguagem de programação utilizada e da especificidade de cada projecto, podendo cada modelo apresentar vantagens ou desvantagens quando considerados cada um destes tópicos.

Para o desenvolvimento do sistema EcoMonitor é adoptado um modelo misto, com o objectivo de reduzir o tempo total de desenvolvimento [34]. A implementação é simplificada pela escolha do *LabVIEW* como ambiente de desenvolvimento das aplicações [39]. Este modelo, representado graficamente na Fig. 4.1, contempla os seguintes passos:

- Definição do projecto – elaboração das especificações com discussão exaustiva da funcionalidade a implementar, ao nível dos processamentos a efectuar e do ponto de vista do operador;
- Estrutura/funcionalidade – definição da estrutura dos vários módulos a implementar e da funcionalidade associada, com eventual esboço do diagrama de blocos de funções e interligações de cada aplicação;
- Implementação (*VI's*) – concepção das funções necessárias para atingir a funcionalidade pretendida aos diversos níveis, em que idealmente cada função corresponde a um *VI* em *LabVIEW*;
- Teste modular – teste de cada uma das funções de baixo nível;
- Integração de módulos – elaboração dos módulos, constituídos pelas várias funções de baixo nível, e teste funcional independente do funcionamento do sistema;

- Teste do sistema – teste global do sistema para verificação da comunicação entre módulos e correcta implementação das especificações;
- Comentários do operador – teste e utilização provisória do sistema *in-loco* e eventual correcção de erros de incumprimento de especificações.

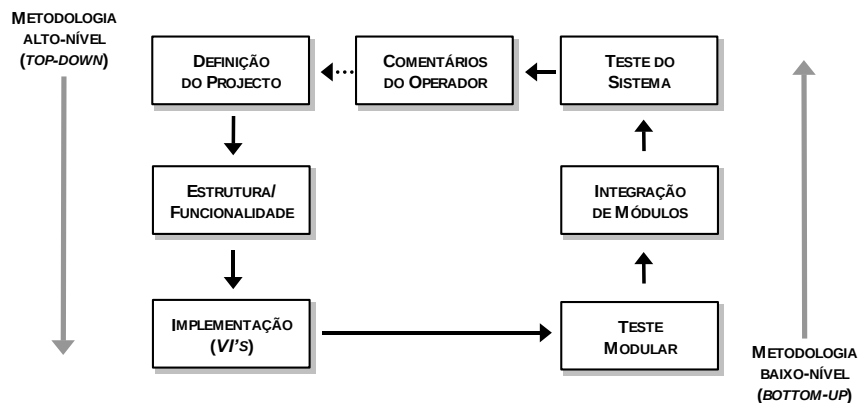


Fig. 4.1 – Modelo de desenvolvimento

O seguimento deste modelo e a utilização de uma linguagem de programação gráfica permite diminuir o tempo de desenvolvimento do projecto e a quantidade de interações necessárias devidas a eventuais correcções das especificações.

A fase de definição do projecto consiste em determinar os fluxos de dados, os respectivos processamentos e a funcionalidade oferecida ao operador. Uma especificação cuidada de todo o sistema, em conjunto com os seus futuros utilizadores, é essencial para o sucesso da sua implementação. Nesta fase são definidos os requisitos do sistema, as especificações exactas e as eventuais modificações futuras.

Na fase de estruturação/funcionalidade são definidas a estrutura das aplicações a desenvolver e a interface com o operador, esta última usualmente denominada de interface homem-máquina ou MMI²⁰. Nesta fase existe uma grande interacção com o utilizador final de forma a definir com muita precisão a funcionalidade a implementar, e é efectuado um protótipo para a sua aprovação. As características de criação da interface gráfica com o operador sem desenvolvimento de código, de elaboração de aplicações com programação gráfica, e de níveis hierárquicos do *LabVIEW* facilitam consideravelmente esta fase.

Na fase de implementação, e seguindo o modelo de alto-nível, são desenvolvidos os módulos aos vários níveis de funcionalidade e interface com o exterior da aplicação (por exemplo com o sistema de aquisição de dados, com a rede comunicações, com a base de dados, com o operador, entre outros). A cada módulo identificado no diagrama das aplicações corresponde a implementação de uma função, ou um *VI* em *LabVIEW*. Para promover a modularidade da aplicação e reutilização de código, a implementação de funções com determinada especificidade é dividida por diferentes *VI's*.

²⁰ MMI – (Man Machine Interface) Interface do sistema com o operador

Na fase de teste, cada VI com funcionalidade bem definida é testado exaustivamente para garantir a integração nos respectivos módulos de forma simples.

Na fase de integração os diversos componentes de cada módulo são ligados entre si e testados no conjunto, embora cada módulo como uma aplicação independente. Nesta fase são verificados os requisitos específicos de cada módulo de funcionalidade. Uma correcta planificação das tarefas e estruturação das aplicações, permite partilhar funções entre módulos diferentes e diminuir o tempo de desenvolvimento. A natureza hierárquica e programação visual do *LabVIEW* permitem obter aplicações com uma estrutura visualmente similar à definida anteriormente, facilitando a manutenção do código.

A fase de teste do sistema consiste primeiramente num teste global para identificação de erros de interface entre módulos e verificação do fluxo completo de dados, em conjunto com um teste exaustivo da funcionalidade implementada, para detecção de incumprimento de especificações. De seguida o sistema é provisoriamente instalado na instalação fabril para efectuar testes *in-loco* e verificar a recuperação a falhas resultantes do funcionamento do sistema e o incumprimento de especificações.

A fase de comentários do operador está incluída na fase anterior de detecção e correcção de erros.

Idealmente, este modelo tem apenas uma interacção, desde a definição do projecto até à sua conclusão. Mas, a própria natureza deste tipo de aplicações, em que as especificações podem ser alteradas depois de definidas e acordadas, pode obrigar a interacções apenas entre algumas das fases de desenvolvimento. A escolha de um modelo misto (alto-nível e baixo-nível) oferece a flexibilidade pretendida na interacção entre as fases de estrutura, implementação e integração facilitando a reutilização de código.

A natureza modular do modelo de desenvolvimento escolhido e do *LabVIEW*, conferem algumas vantagens na implementação e manutenção de grandes aplicações, como:

- a divisão hierárquica de funcionalidade;
- a edição mais rápida de cada VI;
- a gestão de memória mais eficiente;
- o teste mais eficiente;
- o aspecto visual do diagrama de código similar ao digrama de funcionalidade.

Entre as capacidades de auto-documentação do *LabVIEW* são utilizadas no EcoMonitor a associação a cada VI de uma descrição, bem como às suas variáveis de entrada e saída, e manutenção de um registo histórico configurável de alterações efectuadas.

4.2. Temporização de tarefas

A realização do sistema EcoMonitor é dividida em tarefas de forma a seguir o modelo escolhido. No cronograma apresentado no Apêndice D são indicadas as tarefas e os respectivos tempos de execução. De seguida são descritas cada uma das tarefas constituintes do projecto.

4.2.1. Tarefa 1 – Especificação

Esta tarefa consiste na especificação da arquitectura do sistema, da funcionalidade, das interfaces com o operador e dos equipamentos e aplicações a utilizar. Esta tarefa é composta pelas seguintes duas fases:

- especificação conjunta com o utilizador final;
- concepção da arquitectura do sistema, escolha dos equipamentos e aplicações e prototipagem das interfaces com o operador.

4.2.2. Tarefa 2 – Aquisição de Material

Esta tarefa contempla o tempo necessário à aquisição dos equipamentos e decorre em paralelo com as restantes.

4.2.3. Tarefa 3 – Integração dos Equipamentos do Nível Cliente

Esta tarefa contempla a integração e teste exaustivo dos equipamentos constituintes do nível cliente e desenvolvimento de módulos da aplicação de baixo nível:

- integração dos equipamentos do nível cliente;
- desenvolvimento de módulos de baixo nível para controlo do sistema de aquisição de dados;
- desenvolvimento de uma aplicação de teste;
- teste de robustez do protótipo;
- integração definitiva dos restantes equipamentos do nível cliente.

4.2.4. Tarefa 4 – Desenvolvimento da Aplicação do Nível Cliente

Esta tarefa contempla o desenvolvimento da aplicação do nível cliente, dividida nas seguintes fases:

- concepção da arquitectura da aplicação;
- desenvolvimento e implementação do código;

4.2.5. Tarefa 5 – Desenvolvimento da Aplicação do Nível Servidor

Esta tarefa contempla o desenvolvimento da aplicação do nível servidor, dividida nas seguintes fases:

- concepção da arquitectura da aplicação;
- desenvolvimento e implementação do código;

4.2.6. Tarefa 6 – Integração da Interface com o AS/400

Esta tarefa contempla a integração da interface entre o sistema EcoMonitor e o sistema IBM AS/400.

4.2.7. Tarefa 7 – Desenvolvimento do Módulo de Interface com o AS/400

Esta tarefa consiste no desenvolvimento do módulo de interface do sistema EcoMonitor com o sistema IBM AS/400.

4.2.8. Tarefa 8 – Teste do Sistema

Esta tarefa contempla o teste do sistema, dividido nas seguintes fases:

- teste modular de funcionalidade;
- teste completo com sinais e faltas simuladas.

4.2.9. Tarefa 9 – Instalação e Formação

Esta tarefa consiste na montagem final do sistema e na formação de uma equipa de operadores do sistema. Consiste em duas fases:

- instalação do sistema e verificação do funcionamento;
- formação ao nível de operação e ao nível de programação.

Posteriormente ao desenvolvimento e instalação do sistema, decorre um período de aceitação em que o proprietário tem a responsabilidade de verificação do correcto funcionamento do sistema sob todas as situações e comunicação do incumprimento de especificações para correcção.

4.3. Estratégia de Teste

Conforme referido na descrição do modelo de teste adoptado, as várias funções são testadas após a implementação como funções independentes da aplicação que devem verificar determinada funcionalidade ou comportamento. Nas funções de interface com o operador é verificada a validade dos dados introduzidos para evitar funcionamentos anormais da aplicação.

4.3.1. Teste de aplicações

Na fase de integração, as diversas funções são ligadas para formar um módulo de funcionalidade e cada módulo é testado exaustivamente para verificação do cumprimento de especificações. Determinados módulos exigem um teste mais exaustivo e interactivo, como por exemplo os módulos de comunicação entre os níveis servidor e cliente (TCP/IP), os módulos de interface com a base de dados (SQL), o módulo de interface com o *Microsoft Excel* (OLE), entre outros. A execução de um conjunto de testes rigorosos nesta fase beneficia em muito a fase final de implementação das aplicações.

Após o teste dos diversos módulos, estes são integrados para constituir a aplicação. No caso particular do sistema EcoMonitor, existem duas aplicações a cada um dos níveis, o EcoMonitor Servidor e o EcoMonitor Cliente. As aplicações são testadas em conjunto com o equipamento para detecção de erros de implementação.

4.3.2. Teste do sistema – simulado

Obtida uma primeira versão do sistema completo, este é testado exaustivamente com medidas e falhas simuladas para a detecção de incumprimento de especificações e recuperação do sistema na presença de falhas.

Nesta fase são detectados grande parte dos erros de implementação, nomeadamente de interface com o operador, de validação de dados e de reacção a anomalias. Este teste exaustivo, efectuado em modo contínuo durante um período de tempo longo, tem também como objectivo comprovar a robustez do sistema perante as escolhas de arquitectura e das suas componentes, equipamento e aplicações.

4.3.3. Teste *in loco*

O sistema é depois instalado na sua localização final, a instalação fabril da Portucel Viana, para teste com medidas reais e sujeito às condições normais de funcionamento.

Após uma primeira verificação do funcionamento perante algumas situações anómalas, são efectuadas algumas correcções, nomeadamente na parte de processamento e apresentação de resultados.

Este período de teste *in loco* permite ao operador a familiarização com o sistema e o seu funcionamento, e por intermédio dos seus comentários são efectuadas algumas alterações.

4.4. Documentação

As escolhas efectuadas ao nível da arquitectura, dos equipamentos e das aplicações visam conferir ao sistema, entre outros objectivos, uma interface aberta baseada em standards e a possibilidade de ser gerido internamente pelos seus operadores. Por estas razões é utilizada uma interface gráfica com o operador baseada numa linguagem de programação gráfica, em plataforma *Microsoft Windows*.

Para auxiliar a operação e manutenção do sistema EcoMonitor, são disponibilizados dois manuais com objectivos distintos:

- Manual do operador – descreve a interface com o operador e a funcionalidade implementada;
- Manual do programador – descreve as funções implementadas (*IT's*), agrupadas por módulo de funcionalidade, descreve o fluxo de dados dentro da aplicação de nível servidor e contém as listagens de processamento para elaboração de relatórios em *Microsoft Visual Basic for Applications*.

A informação contida no Manual do Operador é em tudo similar ao conteúdo da secção 5, pelo que se acha desnecessária a duplicação de informação.

O Manual do Programador foi elaborado de forma similar aos manuais de *LabVIEW* para conferir uma consistência de utilização, e é apresentado de forma resumida no Apêndice D.

4.5. Formação

Depois do sistema EcoMonitor instalado, testado e corrigido, são leccionadas duas acções de formação:

- operação do sistema – para um conjunto de operadores, incluindo técnicos e responsáveis pela área de ambiente;
- Arquitectura do sistema e linguagem *LabVIEW* – para os operadores habilitados a efectuar manutenção do sistema e eventuais alterações ao código.

5. INTERFACE COM O OPERADOR

Neste capítulo são descritos os painéis de interface com o operador e a funcionalidade implementada.

São explicadas sucintamente generalidades sobre a operação da interface gráfica e as principais funções implementadas pelos módulos em cada aplicação. São depois descritos todos os painéis da aplicação e as respectivas funções associadas.

A informação contida neste capítulo é similar ao conteúdo do Manual do Utilizador, pelo que se acha desnecessária a duplicação de informação.

5.1. Generalidades sobre a Operação

O sistema EcoMonitor funciona em plataforma Microsoft Windows (95 e NT) beneficiando das facilidades de utilização da interface gráfica características deste sistema operativo. A interface do EcoMonitor Servidor com o operador é implementada com recurso a uma sequência de painéis através dos quais este pode interagir com o sistema. No entanto, devido à forma como foi concebida a estrutura das aplicações na linguagem de programação gráfica *LabVIEW*, são de considerar algumas diferenças na forma de navegação entre janelas, nomeadamente:

- os painéis são fechados com o botão de **OK** ou **Sair**;
- não é possível fechar os painéis com o botão do canto superior direito (☒);
- não se pode trocar a execução entre painéis sem sair previamente daquele que está activo;
- nos painéis onde há alteração de parâmetros é pedida ao operador uma confirmação;
- nos painéis onde há consulta à base de dados, o botão de **Sair** ou **OK**, fica indisponível durante a consulta à base de dados, não devendo o operador efectuar outras acções.

5.2. Funcionamento do Nível Servidor

A aplicação EcoMonitor Servidor é responsável pelos seguintes serviços:

- servidor de medições – recebe as medições dos postos, efectua o pré-processamento e arquiva;
- servidor de calibrações – recebe as notificações de calibração automática e envia as ordens de calibração manual;
- servidor principal – gere a navegação entre janelas e disponibiliza a interface gráfica com o operador através da qual este pode configurar todos os parâmetros da aplicação;
- servidor de alarmes – verifica permanentemente a ocorrência de alarmes ou avisos e notifica o operador através de um painel independente e sempre visível;
- servidor da unidade de alimentação ininterrupta – mantém a aplicação num estado de funcionamento seguro na presença de eventuais cortes de energia eléctrica;

- servidor de erros da base de dados – verifica o estado das operações com a base de dados;
- servidor temporal – verifica mudanças de ano, mês e dia; é utilizado para criação das novas tabelas da base de dados (mudança de ano), para inserção automática de valores mensais (mudança de mês) e para realização de cópias de segurança diárias (mudança de dia);

Estão definidos 3 tipos de operadores:

- supervisor - único e com palavra-chave inalterável;
- administrador - operador com capacidade de aceder todas a capacidades do programa, excepto as indicadas como exclusivas do supervisor;
- utilizador - operador com acesso limitado a alguma funcionalidade.

Está implementado um mecanismo de sincronização horária dos computadores pessoais do nível cliente com o nível servidor sempre que são recebidos dados novos. Além dos alarmes configuráveis para os diversos sinais, existem dois avisos adicionais: notificação de que um nível cliente está incomunicável e notificação que está estabelecida comunicação com todos os níveis clientes.

5.3. Funcionamento do Nível Cliente

A aplicação EcoMonitor Cliente é responsável pela aquisição em contínuo dos dados relativos às emissões gasosas, e garante os seguintes serviços:

- aquisição de dados e armazenamento em ficheiro provisório;
- comunicação dos dados adquiridos ao servidor;
- monitorização das calibrações efectuadas;
- comunicação dos dados relativos às calibrações;
- actuação de calibrações nos sensores por ordem do servidor;
- verificação do estado da unidade de alimentação ininterrupta.

5.4. Descrição da Funcionalidade

Nesta secção são apresentados os painéis de interface com o operador, é descrita a funcionalidade associada a cada um e a navegação entre eles. Na Fig. 5.1 é apresentada a hierarquia de painéis do EcoMonitor Servidor. A aplicação EcoMonitor Cliente tem apenas um painel de interface.

Como se pode observar, há um certo cuidado na elaboração da interface gráfica ao nível da consistência entre painéis, da sobriedade de cores utilizadas e da personalização da aplicação.

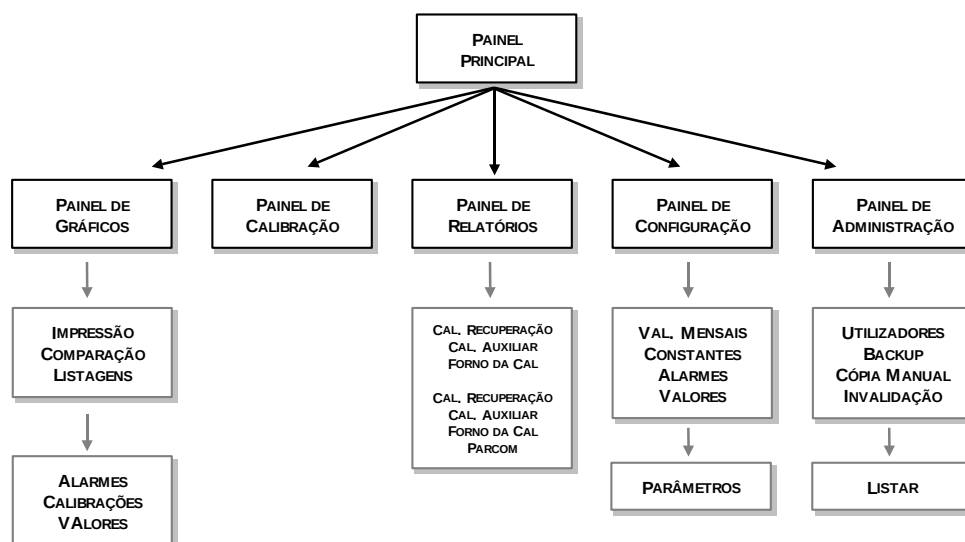


Fig. 5.1 - Hierarquia de Painéis

5.4.1. Painel de Inicialização do Nível Servidor



Fig. 5.2 – Painel de entrada na aplicação

A aplicação é executada com o arranque do sistema operativo e é necessária a introdução de uma palavra-chave, designada por *password*, para que o EcoMonitor Servidor seja inicializado, após o que é garantida a comunicação com os postos e o armazenamento de dados. O sistema entra depois em modo de espera, onde o operador pode escolher entre entrar no sistema (*login*) ou desligar o sistema (*quit*). Nesta fase, o sistema está a trabalhar na totalidade e este modo de espera não influencia a sua funcionalidade (ver Fig. 5.3).

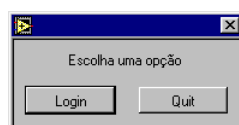


Fig. 5.3 – Painel de inicialização

5.4.2. Painel de Registo de Operador

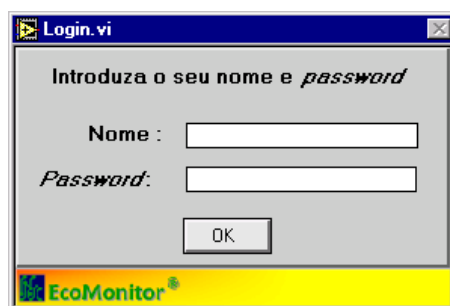


Fig. 5.4 – Painel de validação de operador

Este painel valida um operador através de um nome e de uma palavra-chave para aceder às funcionalidades do sistema, e mantém-se neste painel até efectuar a validação com sucesso.

5.4.3. Painel Principal



Fig. 5.5 – Painel principal

Este é o painel principal da aplicação. A partir deste painel estão acessíveis todas as funcionalidades do sistema, consoante os privilégios de cada operador. Os painéis Administração do Sistema, Configuração do Sistema e Emissão de Relatórios só são acessíveis a operadores com privilégio de administração (estes privilégios são definidos durante a criação dos operadores). O botão **Sair**, sai deste painel e volta para o modo de espera descrito anteriormente.

5.4.4. Painel de Administração

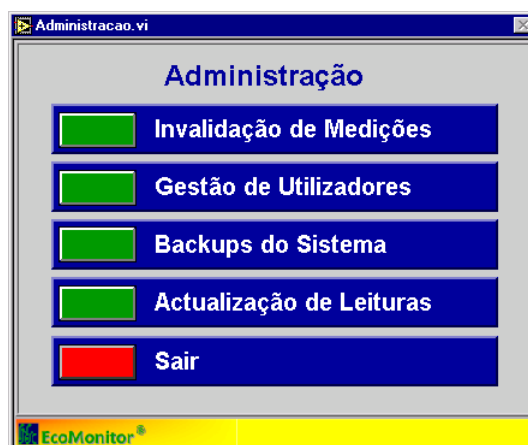


Fig. 5.6 – Painel de administração

Este painel permite aceder aos painéis de gestão do sistema, estando o seu acesso limitado a operadores com privilégio de administração. Existe neste painel um botão **Sair**, para retornar ao painel principal.

5.4.5. Painel de Invalidação/Validação de Medições

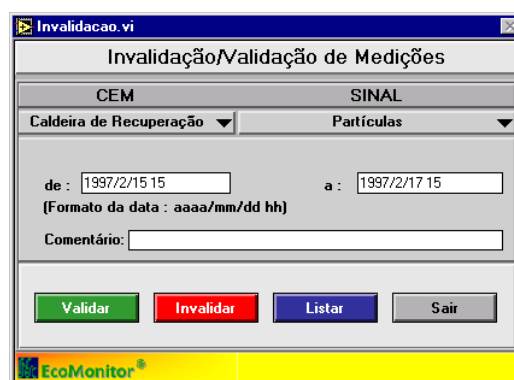


Fig. 5.7 – Painel de validação/invalidação de medições

Este painel permite ao operador efectuar validações ou invalidações de dados registados na base de dados. A validação ou invalidação de dados é relativa a um intervalo de tempo configurável, que consiste num par de datas em formato *aaaa/mm/dd hh* e de um comentário a registar na base de dados. Esta operação não altera os dados, só uma propriedade, uma vez que os valores inválidos não são contabilizados para efeitos de relatório e são representados de modo diferente na visualização gráfica. Existem quatro botões neste painel:

- **Validar** realiza a operação de validação dos dados de um sinal (seleccionável numa lista no topo direito) de um *CEM* (seleccionável numa lista no topo esquerdo). Para seleccionar todos os sinais de um *CEM*, está disponível a opção “ALL”;

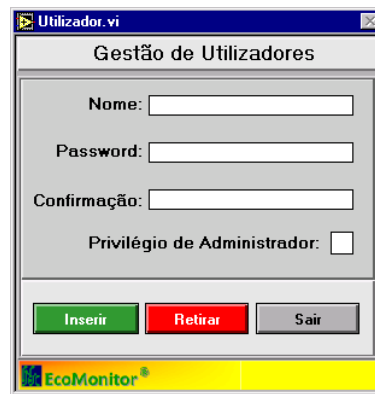


Fig. 5.9 – Painel de gestão de operadores

5.4.8. Painel de Cópias de Segurança



Fig. 5.10 – Painel de cópias de segurança

Este painel permite ao administrador realizar cópias de segurança, também designadas por *backup*, para um dispositivo de armazenamento (fita magnética ou *drive* óptica) e restaurar as cópias para o computador. As cópias de segurança são baseadas no sistema standard do *Microsoft Windows NT*, sendo a acção de Realizar totalmente automatizada e a acção de Restauo efectuada manualmente com os passos documentados durante a operação. Na cópia de segurança são arquivados os ficheiros de configuração, a base de dados, os relatórios elaborados e os ficheiros de registo de acções. Existem três botões neste painel:

- **Realizar Cópia de Segurança** efectua a cópia de segurança de forma automática;
- **Restaurar Cópia de Segurança** restaura a cópia de segurança, sendo os passos indicados ao operador;
- **Sair** retorna ao painel de Administração.

5.4.9. Painel de Actualização de Leituras

Este painel permite ao administrador actualizar as leituras dos sinais medidos pelos clientes através de disco flexível (disquete) na eventualidade de se verificar uma anomalia prolongada na rede de comunicações. Existem dois botões neste painel:

- **Inserir** recupera os dados da disquete e insere na base de dados;
- **Sair** retorna ao painel de Administração.

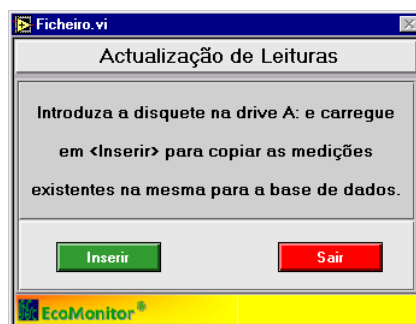


Fig. 5.11 – Painel de cópias manual de dados adquiridos

5.4.10. Painel de Configuração

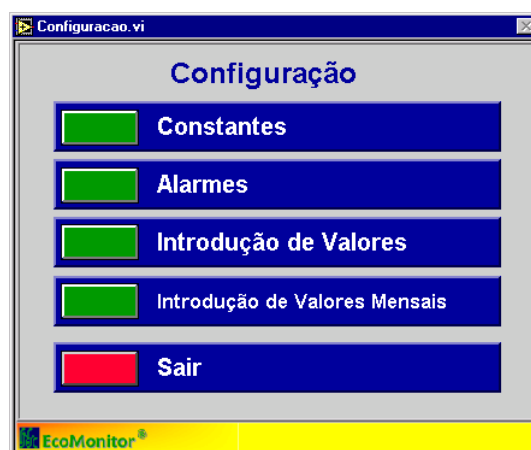


Fig. 5.12 – Painel de configuração

Neste painel o administrador acede aos painéis de configuração do sistema. Existe neste painel um botão **Sair**, para retornar ao painel principal.

5.4.11. Painel de Constantes

Este é o painel de definição de constantes a utilizar no processamento dos sinais medidos antes de estes serem inseridos na base de dados. As três constantes são: Oxigénio de referência, Pressão de referência e Temperatura de referência. Existem dois botões neste painel:

- **OK** aceita os valores e actualiza a base de dados. Retorna ao painel de Configuração;
- **Cancelar** anula as alterações realizadas e retorna ao painel de Configuração.

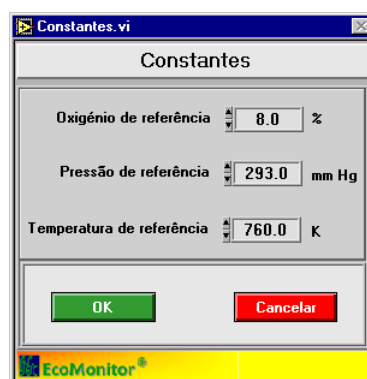


Fig. 5.13 – Painel de introdução de constantes

5.4.12. Painel de Configuração de Alarmes

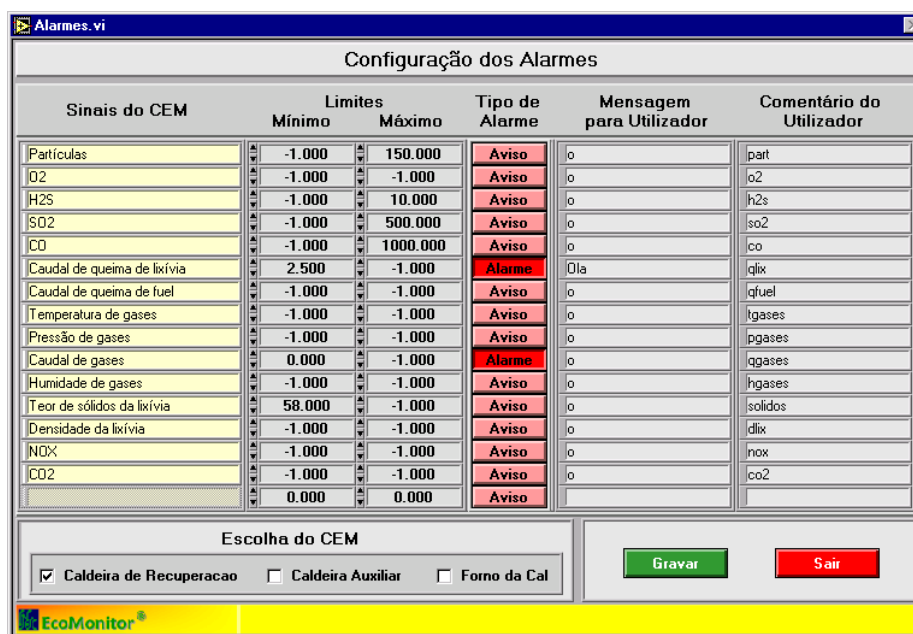


Fig. 5.14 – Painel de configuração de alarmes

Neste painel são configurados os avisos e alarmes para cada *CEM*. É possível definir para cada sinal (indicado na primeira coluna):

- os limites mínimo e máximo;
- o tipo de notificação - aviso ou alarme;
- a mensagem de notificação ao operador;
- o comentário por omissão a introduzir na base de dados.

Existem ainda dois botões neste painel:

- **Gravar** insere a informação corrente na base de dados. Retorna ao painel de Configuração;
- **Sair** retorna ao painel de Configuração sem alterar a informação existente na base de dados.

A inserção dos dados na base de dados através da selecção do botão de **Gravar** só é válida se todos os campos estiverem devidamente preenchidos (para os sinais existentes).

5.4.13. Painel de Introdução de Valores

Sinais do CEM	Abrev	Unidades	Modo	Valor	Tipo	Canal
Partículas	part	mg/Nm3	Contínuo	100.000	Primário	0
O2	O2	%	Contínuo	3.000	Secundário	1
H2S	H2S	mg/Nm3	Contínuo	10.000	Primário	2
SO2	SO2	mg/Nm3	Contínuo	2.000	Primário	3
CO	CO	mg/Nm3	Contínuo	0.000	Primário	4
Caudal de queima de lixívia	Qlix	tAS/h	Contínuo	27.000	Primário	5
Caudal de queima de fuel	Qfuel	t/h	Valor	0.130	Primário	6
Temperatura de gases	Tgases	K	Valor	264.000	Secundário	7
Pressão de gases	Pgases	mm Hg	Valor	767.000	Secundário	8
Caudal de gases	Qgases	Nm3/h	Valor	91200.000	Secundário	9
Humidade de gases	hgases	%	Valor	25.000	Secundário	10
Teor de sólidos da lixívia	solidosLix	%	Valor	69.600	Secundário	11
Densidade da lixívia	dlux	Kg/l	Valor	1.406	Secundário	12
NOx	NOx	ppm	Valor	0.000	Secundário	13
CO2	CO2	ppm	Valor	0.000	Secundário	14
			Contínuo	0.000	Primário	0

Escolha do CEM: Caldeira de Recuperação

OK Parâmetros Sair

Fig. 5.15 – Painel de configuração de sinais e introdução de valores

Neste painel são configurados os sinais de cada *CEM*. É possível definir para cada sinal (indicado na primeira coluna):

- a abreviatura a utilizar para o sinal (utilizada na legenda dos gráficos);
- a unidade associada ao sinal;
- o modo de introdução do sinal na base de dados - contínuo ou valor;
- o valor por omissão a inserir na base de dados no modo de aquisição por valor;
- o tipo do sinal - primário ou secundário – que indica o comportamento perante a detecção de valores fora dos limites definidos (painel de configuração de alarmes) ou de um erro na aquisição, em que um sinal secundário passa automaticamente ao modo de introdução por valor;
- o canal físico ao qual o sinal está ligado no sistema de aquisição de dados.

Existem ainda três botões neste painel:

- **OK** insere a informação corrente na base de dados. Retorna ao painel de Configuração;
- **Parâmetros** permite consultar os parâmetros relacionados com a aquisição dos sinais;

- **Sair** retorna ao painel de Configuração sem alterar a informação existente na base de dados.

A inserção dos dados na base de dados através da selecção do botão de **OK** só é válida se todos os campos estiverem devidamente preenchidos (para os sinais existentes). Não pode haver abreviaturas com o mesmo nome, nem atribuição de sinais diferentes ao mesmo canal físico. Para adicionar um novo sinal, basta preencher uma linha vazia com a informação respeitante a esse novo canal.

5.4.14. Painel de Parâmetros de Aquisição

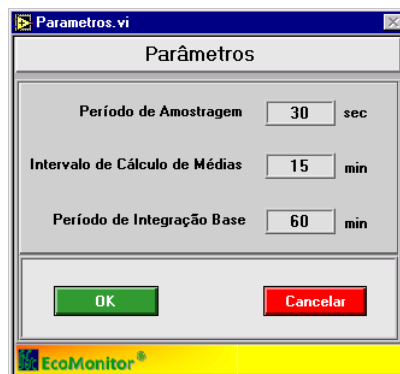


Fig. 5.16 – Painel de visualização de parâmetros

Este painel permite a consulta dos parâmetros de configuração do sistema de aquisição de dados:

- período de amostragem - intervalo de tempo de aquisição do sinal, fixo em 30 segundos;
- intervalo de cálculo de médias - intervalo de tempo para o cálculo de médias no posto, antes de enviar os dados para o servidor, fixo em 15 minutos;
- período de integração base - intervalo de tempo para elaboração de relatórios, fixo em 60 minutos.

Existem dois botões neste painel:

- **OK** retorna ao painel anterior (Introdução de Valores).
- **Cancelar** retorna ao painel anterior (Introdução de Valores).

5.4.15. Painel de Introdução de Valores Mensais

Neste painel são introduzidas variáveis necessárias para a elaboração de relatórios internos, relativos à produção mensal de papel (toneladas produzidas e número de horas de produção). É possível definir a obtenção destes valores de forma manual (através deste painel) ou automática (a partir do sistema AS/400 com configuração do dia do mês). Existem três botões neste painel:

- **OK** insere os valores manualmente na base de dados (este botão está inactivo em modo automático) e retorna ao painel anterior (Configuração);

- **Manual/AS400** define a escolha entre modo manual e automático;
- **Cancelar** retorna ao painel anterior (Configuração) sem inserir dados na base de dados.



Fig. 5.17 – Painel de introdução de valores mensais

5.4.16. Painel de Configuração do AS/400

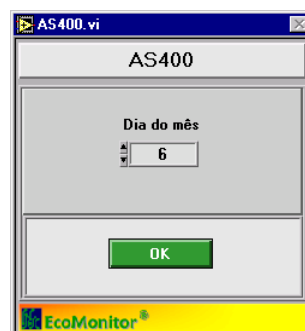


Fig. 5.18 – Painel de configuração de leitura do AS/400

Este painel, chamado através da selecção do botão **Manual/AS400** do painel de introdução de Valores Mensais, permite definir o dia do mês em que a aplicação consulta o sistema AS/400 para obter os valores da produção de papel mensal. O botão **OK** retorna ao painel anterior (Valores Mensais).

5.4.17. Painel de Visualização Gráfica

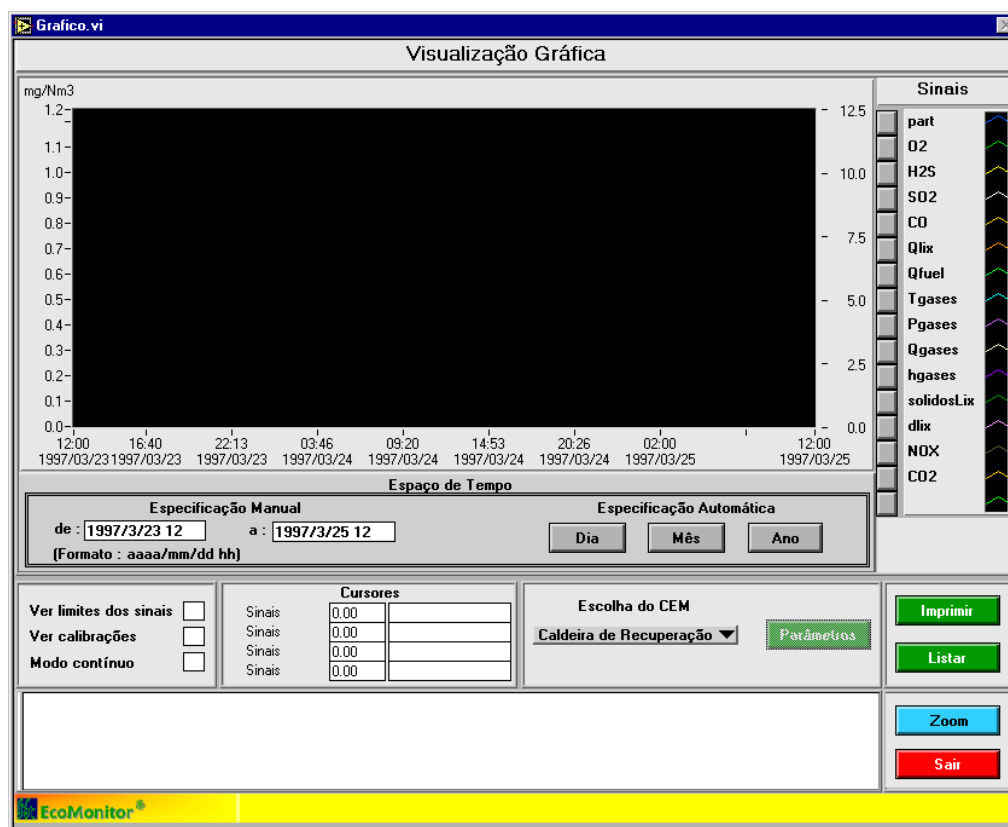


Fig. 5.19 – Painel de visualização de gráficos

Este é o painel de visualização gráfica para consulta dos dados armazenados na base de dados, dos seus limites e das calibrações efectuadas. Os valores marcados como inválidos são representados no gráfico com pontos maiores. Existem dois modos de visualização distintos:

- modo normal – o operador define o intervalo de tempo a consultar;
- modo contínuo – o intervalo de tempo refere-se à última hora e quando são recebidos novos valores estes são representados no gráfico. Existe uma opção, **Modo Contínuo**, para seleccionar este modo.

O intervalo de tempo a consultar é definido nos campos **Especificação Manual**. Se alguma das datas inseridas é inválida ou se a primeira é posterior à segunda, o intervalo de tempo é automaticamente ajustado para as últimas 48 horas. É possível utilizar os modos de **Especificação Automática** para definir intervalos de um dia, um mês ou um ano a acabar no dia e hora actual.

Consoante o *CEM* escolhido, os seus sinais aparecem na coluna do lado direito do painel, em conjunto com a cor da linha associada a esse sinal, onde se pode seleccionar o sinal para visualização.

O gráfico tem duas escalas verticais, uma do lado esquerdo cuja unidade está fixa em mg/Nm^3 , e outra do lado direito cuja unidade varia conforme o sinal escolhido. Pode estar mais do que um sinal seleccionado afecto à escala do lado direito do gráfico, desde que tenha a mesma unidade.

O operador pode visualizar os limites dos sinais, representados por uma linha interrompida da mesma cor da linha do sinal, através da opção **Ver limites dos sinais**.

Pode também visualizar as calibrações associadas a um sinal, representadas por traços verticais da mesma cor da linha do sinal na data em que a calibração ocorreu, através da opção **Ver Calibrações**.

Estão disponíveis quatro cursores para percorrer os sinais visualizados. A associação de um cursor a um sinal consiste em seleccionar esse sinal da lista de sinais disponíveis (lista encabeçada com **Sinais**). Os campos associados a cada cursor indicam o valor do sinal e a data de aquisição do valor apontado pelo cursor.

A escolha do *CEM* é efectuada através da lista **Escolha do CEM**. Nesta lista existe a opção **Comparação de CEM's** que permite visualizar em simultâneo um sinal existente em *CEM's* distintos e realizar operações aritméticas simples, podendo representar o sinal resultante. Em modo de **Comparação de CEM's** o botão **Parâmetros** pode ser seleccionado e invoca o painel de **Escolha Múltipla** onde se configuram os parâmetros relacionados com a visualização de um sinal comum a vários *CEM's*.

Neste painel está implementado um sistema de ampliação/redução, vulgarmente designado por *zoom*. Quando está activo ficam disponíveis um conjunto de ferramentas para a manipulação do gráfico (ver Fig. 5.20).



Fig. 5.20 – Configuração de ampliação

Com estas ferramentas é possível realizar ampliações e reduções, horizontais, verticais e por área. Neste modo não é possível modificar os sinais seleccionados e o intervalo de tempo. É possível utilizar os cursores.

Na parte inferior deste painel são mostradas as notificações ao operador relacionadas com o funcionamento da aplicação, que são também arquivados no ficheiro de eventos. Neste painel existem ainda quatro botões:

- **Imprimir** invoca o painel **Imprimir** para impressão de dados arquivados pela aplicação;
- **Listar** invoca o painel **Listar** para listagem de dados arquivados pela aplicação;
- **Zoom** disponibiliza as ferramentas de ampliação/redução para manipulação do gráfico;
- **Sair** permite retornar ao painel Principal.

5.4.18. Painel de Escolha Múltipla

Neste painel é configurado o modo de visualização simultânea de um sinal comum a vários *CEM's*. É escolhido um ou mais *CEM's* e um sinal comum entre eles, listado na coluna da direita.

Na parte inferior do painel estão os campos para definição de funções. O operador pode escolher uma função já existente, através da lista **Funções definidas**, ou criar uma nova função, através da definição dos campos **Fórmula**, **Unidade** e **Nome da Função**. Na construção da fórmula são utilizados os nomes dos sinais existentes na coluna da direita. Neste painel existem dois botões:

- **OK** aceita as alterações às configurações de parâmetros realizadas, e grava uma nova fórmula. Retorna ao painel de Visualização Gráfica;
- **Cancelar** ignora qualquer alteração realizada e retorna ao painel de Visualização Gráfica.

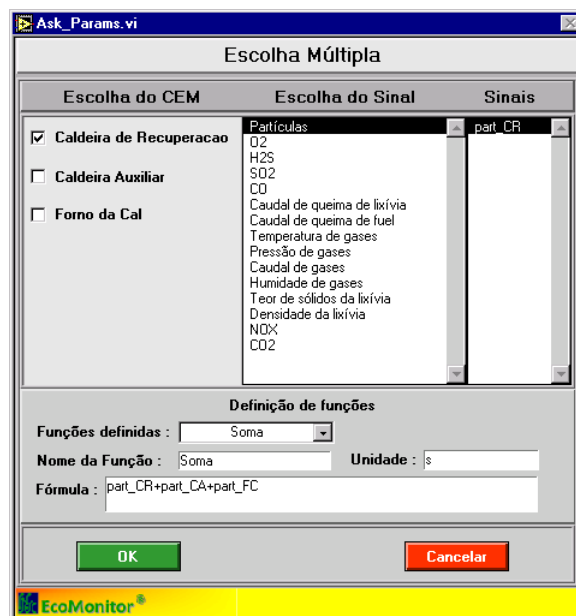


Fig. 5.21 – Painel de comparação entre CEMs

5.4.19. Painel de Impressão

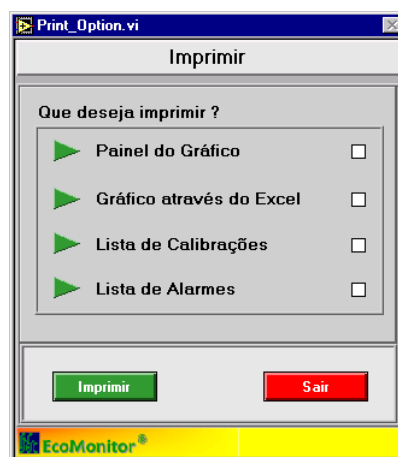


Fig. 5.22 – Painel de impressão de gráficos

Neste painel o operador pode imprimir informação registada na base de dados e está acessível através do botão de **Imprimir** do painel de Visualização Gráfica. As opções disponíveis são:

- **Painel do Gráfico** imprime o painel de Visualização Gráfica;

- **Gráfico através do Excel** imprime os valores escolhidos, de forma gráfica, em *Microsoft Excel*;
- **Lista das Calibrações** imprime as calibrações dos sinais seleccionados no intervalo de tempo definido;
- **Lista de Alarmes** imprime os alarmes que ocorreram no intervalo de tempo definido.

É possível escolher várias opções simultaneamente. Existem ainda dois botões neste painel:

- **Imprimir** aceita as opções escolhidas e ordena a sua execução. Depois de executadas as impressões, retorna ao painel de Visualização Gráfica;
- **Sair** ignora as opções escolhidas e retorna ao painel de Visualização Gráfica.

5.4.20. Painel de Listagens

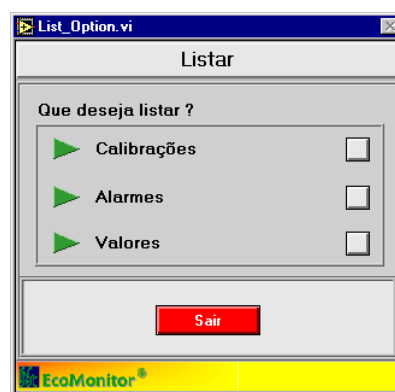


Fig. 5.23 – Painel de escolha de listagens

Neste painel o operador pode listar eventos registados na base de dados, e está acessível através do botão **Listar** do painel de Visualização Gráfica. Pode listar as ocorrências de **Calibrações**, de **Alarmes** ou os **Valores** dos sinais escolhidos no painel de Visualização Gráfica. A informação listada é referente ao intervalo de tempo definido no painel de Visualização Gráfica. A selecção de qualquer uma destas opções chama um painel onde é listada a informação respectiva. O botão de **Sair** retorna ao painel de Visualização Gráfica.

5.4.21. Painel de Listagem de Calibrações

Neste painel são listadas as calibrações associadas aos sinais activos e ao intervalo de tempo definidos no painel de Visualização Gráfica. Está acessível através do botão **Calibrações** do painel Listar.

As calibrações automáticas e manuais são representadas a cores diferentes, no lado esquerdo da tabela, e são somadas as calibrações automáticas e manuais separadamente. Os campos representados na tabela são:

- **CEM** – caldeira onde a calibração ocorreu;
- **SINAL** – sinal que foi calibrado;
- **TSTAMP** – identificador de data/hora em que ocorreu a calibração.

O botão **Sair** retorna ao painel Listar.



Fig. 5.24 – Painel de listagem de calibrações

5.4.22. Painel de Listagem de Alarmes

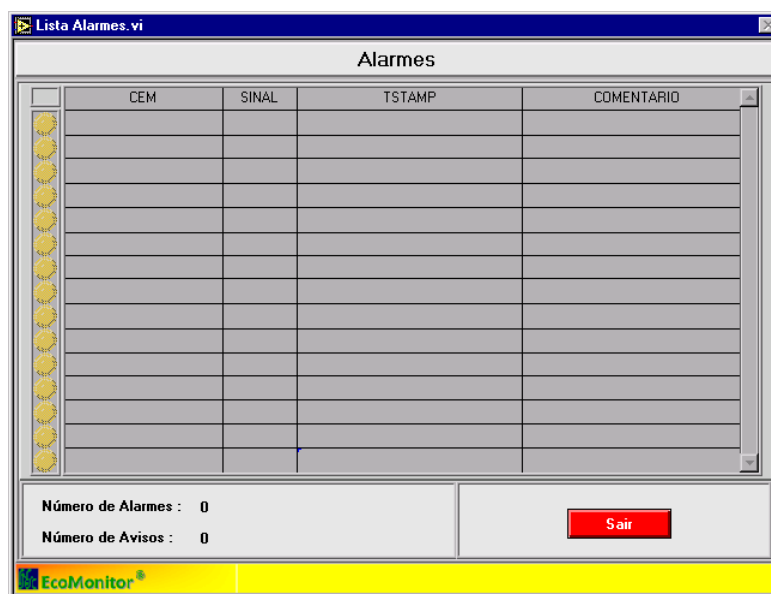


Fig. 5.25 – Painel de listagem de alarmes

Neste painel são listadas as ocorrências de alarmes referidas ao intervalo de tempo definido no painel de Visualização Gráfica. Está acessível através do botão **Alarmes** do painel Listar.

Os alarmes e avisos são mostrados a cor diferente e somados separadamente. Os campos representados são:

- **CEM** – caldeira onde o alarme ocorreu;

- **SINAL** – sinal que originou o alarme;
- **TSTAMP** – identificador de data/hora em que ocorreu a calibração;
- **COMENTÁRIO** – comentário inserido na base de dados aquando da confirmação do alarme.

O botão **Sair** retorna ao painel Listar.

5.4.23. Painel de Listagem de Valores

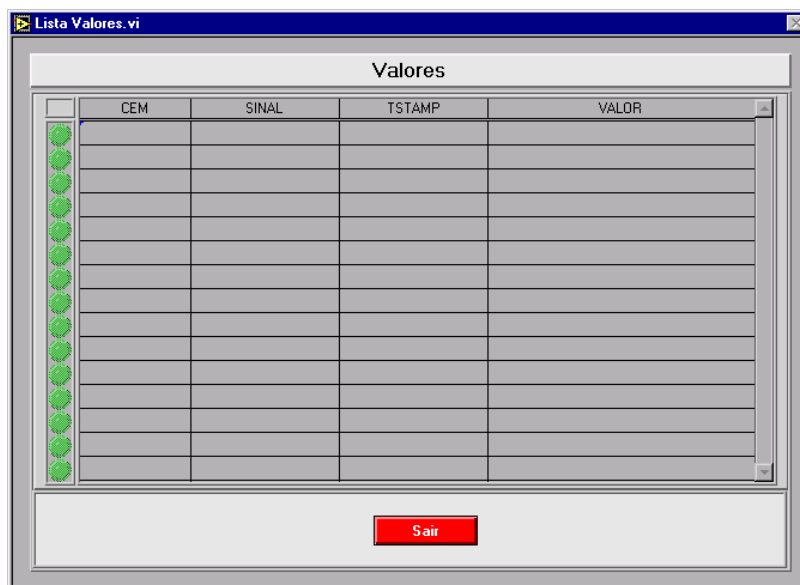


Fig. 5.26 – Painel de listagem de valores

Neste painel são listados os valores dos sinais activos referentes ao intervalo de tempo definidos no painel de Visualização Gráfica. Está acessível através do botão **Valores** do painel Listar.

Os valores válidos e inválidos são identificados com cores diferentes, sendo os valores inválidos visíveis somente pelos operadores com privilégio de administrador. Os campos existentes na tabela são:

- **CEM** – caldeira à qual pertence o valor listado;
- **SINAL** – sinal ao qual pertence o valor listado;
- **TSTAMP** – identificador de data/hora em que o valor foi adquirido;
- **VALOR** – valor listado e obtido da base de dados.

O botão **Sair** retorna ao painel Listar.

5.4.24. Painel de Calibrações

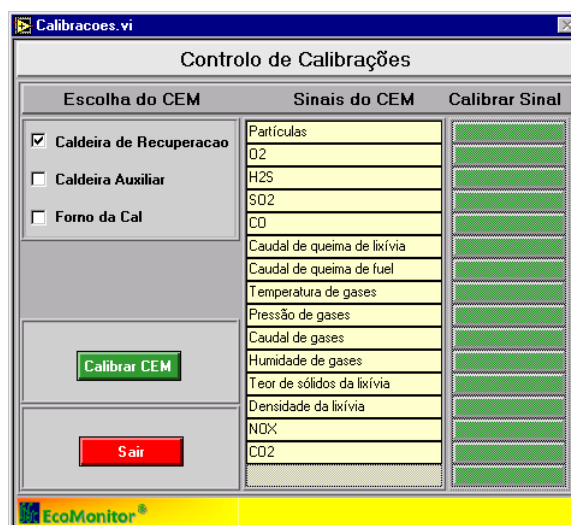


Fig. 5.27 – Painel de controlo de calibrações

Este painel fornece informação sobre o estado actual das calibrações dos sensores. O operador pode ordenar calibrações manuais ao CEM. Em versão posterior será possível calibrar individualmente os sensores.

Na parte superior esquerda do painel é seleccionado o CEM e são listados os respectivos sinais. A coluna **Calibrar Sinal** indica se um sinal está em calibração (botão correspondente seleccionado). Existem ainda dois botões neste painel:

- **Calibrar CEM** ordena uma calibração manual de todos os sinais do CEM seleccionado;
- **Sair** retorna ao painel anterior (Principal).

5.4.25. Painel de Relatórios



Fig. 5.28 – Painel de emissão de relatórios

Este é o painel de geração automática de relatórios, acedido por operadores com privilégios de administrador.

Neste painel o operador selecciona o tipo de relatório pretendido (oficial ou interno), qual o ano e mês/trimestre a que se refere, e outros detalhes. Todos os relatórios são gerados em *Microsoft Excel*.

Não é possível escolher relatórios oficiais e internos simultaneamente, embora seja possível escolher vários tipos dentro da mesma categoria (oficiais ou internos). Apenas o supervisor pode criar relatórios oficiais.

Na parte central do painel é escolhido o ano, o mês/trimestre e o número de meses a considerar para o relatório. Para um relatório oficial, é escolhido o trimestre desejado (campo **Mês/Trimestre**), e para um relatório interno o mês inicial (campo **Mês/Trimestre**) e o número de meses no campo **N meses**.

Existem duas opções adicionais, **Imprimir Relatório** (para imprimir automaticamente o relatório gerado) e **Excel Aberto** (para que o *Microsoft Excel* fique activado). Existem ainda dois botões neste painel:

- **Criar** obtém os valores da base de dados e envia ao *Microsoft Excel* a ordem de criação do relatório. Esta operação é demorada sendo o operador notificado da sua finalização, e retorna ao painel Principal;
- **Sair** retorna ao painel Principal.

Nos relatórios internos é incluída informação sobre o operador responsável e a data de criação.

5.4.26. Painel de notificação de alarmes

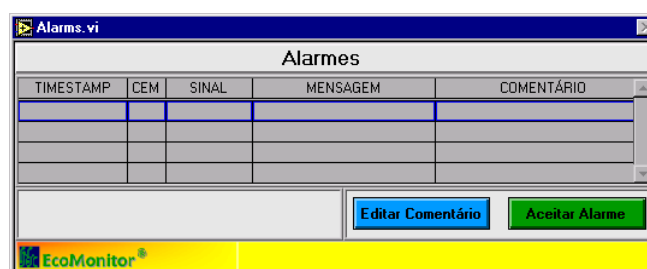


Fig. 5.29 – Painel de notificação de alarmes

Este painel é lançado automaticamente quando a aplicação é ligada e lista as ocorrências de alarmes durante a execução da aplicação. Existem dois botões neste painel:

- **Editar Comentário** permite alterar o comentário a inserir na base de dados através de outro painel;
- **Aceitar Alarme** aceita um alarme e insere-o na base de dados com o respectivo comentário.

5.4.27. Painel de Edição de Comentário

Neste painel o operador pode alterar o comentário associado a um alarme a ser inserido na base de dados. Está acessível através do botão **Editar Comentário** do painel de Notificação de Alarmes.

O botão **Sair** retorna ao painel de Notificação de Alarmes e modifica o comentário existente na tabela de alarmes.



Fig. 5.30 – Painel de edição de comentários

5.4.28. Painel de Inicialização do nível cliente

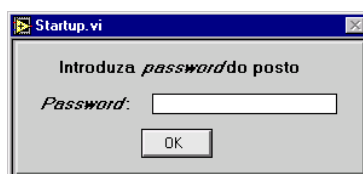


Fig. 5.31 – Painel de inicialização do nível cliente

Este painel é invocado no início e finalização da aplicação do nível cliente onde é pedida ao operador a palavra-chave que protege o acesso à aplicação.

5.4.29. Painel de Utilização do Nível Cliente



Fig. 5.32 – Painel de utilização do nível cliente

Este é o painel do nível cliente. Possui um gráfico dos valores adquiridos nas últimas 24 horas, uma zona de notificações ao operador (também registadas em ficheiro de eventos), um conjunto de botões para seleccionar os

sinais a visualizar e a respectiva legenda, e um conjunto de indicadores do estado de calibração dos aparelhos de medida dos respectivos sinais. Existem ainda dois botões neste painel:

- **Copiar** grava em disquete as medições não enviadas para o servidor;
- **Sair** finaliza a aplicação, sendo necessária a introdução da palavra-chave.

5.4.30. Painel de Verificação do Estado de Funcionamento

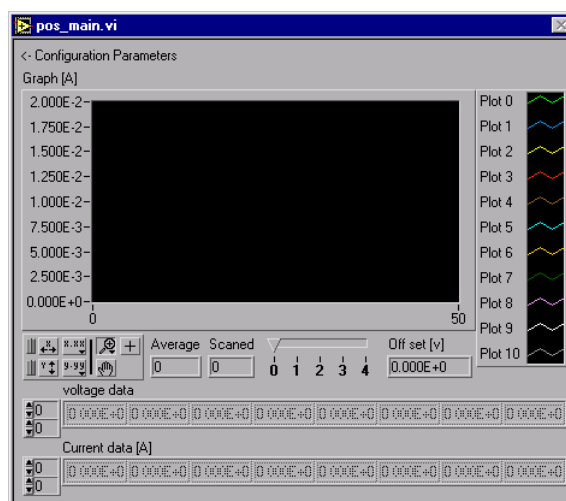


Fig. 5.33 – Painel de verificação de funcionamento do nível cliente

Este painel informa o programador sobre o estado de algumas variáveis internas para efeitos de verificação do correcto funcionamento da aplicação. Não está disponível para o operador.

6. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS DE TRABALHO FUTURO

Neste capítulo são identificadas as principais conclusões deste trabalho e referidas as perspectivas de trabalho futuro.

São comprovadas as escolhas de arquitectura e metodologias de desenvolvimento do sistema EcoMonitor, como resultado do funcionamento numa unidade fabril pelo utilizador final. São também referidas eventuais aplicações do sistema para resolução de problemas similares de monitorização e processamento de dados.

6.1. Conclusões

O objectivo desta consistiu em conceber, realizar e instalar um sistema de monitorização em contínuo de emissões gasosas capaz de responder integralmente aos requisitos legais e ao nível de automatização e flexibilidade necessários a uma instalação fabril. As principais funcionalidades do sistema são a aquisição em contínuo e arquivo das grandezas físicas medidas pelos sensores, a visualização gráfica por consulta ao arquivo e a elaboração automática de relatórios, com o objectivo de libertar os recursos humanos associados a estas tarefas (ver secção 1.1).

Como foi referido inicialmente, não é objectivo deste trabalho aprofundar o funcionamento das diversas partes que compõem o sistema, mas sim detalhar a concepção, os critérios de escolha dos componentes e as estratégias de desenvolvimento e teste de um sistema de aquisição de dados.

A arquitectura servidor/cliente provou ser a mais adequada para este tipo de aplicações, onde é necessário garantir simultaneamente a aquisição e arquivo de dados em contínuo e a consulta e elaboração de relatórios pelo operador. Esta arquitectura responde aos requisitos pretendidos pelo proprietário do sistema, nomeadamente na garantia da fiabilidade, flexibilidade, modularidade, centralização, interface aberta e auto-gestão, conforme descrito na secção 3.1.

A escolha de um sistema de aquisição baseado no conceito da instrumentação virtual, em conjunto com a utilização de equipamentos e aplicações standard, confere vantagens tanto ao nível da concepção e desenvolvimento como ao nível da manutenção e evolução futuras.

A aplicação *LabVIEW* demonstrou ser adequada ao desenvolvimento de sistemas de monitorização, aos níveis da interface com o mundo exterior (nível cliente) e do processamento e visualização de resultados (nível servidor). O sistema de aquisição de dados escolhido, SCXI, tem uma utilização muito facilitada e consistente em *LabVIEW*, e permite obter um muito curto tempo de desenvolvimento de aplicações funcionais. A escolha do computador pessoal como base para o funcionamento do EcoMonitor a ambos os níveis de funcionamento, permite também diminuir os custos associados à implementação e proporciona uma maior facilidade de utilização por parte do operador. O sistema operativo *Windows*, 95 e NT, possui as características de funcionalidade e robustez pretendidas, nomeadamente a facilidade de comunicação entre computadores e a possibilidade de executar múltiplas aplicações em simultâneo.

A estratégia de desenvolvimento adoptada, descrita na secção 4.1, demonstrou ser adequada ao desenvolvimento de sistemas de complexidade elevada, devido à flexibilidade de interacção entre passos. A utilização mista de um

modelo de alto- e baixo-nível, possível devido à utilização da linguagem de programação gráfica *LabVIEW*, permitiu diminuir o tempo de desenvolvimento e os custos associados. Comprovou-se a sua aplicação pelo cumprimento dos prazos estipulados para cada tarefa no cronograma de tarefas disponível.

A acção de formação de introdução ao funcionamento do sistema, em conjunto com a documentação detalhada, conferiram ao proprietário a possibilidade de efectuar a gestão corrente e futuras evoluções sem o recurso a agentes externos à empresa.

O sistema EcoMonitor tem ainda alguns aspectos originais e inovadores, comprovados pelas publicações já enumeradas ([18] a [22]), dos quais se destacam:

- a utilização de equipamentos standard que confere ao sistema o nível de flexibilidade requerido, mantendo os custos de desenvolvimento e manutenção baixos;
- a escolha de uma plataforma de larga utilização, *Windows*, e de uma rede de comunicações, *ethernet*, tornam o EcoMonitor num sistema de simples utilização, com possibilidade de expansão e utilização dos seus recursos para outras actividades;
- a simplicidade da interface gráfica permite a sua utilização e gestão por operadores menos familiarizados com ambientes de programação ou de controlo industrial;
- os níveis de automatização de tarefas e de configuração remota elevados permitem à entidade proprietária libertar recursos humanos assignados às tarefas de registo dos sinais e verificação de funcionamento dos sensores.

O sistema encontra-se instalado na unidade fabril da Portucel Viana, em Viana do Castelo, desde Janeiro de 1997 para a execução de testes *in loco* e verificação do cumprimento de especificações por parte do seu proprietário. Desde Abril do mesmo ano, o sistema está finalizado e entregue, e produz trimestralmente os relatórios oficiais para entrega às autoridades competentes.

O EcoMonitor constitui um trabalho de engenharia completo e multidisciplinar, pois parte de um conjunto de requisitos, legais e outros, e finaliza num sistema funcional correspondente ao pretendido.

As aplicações desenvolvidas implementam um conjunto de funcionalidade e automatização muito elevadas, e como medida da complexidade das aplicações desenvolvidas, nível servidor e nível cliente, são apresentadas na Tabela 6.1 algumas métricas efectuadas. As métricas apresentadas representam:

- *VI's* - número de funções implementadas e o seu tamanho;
- *VI's* de *LabVIEW* utilizados - funções de *LabVIEW* utilizadas;
- fios de ligação - quantidade de fios de ligação entre ícones utilizados;
- controlos - quantidade de controlos (entradas de variáveis em *VI's*) utilizados;
- indicadores - quantidade de indicadores (saídas de variáveis de *VI's*) utilizados.

	Servidor	Cliente
VI's	185	39
VI's (tamanho em Mbytes)	19.4	1.71
VI's de LabVIEW utilizados	28	36
fios de ligação	66669	13895
controles	677	101
indicadores	384	85

Tabela 6.1 - Métricas das aplicações desenvolvidas

6.2. Perspectivas de trabalho futuro

O EcoMonitor é um sistema flexível e expansível com diversas áreas de aplicação na indústria, nomeadamente as identificadas como GIC pela legislação referida em [14] a [16]. Nesta categoria estão incluídas empresas dos sectores papelero, cimenteiro, plásticos, produção de energia eléctrica (centrais termoeléctricas) e petrolífero (refinarias), cujos objectivos a cumprir são satisfeitos pelo sistema desenvolvido.

A arquitectura servidor/cliente e os equipamentos standard escolhidos, baseados em computador pessoal com sistema operativo *Windows*, permitem efectuar configurações diversas sem necessidade de alterações profundas ao sistema desenvolvido. Estão previstas as seguintes configurações para o sistema EcoMonitor:

- EcoMonitor LOCO - consiste numa única estação de aquisição, processamento e visualização de dados;
- EcoMonitor NET - consiste num conjunto de múltiplas estações remotas interligadas por uma rede de comunicações, centralizadas num servidor de gestão do sistema, e corresponde à configuração instalada na Portucel Viana;
- EcoMonitor TELE - consiste num conjunto de múltiplas estações remotas, servidores centrais e regionais, com interligação através de linha telefónica comutada analógica ou digital.

Como resultado do conhecimento adquirido com o sistema EcoMonitor, estão em fase de apreciação diversas propostas de implementação de sistemas similares, das quais se destacam as seguintes:

- sistema de monitorização da qualidade do ar a nível nacional, com 21 postos de aquisição de dados, 10 centrais regionais e 1 servidor nacional para concentração e arquivo de dados; o nível cliente é similar ao implementado e os níveis superiores possuem algumas funcionalidades acrescidas como a produção de diversos tipos de relatórios e a disponibilização de informação através da *internet*, entre outras;
- sistema de monitorização regional de parâmetros meteorológicos, com 10 postos de monitorização e um servidor central com funcionalidade de arquivo e emissão de relatórios.

A solução EcoMonitor é adequada para a monitorização de quaisquer tipo de processos locais e remotos, com sinais analógicos e digitais. A interface aberta disponibilizada facilita a introdução de novas funções e possui uma elevada capacidade de geração de relatórios. O tempo de desenvolvimento e adaptação de um novo sistema é de 2 a 3, meses dependendo dos eventuais ajustes específicos da aplicação.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Gary W. Johnson, *LabVIEW Graphical Programming: Practical Applications in Instrumentation and Control*, McGraw-Hill, 2nd edition, 1997.
- [2] Edward McConnel, "The Virtual Instrument Revolution", *ICSPAT*, 1994
- [3] Harry N. Norton, *Handbook of Transducers*, Prentice-Hall, 1989
- [4] Tarik Ozkul, *Data Acquisition and Process Control Using Personal Computers*, Marcel Dekker, 1996
- [5] National Instruments, *PC-Based Industrial Automation - User Solutions*, 1997
- [6] Steve Conquergood, "High-Speed Remote Process Control", *User Solution, National Instruments*, 1996
- [7] Jack Gornik, "LabVIEW Delivers a Cross-Platform Interface for the York International Energy Management System", *User Solution, National Instruments*, 1995
- [8] Pedro Delgado, "LabVIEW-Based Test System Puts Dallas Transit on Track", *User Solution, National Instruments*, 1996
- [9] Jeffrey Travis, "LabVIEW-Controlled Next-Generation Gas Delivery System for Semiconductor Manufacturers", *User Solution, National Instruments*, 1996
- [10] James A. Straub, "LabVIEW Accelerates Development of Industrial Control System", *User Solution, National Instruments*, 1996
- [11] Andres Thorarinsson, "Radio-Linked Environmental Monitoring and Display System Using LabVIEW", *User Solution, National Instruments*, 1996
- [12] Paolo Garzella, "Using LabVIEW for Physiological Research", *User Solution, National Instruments*, 1995
- [13] P. Alves, R. Bettencourt, J. Fernandes, V. Dias, "ADAPT - An ATE for A/D Converters", *European Design & Test Conference 96 (ED&TC)*, Paris - France, 1996, p.p. 15-19 (User Forum)
- [14] Ministério do Ambiente e Recursos Naturais, Decreto Lei nº 352/90, *Diário da República - I Série*, 1990, nº 259 pp. 4634-4642
- [15] Ministérios da Indústria e Energia e do Ambiente e Recursos Naturais, Portaria nº 286/93, *Diário da República - I Série-B*, 1993, nº 60 pp. 1169-1177
- [16] Ministério do Ambiente e Recursos Naturais, Instituto de Meteorologia, *Regulamentação Relativa ao Envio para as Entidades Competentes dos Resultados do Auto-controlo das Emissões Industriais para a Atmosfera, Resultante de Medições em Contínuo*, 1995
- [17] J. Alves Marques, Manuel Laranja, *As Tecnologias de Informação e Electrónica em Portugal: Importância, Realidade e Perspectivas*, Direcção Geral da Indústria, 1994

- [18] Pedro A. Alves, José P. Caetano, Ricardo J. Jesus, Victor F. Dias, "EcoMonitor - Monitorização em Contínuo de Emissões Gasosas em Caldeiras e Fornos Industriais", 2º Encontro do *PULL (Portuguese Users of LabVIEW and LabWindows)* e *NIDay 97*, Porto - Portugal, 1997
- [19] José P. Caetano, Ricardo J. Jesus, Pedro A. Alves, Victor F. Dias, "EcoMonitor - Sistema Automático de Aquisição e Transmissão de Dados ", Participação no Prémio ANIMEE de Inovação e Criatividade, 10º Encontro Nacional para o Desenvolvimento das Indústrias Eléctricas e Electrónicas (ENDIEL97), Porto - Portugal, 1997
- [20] José P. Caetano, Ricardo J. Jesus, Pedro A. Alves, Victor F. Dias, "EcoMonitor - Air Quality Continuous Monitoring System", *Best Paper in Industrial Automation Category, National Instruments Week 97 (NIWeek97)*, Austin - Estados Unidos da América, 1997
- [21] José P. Caetano, Ricardo J. Jesus, Pedro A. Alves, Victor F. Dias, "EcoMonitor - Sistema de Monitorização Contínua de Emissões Gasosas ", *Reviproject*, nº 92, 1997, pp. 17-19
- [22] José P. Caetano, Ricardo J. Jesus, Pedro A. Alves, Victor F. Dias, "EcoMonitor - Sistema de Monitorização Contínua de Emissões Gasosas ", *Instrumentation Newsletter*, vol. 9 nº4, 1997
- [23] National Instruments, *Reference and Catalogue*, 1997
- [24] Gilbert Held, *Understanding Data Communications*, SAMS Publishing, 1996
- [25] David Potter, "Reading Specifications of Data Acquisition Boards and Systems", *Sensors Expo West*, 1994
- [26] Howard Austerlitz, *Data Acquisition Techniques Using Personal Computers*, Academic Press, 1991
- [27] American Data Acquisition Corporation, *Data Acquisition Catalog*, 1996
- [28] Analogic, *High Performance Data Acquisition*, 1996
- [29] Omega, *The Data Acquisition Systems Handbook*, vol. 29, 1995
- [30] Keithley Metrabyte, *Data Acquisition Catalog and Reference Guide*, 1997
- [31] Paul G. Schreier, "Users Adopt New Technologies, Return to Familiar Suppliers", *Personal Engineering*, January 1997
- [32] Pedro A. Alves, "ADAPT - Utensílio para Teste de Conversores Analógico-Digital", *Trabalho Final de Curso*, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 1995
- [33] Tamra Pringle, "Windows 95 Changes Instrument Software", *Test & Measurement World*, November, 1995
- [34] National Instruments, "Your Competitive Advantage with LabVIEW", 1996
- [35] Rahman Jamal, Lothar Wenzel, "The Applicability of the Visual Programming Language LabVIEW to Large Real-World Applications", *IEEE Symposium on Visual Languages*, 1995, pp. 99-106

-
- [36] Lisa K. Wells, Jeffrey Travis, *LabVIEW for Everyone: Graphical Programming Made Even Easier*, Prentice-Hall, 1997
- [37] National Instruments, *LabVIEW Manuals*, 1996
- [38] José S. Caetano, Ricardo J. Jesus, Pedro A. Alves, Victor F. Dias, “Sistema de Monitorização Contínua de Emissões Gasosas na Indústria Papeleira – Especificações”, *Relatório Interno*, INESC, 1996
- [39] National Instruments, *LabVIEW Advanced Course*, 1996
- [40] Gary W. Johnson, Meg F. Kay, “LabVIEW with Style – A Guide to Better LabVIEW Applications for Experienced LabVIEW Users”, 1995

Nota: Os nomes dos produtos e das companhias citados(as) são marcas registadas pelas próprias.

APÊNDICE A - DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS

CALDEIRA AUXILIAR	80
SINAIS A MONITORAR	80
CONVERSÃO GRANDEZA FÍSICA - GRANDEZA ELÉCTRICA.....	80
PRÉ-PROCESSAMENTO A EFECTUAR AOS SINAIS.....	81
LIMITES E ACÇÕES PRÉ-DEFINIDAS.....	82
GENERALIDADES	82
CALDEIRA DE RECUPERAÇÃO	83
SINAIS A MONITORAR	83
CONVERSÃO GRANDEZA FÍSICA - GRANDEZA ELÉCTRICA.....	83
PRÉ-PROCESSAMENTO A EFECTUAR AOS SINAIS.....	84
LIMITES E ACÇÕES PRÉ-DEFINIDAS.....	85
GENERALIDADES	85
FORNO DA CAL.....	86
SINAIS A MONITORAR	86
CONVERSÃO GRANDEZA FÍSICA - GRANDEZA ELÉCTRICA.....	86
PRÉ-PROCESSAMENTO A EFECTUAR AOS SINAIS.....	87
LIMITES E ACÇÕES PRÉ-DEFINIDAS.....	88
GENERALIDADES	88

Caldeira Auxiliar

Sinais a monitorar

Sinal	Tipo	Disponibilidade
Partículas	1-5 V	existe
SO ₂	1-5 V	existe
CO	1-5 V	existe
NO _x	1-5 V	existe
O ₂	1-5 V	existe
Caudal de queima de fuel	4-20 mA	existe
Caudal de queima de casca		monitorar no futuro
Temperatura de gases	4-20 mA	existe
Caudal de gases		monitorar no futuro
Pressão de gases		monitorar no futuro
Humidade de gases		monitorar no futuro
CO ₂		monitorar no futuro

Tabela A.1 - Sinais a monitorar na Caldeira Auxiliar

Conversão grandeza física - grandeza eléctrica

Sinal	Nomenclatura	Unidade	Escala
Partículas	part	mg/Nm ³	0 - 2000
SO ₂	SO2	mg/Nm ³	0 - 1000
CO	CO	mg/Nm ³	0 - 2500
NO _x	NOx	mg/Nm ³	0 -1200
O ₂	O2	%	0 - 20
Caudal de queima de fuel	Q fuel	t/h	0 - 1500
Caudal de queima de casca	Q casca	t/h	
Temperatura de gases	T gases	K	0 - 1500
Caudal de gases	Q gases	Nm ³ /h	
Pressão de gases	P gases	mm Hg	
Humidade de gases	h gases	%	
CO ₂	CO ₂	mg/Nm ³	

Tabela A.2 - Conversão grandeza física - grandeza eléctrica na Caldeira Auxiliar

Pré-processamento a efectuar aos sinais

As variáveis com índice _{med} correspondem aos valores medidos.

- **PARTÍCULAS**

$$C = C_{med} \cdot \frac{21 - O_{2ref}}{21 - O_2} \cdot \frac{T_{gases}}{T_{ref}} \cdot \frac{P_{ref}}{P_{gases}}$$

- **SO₂**

$$SO_2 = SO_{2med} \cdot 2.858 \cdot \frac{21 - O_{2ref}}{21 - O_2}$$

- **CO**

$$CO = CO_{med} \cdot 1.249 \cdot \frac{21 - O_{2ref}}{21 - O_2}$$

- **NO_x**

$$CO = CO_{med} \cdot 2.053 \cdot \frac{21 - O_{2ref}}{21 - O_2}$$

- **O₂**

$$O_2 = O_{2med}$$

- **CAUDAL DE QUEIMA DE FUEL**

$$Q_{fuel} = Q_{fuelmed} \cdot 10^{-3}$$

- **TEMPERATURA DE GASES**

$$T_{gases} = T_{gasesmed} + 273$$

Limites e acções pré-definidas

Sinal	Limite Inferior	Limite Superior	Acção	Tipo	Valor
Partículas		100	Aviso	Primário	550
SO ₂		1500	Aviso	Primário	10
CO		1000	Aviso	Primário	890
NO _x		650	Aviso	Primário	0
O ₂				Secundário	350
Caudal de queima de fuel	0		Alarme	Primário	2.64
Caudal de queima de casca				Primário	7.05
Temperatura de gases				Secundário	192
Caudal de gases	0		Alarme	Secundário	143900
Pressão de gases				Secundário	770
Humidade de gases				Secundário	9
CO ₂					

Tabela A.3 - Valores limites e tipo de sinais na Caldeira Auxiliar

"Valor" corresponde ao valor assumido por um sinal secundário ao passar ao modo de introdução manual.

Generalidades

Nesta subsecção são particularizados alguns detalhes necessários à elaboração do relatório oficial.

- Os poluentes considerados são SO₂, NO_x e Partículas;
- O consumo total de combustível expresso em toneladas, no período mensal em causa é o somatório dos consumos de fuel e casca;
- Os teores médios de enxofre e cinzas nos combustíveis são introduzidos manualmente;
- O cálculo da massa total de poluente emitido, em toneladas, é efectuado de acordo com (A.1),

$$Massa_{poluente} = \frac{C \cdot Q_{gases} \cdot n^{\circ} horas}{10^9} \quad (A.1)$$

em que as variáveis representam:

C concentração média horária normalizada do poluente em causa;

Q_{gases} Caudal médio horário de gases;

n^o horas número de horas válidas.

Os dados relativos aos períodos de funcionamento da unidade industrial são reportados pelo administrador por consulta no registo de invalidações de dados.

Caldeira de Recuperação

Sinais a monitorar

Sinal	Tipo	Disponibilidade
Partículas	1-5 V	existe
SO ₂	1-5 V	existe
CO	1-5 V	existe
H ₂ S	1-5 V	existe
O ₂	1-5 V	existe
Temperatura de gases	4-20 mA	existe
Caudal de queima de fuel	4-20 mA	existe
Teor de sólidos da lixívia	1-5 V	existe
Caudal de queima de lixívia	1-5 V	existe
Caudal de gases		monitorar no futuro
Pressão de gases		monitorar no futuro
Humidade de gases		monitorar no futuro
NO _x		monitorar no futuro
CO ₂		monitorar no futuro
Densidade da lixívia		valor calculado

Tabela A.4 - Sinais a monitorar na Caldeira de Recuperação

Conversão grandeza física - grandeza eléctrica

Sinal	Nomenclatura	Unidade	Escala
Partículas	part	mg/Nm ³	0 - 1000
SO ₂	SO2	mg/Nm ³	0 - 1000
CO	CO	mg/Nm ³	0 - 2500
H ₂ S	H2S	mg/Nm ³	0 -1000
O ₂	O2	%	0 - 25
Temperatura de gases	T gases	K	0 - 500
Caudal de queima de fuel	Q fuel	t/h	0 - 50
Teor de sólidos da lixívia	solidos lix	%	0 - 70
Caudal de queima de lixívia	Q lix	tAS/h	0 - 800
Caudal de gases	Q gases	Nm ³ /h	
Pressão de gases	P gases	mm Hg	
Humidade de gases	H gases	%	
NO _x	NOx	mg/Nm ³	
CO ₂	CO ₂	mg/Nm ³	
Densidade da lixívia	d lix	Kg/l	valor calculado

Tabela A.5 - Conversão grandeza física - grandeza eléctrica na Caldeira de Recuperação

Pré-processamento a efectuar aos sinais

As variáveis com índice _{med} correspondem aos valores medidos.

- PARTÍCULAS**

$$C = C_{med} \cdot \frac{21 - O_{2ref}}{21 - O_2} \cdot \frac{T_{gases}}{T_{ref}} \cdot \frac{P_{ref}}{P_{gases}}$$

- SO₂**

$$SO_2 = SO_{2med} \cdot 2.858 \cdot \frac{21 - O_{2ref}}{21 - O_2}$$

- CO**

$$CO = CO_{med} \cdot 1.249 \cdot \frac{21 - O_{2ref}}{21 - O_2}$$

- H₂S**

$$H_2S = H_{2Smed} \cdot 1.485 \cdot \frac{21 - O_{2ref}}{21 - O_2}$$

- O₂**

$$O_2 = O_{2med}$$

- TEMPERATURA DE GASES**

$$T_{gases} = T_{gasesmed} + 273$$

- CAUDAL DE QUEIMA DE FUEL**

$$Q_{fuel} = Q_{fuelmed}$$

- TEOR DE SÓLIDOS DA LIXÍVIA**

$$solidos_{lix} = solidos_{lixmed}$$

- CAUDAL DE QUEIMA DE LIXÍVIA**

$$Q_{lix} = Q_{lixmed} \cdot d_{lix} \cdot solidos_{lix} \cdot 6 \times 10^{-4}$$

- DENSIDADE DA LIXÍVIA**

$$d_{lix} = solidos_{lix} \cdot 0.0062 + 0.9743$$

Limites e acções pré-definidas

Sinal	Limite Inferior	Limite Superior	Acção	Tipo	Valor
Partículas		150	Aviso	Primário	100
SO ₂		500	Aviso	Primário	2
CO		1000	Aviso	Primário	0
H ₂ S		10	Aviso	Primário	10
O ₂				Secundário	3
Temperatura de gases				Secundário	264
Caudal de queima de fuel				Primário	0.13
Teor de sólidos da lixívia	58		Aviso	Secundário	69.6
Caudal de queima de lixívia	2.5		Alarme	Primário	27
Caudal de gases	0		Alarme	Secundário	91200
Pressão de gases				Secundário	767
Humidade de gases				Secundário	25
NO _x				Secundário	
CO ₂				Secundário	
Densidade da lixívia				Secundário	1.406

Tabela A.6 - Valores limites e tipo de sinais na Caldeira de Recuperação

"Valor" corresponde ao valor assumido por um sinal secundário ao passar ao modo de introdução manual.

Generalidades

Nesta subsecção são particularizados alguns detalhes necessários à elaboração do relatório oficial.

- Os poluentes considerados são SO₂, H₂S e Partículas.
- O consumo total de combustível expresso em toneladas, no período mensal em causa é o somatório dos consumos de fuel e lixívia;
- Os teores médios de enxofre e cinzas nos combustíveis são introduzidos manualmente;
- O cálculo da massa total de poluente emitido, em toneladas, é efectuado de acordo com (A.2),

$$Massa_{poluente} = \frac{C \cdot Q_{gases} \cdot n^{\circ} horas}{10^9} \quad (A.2)$$

em que as variáveis representam:

C	concentração média horária normalizada do poluente em causa;
Q_{gases}	Caudal médio horário de gases;
$n^{\circ} horas$	número de horas válidas.

Os dados relativos aos períodos de funcionamento da unidade industrial são reportados pelo administrador por consulta no registo de invalidações de dados.

Forno da Cal

Sinais a monitorar

Sinal	Tipo	Disponibilidade
Partículas	1-5 V	existe
CO	1-5 V	existe
SO ₂	1-5 V	existe
H ₂ S	1-5 V	existe
O ₂	1-5 V	existe
Caudal de queima de fuel	1-5 V	existe
Densidade do metanol	1-5 V	existe
Caudal de queima de metanol	1-5 V	existe
Caudal de queima de tall-oil	1-5 V	existe
Temperatura de gases	4-20 mA	existe
Caudal de queima de gases		monitorar no futuro
Caudal de gases		monitorar no futuro
Pressão de gases		monitorar no futuro
Humidade de gases		monitorar no futuro
NOx		monitorar no futuro
CO ₂		monitorar no futuro

Tabela A.7 - Sinais a monitorar no Forno da Cal

Conversão grandeza física - grandeza eléctrica

Sinal	Nomenclatura	Unidade	Escala
Partículas	part	mg/Nm ³	0 - 300
CO	CO	mg/Nm ³	0 - 300
SO ₂	SO2	mg/Nm ³	0 - 1000
H ₂ S	H2S	mg/Nm ³	0 - 100
O ₂	O2	%	0 - 25
Caudal de queima de fuel	Q fuel	t/h	0 - 1500
Densidade do metanol	D met	Kg/l	0 - 1000
Caudal de queima de metanol	Q met	t/h	0 - 500
Caudal de queima de tall-oil	Q t-oil	t/h	0 - 1200
Temperatura de gases	T gases	K	0 - 500
Caudal de queima de gases	Q NCG	m ³ /h	
Caudal de gases	Q gases	Nm ³ /h	
Pressão de gases	P gases	mm Hg	
Humidade de gases	H gases	%	
NOx	NOx	mg/Nm ³	
CO ₂	CO ₂	mg/Nm ³	

Tabela A.8 - Conversão grandeza física - grandeza eléctrica no Forno da Cal

Pré-processamento a efectuar aos sinais

As variáveis com índice _{med} correspondem aos valores medidos.

- **PARTÍCULAS**

$$C = C_{med} \cdot \frac{21 - O_{2ref}}{21 - O_2} \cdot \frac{T_{gases}}{T_{ref}} \cdot \frac{P_{ref}}{P_{gases}}$$

- **CO**

$$CO = CO_{med} \cdot 1.249 \cdot \frac{21 - O_{2ref}}{21 - O_2}$$

- **SO₂**

$$SO_2 = SO_{2med} \cdot 2.858 \cdot \frac{21 - O_{2ref}}{21 - O_2}$$

- **H₂S**

$$H_2S = H_{2Smed} \cdot 1.485 \cdot \frac{21 - O_{2ref}}{21 - O_2}$$

- **O₂**

$$O_2 = O_{2med}$$

- **CAUDAL DE QUEIMA DE FUEL**

$$Q_{fuel} = Q_{fuelmed} \cdot 10^{-3}$$

- **DENSIDADE DO METANOL**

$$d_{met} = d_{metmed}$$

- **CAUDAL DE QUEIMA DE METANOL**

$$Q_{met} = Q_{metmed} \cdot d_{met} \cdot 10^{-3}$$

- **CAUDAL DE QUEIMA DE TALL-OIL**

$$Q_{t-oil} = Q_{t-oilmed} \cdot 10^{-3}$$

- **TEMPERATURA DE GASES**

$$T_{gases} = T_{gasesmed} + 273$$

Limites e acções pré-definidas

Sinal	Limite Inferior	Limite Superior	Acção	Tipo	Valor
Partículas		150	Aviso	Primário	200
CO		1000	Aviso	Primário	0
SO ₂		2700	Aviso	Primário	220
H ₂ S		50	Aviso	Primário	50
O ₂				Secundário	3
Caudal de queima de fuel	0		Alarme	Primário	0.82
Densidade do metanol				Secundário	0.847
Caudal de queima de metanol				Primário	0.12
Caudal de queima de tall-oil				Primário	0.17
Temperatura de gases				Secundário	85
Caudal de queima de gases				Secundário	
Caudal de gases	0		Alarme	Secundário	35500
Pressão de gases				Secundário	762
Humidade de gases				Secundário	38
NOx				Secundário	
CO ₂				Secundário	

Tabela A.9 - Valores limites e tipo de sinais no Forno da Cal

"Valor" corresponde ao valor assumido por um sinal secundário ao passar ao modo de introdução manual.

Generalidades

Nesta subsecção são particularizados alguns detalhes necessários à elaboração do relatório oficial.

- Os poluentes considerados são *H₂S* e *Partículas*;
- O consumo total de combustível expresso em toneladas, no período mensal em causa é o somatório dos consumos de fuel, metanol, *tall-oil* e gases incondensáveis;
- Os teores médios de enxofre e cinzas nos combustíveis são introduzidos manualmente.

Os dados relativos aos períodos de funcionamento da unidade industrial são reportados pelo administrador por consulta no registo de invalidações de dados.

APÊNDICE B - MODELOS DOS RELATÓRIOS OFICIAIS

RELATÓRIO OFICIAL TIPO A.....	90
RELATÓRIO OFICIAL TIPO B.....	92

Relatório Oficial tipo A

Resultados do autocontrolo das emissões industriais para a atmosfera

(ANEXO A do Desp. 79/95, de 13-12-95, do Instituto de Meteorologia)

Dados relativos aos meses de:
 Ano de:
 e aos poluentes atmosféricos:

Designação da Empresa:
 Unidade Industrial:
 Fonte de poluentes para a atmosfera:

A - Apresentação dos dados (1)

	? Pol 1	? Pol 2	? Pol 3
Norma de emissão relevante :	?	?	?
Unidade de medida :	?	?	?
	? Mês 1	? Mês 2	? Mês 3

Cálculos baseados nos valores relativos aos valores médios diários

Número de valores								
Valor máximo								
Número de valores >= 80% da norma								
Número de valores >= norma								

Cálculos baseados nos valores relativos aos períodos de integração base

Número de valores								
Valor médio								
Valor máximo								
Número de valores >= norma								

No caso de se tratar de uma instalação de combustão:

Consumo total de combustível (ton)								
Teor médio ponderado de enxofre no combustível consumido (%)								
Teor médio ponderado de cinzas no combustível consumido (%)								

Estes valores foram corrigidos em função de teores de oxigénio medidos? (S/N)

Nota: Na falta de medições de oxigénio, as concentrações de poluentes devem ser apresentadas sem qualquer correcção relativa ao respectivo teor de oxigénio.

(1) Os valores médios apresentados que tenham sido calculados com base num número de períodos de integração base inferior a 75% do total deverão ser acompanhados de um asterístico (*)

B - Dados relativos ao funcionamento da unidade industrial

(ATENÇÃO: Formato da data - d/mmm hh:mm Exemplo: 25/Dec 12:00)

	? Mês 1	? Mês 2	? Mês 3
Número de horas de funcionamento efectivo da fonte :	?	?	?
Número de dias de funcionamento efectivo da fonte (2):	?	?	?

Períodos de funcionamento efectivo da fonte (3)

Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	

Períodos de funcionamento efectivo da fonte (3)

Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	

(2) Pelo menos 18 horas de funcionamento efectivo

(3) De acordo com o n.º 17 da Nota Técnica

Períodos de funcionamento da fonte não considerados nos cálculos e abrangidos pelo Regime de Tolerância (4)

Relatório Oficial tipo B

Resultados do autocontrolo das emissões industriais para a atmosfera

(ANEXO B do Desp. 79/95, de 13-12-95, do Instituto de Meteorologia - (GIC's))

Dados relativos aos meses de: ? Mês 1 ? Mês 2 ? Mês 3

Ano de: ? Ano

e aos poluentes atmosféricos: SO₂ NO_x Poeiras

Designação da Empresa: ?

Unidade Industrial: ?

Fonte de poluentes para a atmosfera: ?

A - Apresentação dos dados (1)

	SO ₂	NO _x	Poeiras
Norma de emissão relevante :	?	?	?
Unidade de medida :	?	?	?
	? Mês 1	? Mês 2	? Mês 3

Cálculos baseados nos valores relativos aos valores médios de 48 horas

Número de valores								
Valor máximo								
Número de valores >= 80% da norma								
Número de valores >= norma								
Número de valores >= 110% da norma								
Percentil 97 (2)								
Percentil 95 (2)								
Mediana (2)								

Cálculos baseados nos valores relativos aos valores médios diários

Valor máximo								
Número de valores >= 110% da norma								

Cálculos baseados nos valores relativos aos períodos de integração base

Número de valores								
Valor médio								
Valor máximo								
Número de valores >= 110% da norma								

Consumo total de combustível (ton)								
Teor médio ponderado de enxofre no combustível consumido (%)								
Teor médio ponderado de cinzas no combustível consumido (%)								
Massa total de poluente emitido (ton)								

Estes valores foram corrigidos em função de teores de oxigénio medidos? (S/N) ?

Nota: Na falta de medições de oxigénio, as concentrações de poluentes devem ser apresentadas sem qualquer correcção relativa ao respectivo teor de oxigénio.

- (1) Os valores médios apresentados que tenham sido calculados com base num número de períodos de integração base inferior a 75% do total deverão ser acompanhados de um asterístico (*)
 (2) No período de tempo considerado de 1 de Janeiro ao último dia do último mês do trimestre em causa

B - Dados relativos ao funcionamento da unidade industrial

(ATENÇÃO: Formato da data - d/mmm hh:mm Ex: 25/Dec 12:00)

	? Mês 1	? Mês 2	? Mês 3
Número de horas de funcionamento efectivo da fonte :	?	?	?
Número de dias de funcionamento efectivo da fonte (3):	?	?	?

Períodos de funcionamento efectivo da fonte (4)

Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	
Desde :		a :	

(3) Pelo menos 18 horas de funcionamento efectivo

(4) De acordo com o n.º 17 da Nota Técnica

Períodos de funcionamento da fonte não considerados nos cálculos e abrangidos pelo Regime de Tolerância (5)

APÊNDICE C - RELATÓRIOS INTERNOS

RELATÓRIOS POR FONTE DE EMISSÃO	96
RELATÓRIO PARCOM.....	97

Relatórios por fonte de emissão

Os relatórios internos são produzidos com o mesmo formato e tratamento estatístico utilizado nos relatórios oficiais, incluindo informação sobre todos os poluentes medidos, conforme esquematizado na Tabela C.1.

Poluentes		
Caldeira Auxiliar	Caldeira de Recuperação	Forno da Cal
Partículas	Partículas	Partículas
SO ₂	SO ₂	H ₂ S
NO _x	H ₂ S	SO ₂
CO ₂	NO _x	NO _x
CO	CO ₂	CO ₂
O ₂	CO	CO
	O ₂	O ₂

Tabela C.1 - Poluentes a incluir nos relatórios internos

Além dos dados sobre estes poluentes são também indicados:

- os consumos mensais de cada combustível;
- a temperatura média mensal;
- o caudal médio mensal dos gases emitidos;
- o valor da produção mensal de papel.

Na Caldeira de Recuperação são apresentados os valores médios mensais da densidade e do teor de sólidos de lixívia, designados por d lix e sólidos lix.

No Forno da Cal é apresentado o valor médio mensal da densidade do metanol, designado por d met.

Os relatórios relativos a cada fonte de emissão, CA, CR e FC, são apresentados em separado.

Relatório Parcom

Além destes três relatórios, é ainda criado um relatório global designado por relatório Parcom, onde figuram os seguintes parâmetros relativos ao somatório das três fontes de emissão:

- valor médio mensal da emissão de NO_x , expresso em Kg/t_{papel} .

$$NO_{x_{mensal}} = \left[\frac{(NO_x \cdot Q_{gases})_{CR} + (NO_x \cdot Q_{gases})_{FC}}{P_{papel} \cdot 10^6} \right] \cdot n^o \text{ horas}_{produção} \quad (C.1)$$

em que as variáveis representam:

$NO_{x_{mensal}}$	totalidade de poluente emitido pela unidade industrial;
NO_x	poluente libertado na fonte de emissão;
Q_{gases}	caudal de gases na fonte de emissão;
P_{papel}	produção de papel mensal;
$n^o \text{ horas}_{produção}$	número de horas de produção mensal;

em que todos os valores integrantes da expressão são valores médios mensais.

- massa total de poluente emitida de NO_x , expressa em toneladas.

$$massa_{NO_x} = \frac{NO_{x_{mensal}} \cdot P_{papel}}{10^3} \quad (C.2)$$

em que as variáveis representam:

$massa_{NO_x}$	massa total de poluente emitida
$NO_{x_{mensal}}$	totalidade de poluente emitido pela unidade industrial;
P_{papel}	produção de papel mensal;

- valor médio mensal da emissão de S , expresso em Kg/t_{papel} .

$$S_{mensal} = \left[\frac{(S \cdot Q_{gases})_{CR} + (S \cdot Q_{gases})_{FC}}{P_{papel} \cdot 10^6} \right] \cdot n^o \text{ horas}_{produção} \quad (C.3)$$

em que as variáveis representam:

S_{mensal}	totalidade de poluente emitido pela unidade industrial;
S	poluente libertado na fonte de emissão;
Q_{gases}	caudal de gases na fonte de emissão;
P_{papel}	produção de papel mensal;
$n^o \text{ horas}_{produção}$	número de horas de produção mensal;

em que todos os valores integrantes da expressão são valores médios mensais.

O poluente S não é adquirido directamente dos sensores e é calculado de acordo com as expressões seguintes:

$$S_{CR} = (SO_2 \cdot 1.998)_{CR} + (H_2S \cdot 1.063)_{CR} \quad (C.4)$$

$$S_{FC} = (SO_2 \cdot 1.998)_{FC} + (H_2S \cdot 1.063)_{FC} \quad (C.5)$$

- massa total de poluente emitida de S, expressa em toneladas.

$$massa_S = \frac{S_{mensal} \cdot P_{papel}}{10^3} \quad (C.6)$$

em que as variáveis representam:	$massa_S$	massa total de poluente emitida
	S_{mensal}	totalidade de poluente emitido pela unidade industrial;
	P_{papel}	produção de papel mensal;

APÊNDICE D – MANUAL DO PROGRAMADOR

INTRODUÇÃO	100
FLUXO PARA INSERÇÃO NA BASE DE DADOS	100
FLUXO DE CONSULTA À BASE DE DADOS PARA VISUALIZAÇÃO GRÁFICA.....	100
FUNÇÕES DE INICIALIZAÇÃO	101
ALARMES.....	102
SERVIDOR DE CALIBRAÇÕES.....	103
VISUALIZAÇÃO GRÁFICA.....	105
SERVIDOR DE MEDIDAS.....	112
INTERFACE COM <i>MICROSOFT EXCEL</i> (OLE)	112
INTERFACE COM BASE DE DADOS (SQL).....	121
UTILITÁRIOS	127
INTERFACE COM O OPERADOR.....	140
NÍVEL CLIENTE – INTERFACE COM O EQUIPAMENTO.....	145
NÍVEL CLIENTE - UTILITÁRIOS	149

Introdução

Este apêndice constitui um resumo do manual do programador do sistema EcoMonitor. São descritos os fluxos de dados importantes da aplicação do nível servidor e as funções implementadas (*VI's* em *LabVIEW*).

Para facilitar a interpretação ao nível do programador, alguns termos estão em inglês. Na descrição dos *VI's* as entradas de *error in* e *error out* são similares em todos os *VI's*, pelo que são descritos apenas no primeiro.

Fluxo para inserção na base de dados

Após a aquisição e envio de dados pelos clientes via TCP/IP para o servidor, estes passam por diversos *VI's* que efectuem o pré-processamento antes de serem inseridos na base de dados, pela seguinte sequência:

- ***VI Convert Electric Physics*** – converte os valores medidos (grandeza eléctrica) em grandeza física e verifica se os dados recebidos são todos válidos, isto é, se estão todos dentro dos valores aceitáveis (4 a 20 mA ou 1 a 5 V). Se os valores recebidos estiverem fora destes intervalos, é lançado um alarme, e se o sinal é do tipo secundário e está a ser adquirido em contínuo passa automaticamente a manual.
- ***VI Conversion*** – executa as correcções de referência sobre os valores convertidos.
- ***VI Update Alarms*** – verifica se os valores de cada sinal estão dentro dos limites configurados, e se algum dos valores os exceder pode ser lançado um aviso ou alarme, conforme configurado.
- ***VI Update Data String*** – para os sinais detectados no *VI* anterior, verifica se são do tipo secundário e estão a ser adquiridos em contínuo. Se sim passam automaticamente a manual.
- ***VI Insert Actual Table*** – insere os valores na tabela respectiva da base de dados.

Fluxo de consulta à base de dados para visualização gráfica

Os dados mostrados no painel de visualização gráfica são sempre resultantes de uma consulta à base de dados. Sempre que se altera a configuração deste painel, como por exemplo a selecção de novo sinal, a activação dos limites ou calibrações, ou a alteração do intervalo de tempo, é efectuada uma consulta à base de dados.

A estrutura de dados utilizada é constituída por um *array* de 96 *clusters*, composto por dois elementos cada um deles um *array*. Esta estrutura de dados é inicializada com a abertura do e percorre a seguinte sequência:

- ***VI Control Ring*** – identifica os sinais existentes para o *CEM* seleccionado.
- ***VI Data to Graph*** – obtém os valores da base de dados para os sinais seleccionados e retorna os valores válidos e inválidos. A estrutura devolvida por este *VI* é um *array* de 32 entradas, em que as primeiras 16 correspondem aos valores válidos e as segundas 16 correspondem aos valores inválidos. Mesmo que um sinal não esteja seleccionado, o espaço na estrutura de dados está reservado.
- ***VI Compact Signals*** – recebe a estrutura do *VI* anterior e calcula as médias horárias, diárias e mensais para o intervalo de tempo definido no painel de Visualização Gráfica. Deste modo a estrutura fica mais compacta e mantém-se como definida no *VI* anterior. Se a visualização dos limites não estiver activa, é

adicionado um *array* vazio de 64 entradas, para obter as 96 esperadas pelo gráfico. Se a visualização dos limites estiver ligada então a estrutura passa pelos 2 *VI*'s seguintes.

- **VI Draw Limits** (só para visualização de limites) – recebe a estrutura de dados e os limites dos sinais (através do *VI Set Graph Limits*), e adiciona as linhas que representam os limites à estrutura de dados existente. A estrutura resultante fica com 64 entradas, em que as últimas 32 são os limites dos sinais, os primeiros 16 para os limites superiores e os outros 16 para os limites inferiores.
- **VI Red Line** – (só para visualização de limites) recebe a estrutura de dados do *VI* anterior e é responsável por colorir a vermelho as porções das linhas dos sinais que excedam os limites respectivos. Este *VI* reorganiza a estrutura de dados acrescentado mais um *array* de 16 linhas auxiliares que contém as porções dos sinais que não ultrapassam os limites. As 16 entradas relativas aos sinais válidos são passadas para o fim da estrutura e passam a estar invisíveis para servirem de suporte à utilização dos cursores, e a estrutura fica completa com 96 entradas.
- **VI Calculate Expression** – calcula a expressão aritmética em modo de visualização múltipla de *CEM*'s. Este *VI* não altera a estrutura de dados, só insere os valores resultantes do cálculo da expressão.
- **VI Build Right Y Scale** – constrói a escala Y do lado direito do gráfico. Este *VI* também não altera a estrutura de dados, limitando-se a calcular os máximos e mínimos dos valores contidos na estrutura.

Funções de Inicialização

Nesta secção são descritos os *VI*'s relacionados com a inicialização do sistema.

chk_file

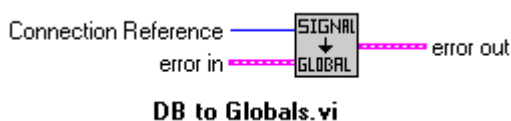
Este *VI* verifica se um determinado ficheiro existe, caso contrário cria-o.



- ❑ **Program Path** é a *path* do sistema.
- ❑ **File to check** é o ficheiro a verificar.
- ❑ **error in** é um *cluster* de informação contendo o estado de erro, em diversos tipos de operações antes da execução deste *VI*. Se houver erro o código deste *VI* não é executado. Caso contrário ele próprio modifica este *cluster* caso haja erro na sua execução. Esta informação é passada para o **error out**.
- ❑ **error out** é o estado de erro depois de executado *VI*. Em caso de haver erro este poderá ter sido originado neste *VI* ou antes e é copiado de **error in**.

DB to Globals

Este *VI* inicializa as variáveis globais com informação da base de dados.



- ❑ **Connection Reference** é a referência de ligação à base de dados.

Init Globals

Este VI inicializa algumas variáveis globais com valores pré-definidos e incluídos no código.



Init Globals.vi

read_ini

Este VI obtém os parâmetros de configuração de um ficheiro de texto tipo *.INI. Recebe uma *string* multi-linha com o conteúdo do ficheiro, e uma lista de itens. Retorna a lista de parâmetros lidos.



read_ini.vi

- ❑ **Configuration Lines** são as linhas com o conteúdo do ficheiro.
- ❑ **Configuration Items** é a lista de itens.
- ❑ **Configuration Parameters** é a lista de parâmetros retornados.

ser_glob

Este VI contém as variáveis globais utilizadas pelo sistema.



ser_glob.vi

ser_ini

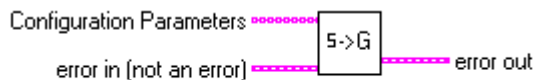
Este VI inicializa a variável global ser_glob.VI. O ficheiro de configuração está em “conf\ser_cfg.ini”.



ser_init.vi

ser_rdgl

Este VI guarda os parâmetros lidos do ficheiro de inicialização na variável global ser_glob.VI.



ser_rdgl.vi

- ❑ **Configuration Parameters** são os parâmetros de configuração a guardar na variável global.

Alarmes

Nesta secção são descritos os VI's de verificação e tratamento das ocorrências de alarmes.

Pre_Conditions

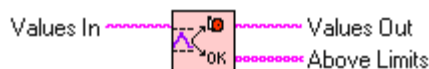
Este VI implementa a verificação de pré condições no lançamento de alarmes ou avisos. Actualmente apenas uma pré condição é verificada - lançamento do alarme associado a Qlix, quando Qfuel=0.

**Pre_Conditions.vi**

- ❑ **Signal name** é o nome do sinal a verificar.
- ❑ **All signals** são os sinais disponíveis para selecção.
- ❑ **Set Alarm?** Indica se o alarme deve ou não ser despoletado.

Update_Alarms

Este VI compara as medições lidas com os valores máximos e mínimos definidos, e pode gerar alarmes ou avisos que são registados na base de dados e com notificação para o operador.

**Update_Alarms.vi**

- ❑ **Values In** são as medições lidas.
- ❑ **Values Out** são as medições lidas, depois de eventualmente rectificadas os valores dos sinais secundários que ultrapassaram os limites pelos valores definidos por omissão.
- ❑ **Above Limits** indica quais os sinais cujas medições ultrapassaram os limites.

Servidor de Calibrações

Nesta secção são descritos os VI's utilizados no módulo de calibração dos sensores de medida que recebe as calibrações automáticas monitoradas no nível cliente e envia as ordens de calibração realizadas pelo operador.

Calibra_Parse

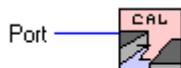
Este VI analisa a mensagem recebida do cliente e verifica se é de identificação, sendo criada uma nova entrada no mapa de números de referência, ou se é de calibração, sendo processada e inserida na base de dados. É enviada uma mensagem para o ficheiro de registo de eventos.

**Calibra_Parse.vi**

- ❑ **Refnum** é o número de referência do cliente.
- ❑ **Message** é a mensagem de calibração recebida.
- ❑ **Ok?** indica se a ocorrência de calibração foi inserida correctamente na base de dados.

Calibra_Server

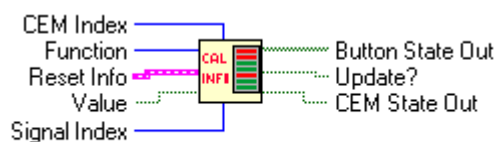
Este VI implementa o servidor de calibrações. Recebe e envia ordens de calibrações entre os dois níveis.

**Calibra_Server.vi**

- ❑ **Port** é o porto do servidor no qual os clientes se vão ligar para estabelecer a ligação TCP/IP.

Calibration_State

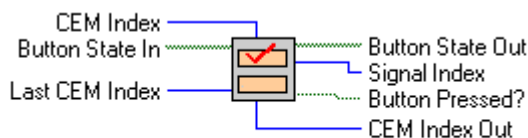
Este VI mantém e actualiza o *array* que contém os estados dos botões de calibração.

**Calibration_State.vi**

- ❑ **CEM Index** é o índice do *CEM* seleccionado.
- ❑ **Function** define modo de leitura ou escrita do estado dos botões de calibração.
- ❑ **Reset Info** inicializa os botões de calibração a *FALSE*.
- ❑ **Value** é o valor a estabelecer para um botão de calibração.
- ❑ **Signal Index** é o índice do sinal seleccionado.
- ❑ **Button State Out** é novo estado dos botões de calibração.
- ❑ **Update?** indica se houve alterações no estado dos botões.
- ❑ **CEM State Out** é o estado do botão de calibrar *CEM*.

Check_Buttons

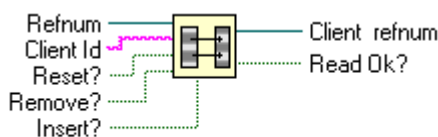
Este VI verifica se algum botão foi pressionado para ordenar uma calibração. Se um botão válido (dentro do número de sinais do *CEM* actual) é premido o operador é questionado para confirmar a ordem de calibração.

**Check_Buttons.vi**

- ❑ **CEM Index** é o índice do *CEM* seleccionado.
- ❑ **Button State In** é o estado actual dos botões de calibração.
- ❑ **Last CEM Index** é o índice do último *CEM* seleccionado.
- ❑ **Button State Out** é o novo estado dos botões de calibração.
- ❑ **Signal Index** indica qual o botão pressionado.
- ❑ **Button Pressed?** indica se existe algum botão pressionado.
- ❑ **Cem Index Out** é o índice do *CEM* seleccionado.

Mapper

Este VI converte os números de referência das ligações TCP/IP em identificadores de clientes.

**Mapper.vi**

- ❑ **Refnum** é o número de referência a converter.
- ❑ **Client ID** é o identificador do cliente.
- ❑ **Reset?** indica que se deve apagar o mapa.
- ❑ **Remove?** indica que se pretende remover um número de referência do mapa de números.
- ❑ **Insert?** Indica que se pretende inserir um número de referência no mapa de números.
- ❑ **Client Refnum** retorna o número de referência para o identificador de cliente recebido.
- ❑ **Read Ok?** indica que existe um número de referência para o identificador de cliente recebido.

Queue_Calibra

Este VI insere ou retira um identificador de ligação de uma pilha.



- ☐ **Insert?** indica se é para inserir ou retirar o identificador da pilha.
- ☐ **New Connection** é o identificador de ligação a inserir na pilha.
- ☐ **Empty?** Indica se a pilha está vazia.
- ☐ **Head Connection** é o identificador retirado da cabeça da pilha.

Send_Calibration

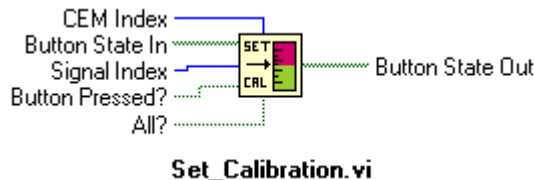
Este VI envia o comando de calibração a um cliente. Envia informação para o ficheiro de registo de eventos.



- ☐ **CEM Id** é o identificador do cliente ao qual se pretende enviar uma mensagem de calibração.
- ☐ **String** é a *string* de calibração a enviar.
- ☐ **Send Ok?** indica se a calibração foi ou não executada pelo cliente.

Set_Calibration

Este VI constrói a *string* enviada ao cliente com um pedido de calibração e depois de receber a confirmação, a *string* é enviada para a base de dados.



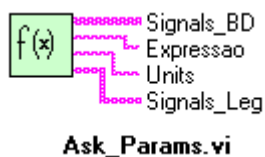
- ☐ **CEM Index** indica qual o *CEM* seleccionado.
- ☐ **Button State In** é o estado dos botões de calibração.
- ☐ **Signal Index** indica qual o sinal seleccionado para calibração.
- ☐ **Button Pressed?** indica se existe algum botão pressionado.
- ☐ **All?** Indica se o botão de calibrar *CEM* está pressionado.
- ☐ **Button State Out** é o estado actualizado dos botões de calibração.

Visualização Gráfica

Nesta secção são descritos os VI's utilizados no módulo de visualização gráfica.

Ask_Params

Este VI implementa o painel utilizado na visualização de múltiplos *CEM*'s. Podem escolher-se quais os *CEM*'s e os sinais a visualizar, e definir-se uma expressão aritmética sobre os sinais a visualizar.

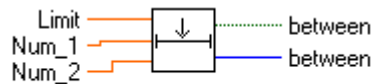


- ☐ **Signals_BD** é um *array* contendo informação sobre os sinais a visualizar (nome do *CEM* e do sinal).

- ❑ **Expressão** é uma *string* com a expressão aritmética a calcular sobre os sinais escolhidos.
- ❑ **Units** é a unidade resultante de aplicação da expressão sobre os sinais.
- ❑ **Signals_Leg** é a legenda a ser mostrada no gráfico.

Between

Este VI indica se um ponto está entre outros dois pontos e qual o sentido (ascendente ou descendente) de uma hipotética recta traçada entre os dois pontos dados.

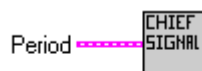


Between.vi

- ❑ **Limit** é o ponto que se pretende saber se é intersectado.
- ❑ **Num_1** é o primeiro ponto dado.
- ❑ **Num_2** é o segundo ponto dado.
- ❑ **between** (booleano) indica se o ponto limite se encontra entre os dois pontos dados.
- ❑ **between** (inteiro) qual o sentido da recta hipotética traçada entre Num_1 e Num_2.

Build Chief Signal

Este VI cria um sinal virtual, que não é mostrado mas que serve como guia para os outros sinais.

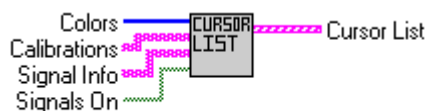


Build Chief Signal.vi

- ❑ **Period** é o intervalo de tempo a mostrar no gráfico.

Build Cursor List

Este VI constrói um *array* com informação relativa às calibrações (cursos não móveis).



Build Cursor List.vi

- ❑ **Colors** contém a informação das cores dos sinais existentes no gráfico.
- ❑ **Calibrations** contém a informação sobre as calibrações existentes para os sinais mostrados no gráfico.
- ❑ **Signal Info** contém informação sobre os sinais mostrados no gráfico.
- ❑ **Signals On** indica quais os sinais seleccionados para um determinado CEM.
- ❑ **Cursor List** é a lista com os cursos a visualizar.

Build Graphic Statement

Este VI constrói a *string* com os sinais a consultar na base de dados.

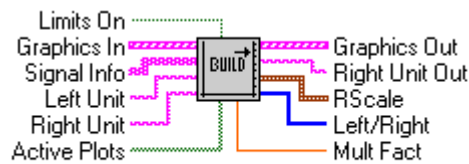


Build Graphic Statement.vi

- ❑ **Signals** contém informação sobre os sinais disponíveis para um CEM.
- ❑ **Active Plots** indica quais os sinais seleccionados para visualização.
- ❑ **Signal Statement** é a *string* de comando para consultar a base de dados.

Build Right Y Scale

Configura a escala vertical da direita e manipula os dados associados para manter a coerência com a escala.

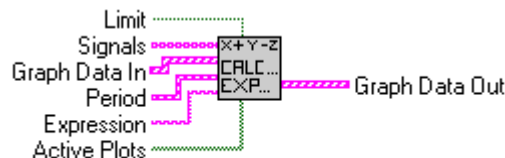


Build Right Y Scale.vi

- ❑ **Limits On** indica se os limites dos sinais estão a ser mostrados.
- ❑ **Graphics In** contém os dados a serem visualizados.
- ❑ **Signal Info** contém informação sobre os sinais disponíveis para visualização.
- ❑ **Left Unit** indica a unidade actual associada à escala vertical da esquerda.
- ❑ **Right Unit** indica a unidade actual associada à escala vertical da direita.
- ❑ **Active Plots** indica quais os sinais que estão seleccionados para visualização.
- ❑ **Graphics Out** contém os dados escalados para serem visualizados.
- ❑ **Right Unit Out** indica a nova escala associada à escala vertical da direita.
- ❑ **Rscale** é um *cluster* de informação para a formatação da escala da direita (mínimo e máximo).
- ❑ **Left/Right** é um *array* com os sinais associados à escala da esquerda (representados por 0) e à escala da direita (representados por 1).
- ❑ **Mult Fact** é o factor de multiplicação para recalculer os sinais associados à escala da direita.

Calculate Expression

Este VI calcula a expressão definida pelo operador através de um *parser* elaborado em código C.



Calculate Expression.vi

- ❑ **Limit** indica se a visualização dos limites está ligada.
- ❑ **Signals** contém a informação sobre os sinais existentes a serem visualizados.
- ❑ **Graph Data In** contém os dados relativos aos sinais seleccionados a serem visualizados.
- ❑ **Period** indica qual o intervalo de tempo a ser visualizado.
- ❑ **Expression** é a expressão a executar sobre os sinais seleccionados.
- ❑ **Active Plots** indica quais os sinais que estão seleccionados para visualização.
- ❑ **Graph Data Out** contém os a serem representados (originais e calculados pela expressão).

Change CEM

Este VI detecta se um novo *CEM* é escolhido e actualiza a variável global do *CEM* e as legendas do gráfico. É emitida a ordem para inicializar os botões de selecção dos sinais, bem como dos limites e calibrações.



Change CEM.vi

- ❑ **New CEM** é o novo *CEM* escolhido.
- ❑ **Legends** são as legendas actuais.
- ❑ **Legends Out** são as novas legendas a mostrar no gráfico.
- ❑ **New CEM** (saída) é o *CEM* escolhido.

Change Graphics Order

Troca a ordem dos dados a visualizar. Os sinais são trocados com os limites.



Change Graphics Order.vi

- ❑ **Number of Signals** é o número de sinais existentes (número fixo em 16).
- ❑ **Graphics In** é a informação relativa aos sinais a visualizar.
- ❑ **Graphics Out** é a informação a visualizar depois de realizada a troca da ordem.

Compact Signals

Este VI calcula as médias sobre os dados a visualizar. Para um período de visualização inferior a um mês/inferior a um ano/inferior a 20 anos/superior a 20 anos os dados são mostrados com intervalos de 15 minutos/1 hora/1 dia/1 mês.



Compact Signals.vi

- ❑ **Graphics Out** contém os dados a visualizar e sobre os quais serão calculadas as médias.
- ❑ **Invalid Info Out** contém os dados inválidos. Também sobre estes dados serão calculadas as médias.
- ❑ **Period** indica qual o período de visualização e a média a calcular.
- ❑ **Graphics Out out** contém os dados a visualizar depois de calculadas as médias.
- ❑ **Invalid Info Out out** contém os dados inválidos depois de calculadas as médias.

Continuos Mode

Este VI verifica se o servidor recebeu novos dados dos clientes, disponível em modo contínuo de actualização.

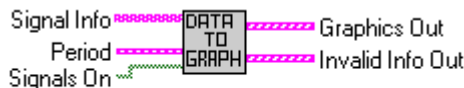


Continuos Mode.vi

- ❑ **Continuo** indica se a visualização gráfica se encontra em modo contínuo.
- ❑ **Period** indica o intervalo de tempo para a visualização dos dados.
- ❑ **New Data** indica que o servidor recebeu novos dados do cliente.
- ❑ **Period Out** indica qual o novo intervalo de visualização gráfica.

Data to Graph

Obtém os dados da base de dados para os sinais seleccionados.

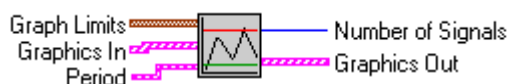


Data to Graph.vi

- ❑ **Signal Info** contém informação sobre os sinais existentes para selecção.
- ❑ **Period** é o intervalo de tempo para o qual se deseja obter dados da base de dados.
- ❑ **Signals On** indica quais os sinais a consultar da base de dados.
- ❑ **Graphics Out** contém os dados consultados da base de dados para os sinais seleccionados.
- ❑ **Invalid Info Out** contém os dados inválidos consultados da base de dados para os sinais seleccionados.

Draw Limits

Este VI desenha os limites dos sinais seleccionados.



Draw Limits.vi

- ☐ **Graph Limits** são os limites dos sinais existentes para visualização.
- ☐ **Graphics In** contém os dados a serem visualizados.
- ☐ **Period** é o intervalo de tempo a ser visualizado.
- ☐ **Number of Signals** indica quantos sinais estão seleccionados.
- ☐ **Graphics Out** contém os dados a representar e as linhas de limites para cada sinal.

Fill Time Gap

Preenche as falhas de valores para uma série de dados. Se dois valores consecutivos se distanciam mais de 15 minutos o intervalo entre eles é preenchido com o valor 0.



Fill Time Gap.vi

- ☐ **TimeStamps** é o *array* que contém o eixo dos X do gráfico (pares data/hora a visualizar).
- ☐ **Values** é o *array* que contém o eixo dos Y do gráfico.
- ☐ **Complete TimeStamps** é o *array* que contém eixo dos X, depois de serem preenchidas as falhas.
- ☐ **Complete Values** é o *array* que contém o eixo dos Y, depois de preenchidas as falhas com zeros.

Fill Value Gap

Calcula quantos pontos faltam entre dois valores, preenchendo essas falha com o número de zeros adequado.

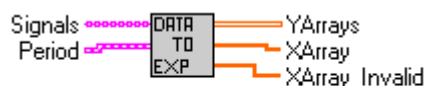


Fill Value Gap.vi

- ☐ **Second Date** é o segundo valor.
- ☐ **First Date** é o primeiro valor.
- ☐ **Fill TimeStamps Array** é o *array* que contém os pares data/hora em falta.
- ☐ **Fill Value Array** é o *array* que contém os valores em falta.

Get Data to Expression

Este VI consulta da base de dados a informação a utilizar no cálculo da expressão.

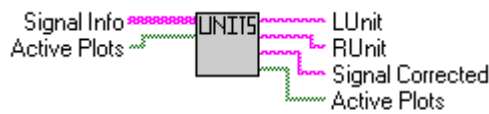


Get Data to Expression.vi

- ☐ **Signals** indica quais os sinais seleccionados para o cálculo da expressão.
- ☐ **Period** indica o intervalo de tempo a buscar na base de dados.
- ☐ **YArrays** é o *array* com os valores a utilizar no calculo da expressão.
- ☐ **XArray** é o *array* com a informação relativa ao eixo dos X do gráfico.
- ☐ **XArray Invalid** é o *array* com a informação relativa aos pontos inválidos dos sinais.

Get Graph Units

Determina as unidades para os eixos verticais. Em caso de conflito, fica escolhido o último sinal seleccionado.

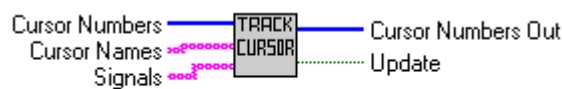


Get Graph Units.vi

- ❑ **Signal Info** contém a informação relativa aos sinais disponíveis para selecção.
- ❑ **Active Plots** indica quais os sinais que estão seleccionados.
- ❑ **LUnit** é a unidade da escala da esquerda.
- ❑ **RUnit** é a unidade da escala da direita.
- ❑ **Signal Corrected** contém a informação relativa aos sinais seleccionados.
- ❑ **Active Plots** indica quais os sinais seleccionados depois de escolhidas as unidades das escalas.

Keep Cursor

Este VI actualiza os cursores associados aos sinais e desliga o cursor quando um sinal é desactivado.



Keep Cursor.vi

- ❑ **Cursor Numbers** é o array com os números dos cursores associados ao sinais.
- ❑ **Cursor Names** é o array com os nomes dos cursores que aparecem na lista dos cursores.
- ❑ **Signals** é a lista dos sinais existentes para selecção.
- ❑ **Cursor Numbers Out** é o array actualizado com os números dos cursores associados ao sinais.
- ❑ **Update** indica se é necessário actualizar a lista dos cursores.

Print Panel

Este VI imprime o painel de visualização gráfica.

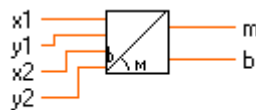


Print Panel.vi

- ❑ **VI Name** é o nome do VI a imprimir, neste caso Grafico.VI.

Recta

Este VI calcula uma recta a partir de dois pontos e retorna a inclinação e o ponto de intersecção com o eixo.

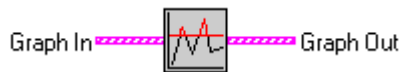


Recta.vi

- ❑ **x1** é a abcissa do primeiro ponto.
- ❑ **y1** é a ordenada do primeiro ponto.
- ❑ **x2** é a abcissa do segundo ponto.
- ❑ **y2** é a ordenada do segundo ponto.
- ❑ **m** é a inclinação da recta.
- ❑ **b** é a ordenada de intersecção da recta com o eixo.

Red_Line

Este VI é responsável por colorir as porções das linhas de dados que ultrapassam o limite do sinal respectivo.



Red_Line.vi

- ❑ **Graph In** é a informação relativa aos sinais seleccionados.
- ❑ **Graph Out** é a mesma informação com as linhas coloridas das porções que ultrapassam os limites.

Reset_Buttons

Este VI actualiza o estado dos botões quando existe alteração do *CEM* seleccionado. Quando um novo *CEM* é seleccionado, os botões seleccionados ficam não seleccionados.



Reset Buttons.vi

- ❑ **New CEM** indica qual o novo *CEM* seleccionado.
- ❑ **Buttons In** é o *array* do estado dos botões.
- ❑ **Buttons Out** é o *array* do novo estado dos botões.

Reset LimCal

Este VI inicializa o estado das *check box* de escolha de limites e calibrações.



Reset LimCal.vi

- ❑ **Cal** é o estado actual da *check box* das calibrações.
- ❑ **Lim** é o estado actual da *check box* dos limites.
- ❑ **Cal Out** é o novo estado da *check box* das calibrações.
- ❑ **Lim Out** é o novo estado da *check box* dos limites.

Set Graph Limits

Este VI consulta os limites dos sinais seleccionados para serem desenhados no gráfico.



Set Graph Limits.vi

- ❑ **Limits On** indica se os limites estão activos.
- ❑ **Signal Info** contém informação sobre os sinais disponíveis para selecção.
- ❑ **Signals On** indica quais os sinais que estão seleccionados.
- ❑ **Graph Limits** é um *cluster* de informação que inclui os limites máximo e mínimo para cada sinal.

Show Calibrations

Este VI consulta as ocorrências de calibrações da base de dados para os sinais seleccionados.



Show Calibrations.vi

- ❑ **Calibrations On** indica se as calibrações estão activas.
- ❑ **Signal Info** contém informação sobre os sinais disponíveis para selecção.
- ❑ **Period** indica qual o período para o qual se pretende realizar a consulta de calibrações.
- ❑ **Calibrations** contém informação sobre as calibrações encontradas na base de dados.

Servidor de Medidas

Nesta secção são descritos os VI's responsáveis pela transferência de medições dos postos para o servidor.

Measure_Server

Este VI implementa o servidor de TCP/IP para a recepção de medições. Após inicialização espera por novas ligações e para cada uma delas, recebe os dados e insere na base de dados. Também verifica se um cliente não comunica por mais de 17 minutos, caso em que a ligação é desligada e o operador notificado.

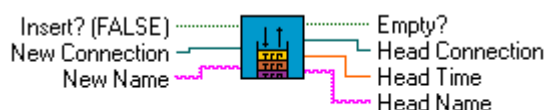


Measure_Server.vi

- ❑ **Port** é o porto do servidor onde os clientes se ligam ao servidor de medições.

Queue_Measure

Este VI insere ou retira identificadores de ligação de uma pilha. Regista a hora de quando uma ligação é inserida e o nome do cliente.

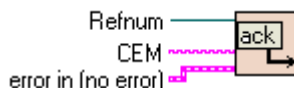


Queue_Measure.vi

- ❑ **Insert?** indica que se deve inserir ou retirar um elemento da pilha.
- ❑ **New Connection** é a novo identificador de conexão a inserir na pilha.
- ❑ **New Name** é o nome do cliente que realizou a conexão.
- ❑ **Empty?** Indica se a pilha está vazia.
- ❑ **Head Connection** é a cabeça da pilha que foi retirada.
- ❑ **Head Time** é a hora de inserção correspondente ao identificador retirado do topo pilha.
- ❑ **Head Name** é o nome do cliente correspondente ao identificador retirado do topo da pilha.

Send_Ack

Este VI envia uma mensagem de recepção ao cliente. A mensagem contém uma *string* com o par data/tempo no servidor, utilizada pelos clientes para se sincronizarem. Esta acção é registada no ficheiro de eventos.



Send_Ack.vi

- ❑ **Refnum** é o número de referência de ligação TCP/IP com o cliente ao qual se envia a mensagem.
- ❑ **CEM** é o nome do CEM a que reporta a mensagem de confirmação.

Interface com Microsoft Excel (OLE)

Nesta secção são descritos os VI's dedicados à ligação via OLE ao *Microsoft Excel*. Inclui-se também os ficheiros de criação de relatórios, dado que estes controlam a transferência de dados.

Build Range

Este VI converte um par linha/coluna em notação do *Excel*. Por exemplo, aceita o par (1,1) e retorna 1A.

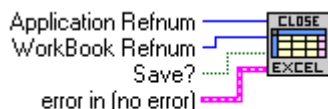


Build Range.vi

- ❑ **Row** é a linha da célula da folha de *Excel*.
- ❑ **Column** é a coluna da célula da folha de *Excel*.
- ❑ **Excel Range** é a área respectiva na folha de *Excel*.

Close Excel

Este VI termina a ligação com o *Excel*. O parâmetro de entrada **Save?** determina se o ficheiro é gravado.

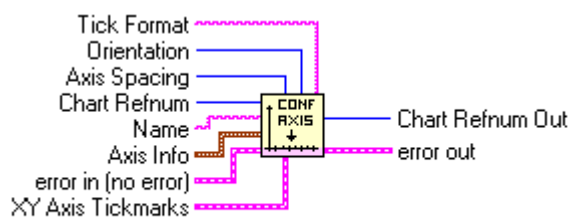


Close Excel.vi

- ❑ **Application Refnum** é o número de referência da aplicação *Excel*.
- ❑ **Workbook Refnum** é o número de referência do livro.
- ❑ **Save?** Indica que se deve gravar o ficheiro antes de terminar a ligação. O valor por omissão é *FALSE*.

Configure Axis

Este VI configura os eixos do gráfico em *Excel*.



Configure Axis.vi

- ❑ **Tick Format** é uma *string* com o formato dos valores para os *ticks*.
- ❑ **Orientation** configura a orientação das legendas dos *ticks*: Horizontal, Vertical, Ascendente, Descendente.
- ❑ **Axis Spacing** é um número indicando o espaçamento entre *ticks*.
- ❑ **Chart Refnum** é o número de referência do gráfico a ser modificado.
- ❑ **Name** é o título a ser atribuído ao eixo.
- ❑ **Axis Info** especifica o eixo a ser manipulado através de três parâmetros:
 - ❑ **X Axis Type** indica se o eixo é do tipo XY ou normal.
 - ❑ **Axis** indica se o eixo é de valor ou categoria.
 - ❑ **Axis Position** indica se o eixo é primário ou secundário.
- ❑ **XY Axis Tickmarks** especifica o valor máximo, mínimo e o incremento do eixo XY. Inclui:
 - ❑ **Maximum** o valor máximo do eixo.
 - ❑ **Minimum** é o valor mínimo do eixo.
 - ❑ **Inc** é o incremento entre *ticks*.
- ❑ **Chart Refnum Out** é uma cópia de **Chart Refnum**.

Day Averages

Este VI calcula as médias diárias para os valores dos sinais seleccionados.

**Day Averages.vi**

- ❑ **Signals** são os sinais disponíveis para selecção.
- ❑ **Signal** contém os valores dos sinais seleccionados.
- ❑ **Invalid Points** contém os valores para os pontos inválidos dos sinais seleccionados.
- ❑ **Day Averages** contém os valores médios diários dos sinais seleccionados.
- ❑ **Maximum** retorna o valor médio máximo.
- ❑ **Stamps** são as datas para os valores médios diários.

Delete LegendEntries

Este VI recebe um *array* de índices que referenciam os nomes a serem apagadas da legenda.

**Delete LegendEntries.vi**

- ❑ **Chart Refnum** é a referência da folha do gráfico, no qual se pretende modificar as legendas.
- ❑ **Series Numbers** é um *array* de números com os índices das legendas.
- ❑ **Chart Refnum Out** é uma cópia de **Chart Refnum**.

Excel Time

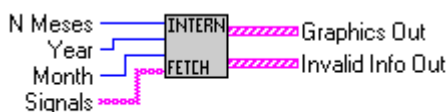
Este VI converte um *array* de valores com tempo em segundos no *LabVIEW* (desde 1 Janeiro de 1904) num *array* de valores contendo os mesmos valores em segundos no *Excel* (desde 1 Janeiro de 1900).

**Excel Time.vi**

- ❑ **Seconds** é um *array* unidimensional com os valores em formato *LabVIEW*.
- ❑ **Excel Time** é o *array* com os mesmo valores em formato *Excel*.

Fetch Data for Internal Reports

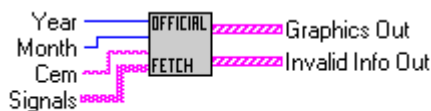
Este VI obtém os valores para a criação dos relatórios internos.

**Fetch Data for Internal Reports.vi**

- ❑ **N Meses** é o número de meses de valores a consultar.
- ❑ **Year** é o ano a que reportam os valores a consultar.
- ❑ **Month** é o mês inicial da consulta.
- ❑ **Signals** são os sinais disponíveis para selecção.
- ❑ **Graphics Out** contém os valores para a criação dos relatórios.
- ❑ **Invalid Info Out** contém os valores inválidos para a criação dos relatórios.

Fetch Data for Official Reports

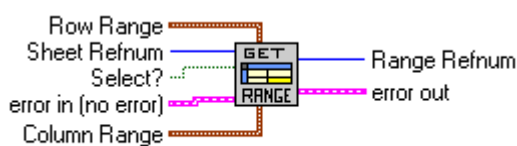
Este VI obtém os valores para a criação dos relatórios oficiais.

**Fetch Data for Official Reports.vi**

- ❑ **Year** é o ano a que reportam os valores a consultar.
- ❑ **Month** é o trimestre a que reportam os valores a consultar.
- ❑ **Cem** é o *CEM* seleccionado.
- ❑ **Signals** são os sinais disponíveis para selecção.
- ❑ **Graphics Out** contém os valores para a criação dos relatórios.
- ❑ **Invalid Info Out** contém os valores inválidos para a criação dos relatórios.

Get Range

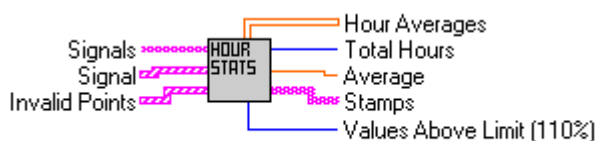
Este VI converte dois pares linha/columna num número de referência da área seleccionada.

**Get Range.vi**

- ❑ **Row Range** é um *cluster* contendo dois elementos que definem um intervalo de linhas.
 - ❑ **Row I** é o primeiro índice de linha.
 - ❑ **Row f** é o último índice de linha.
- ❑ **Sheet Refnum** é o número de referência da folha.
- ❑ **Select?** Indica se a área especificada deve ser seleccionada. O valor por omissão é *FALSE*.
- ❑ **Column Range** é um *cluster* contendo dois elementos que definem um intervalo de colunas.
 - ❑ **Column i** é o primeiro índice de coluna.
 - ❑ **Column f** é o último índice de coluna.
- ❑ **Range Refnum** é o número de referência da área seleccionada. Este número permite alterar as propriedades da área bem como utilizar os métodos associados ao objecto área.

Hour Averages

Este VI calcula as médias horárias para os valores dos sinais seleccionados.

**Hour Averages.vi**

- ❑ **Signals** são os sinais disponíveis para selecção.
- ❑ **Signal** contém os valores dos sinais seleccionados.
- ❑ **Invalid Points** contém os valores para os pontos inválidos dos sinais seleccionados.
- ❑ **Hour Averages** contém os valores médios horários dos sinais seleccionados.
- ❑ **Total Hours** é o número de médias horárias.
- ❑ **Average** retorna a média horária.
- ❑ **Stamps** são as datas para os valores médios diários.
- ❑ **Values Above Limit(110%)** é o número de médias horárias acima de 110% do limite.

Internal Reports

Cria os relatórios internos.



- ☐ **Reports** indica quais os relatórios internos a criar.
- ☐ **N Meses** indica a quantos meses reportam os relatórios.
- ☐ **Trimestre** indica o mês inicial.
- ☐ **Year** indica o ano a que reportam os relatórios.
- ☐ **Imprimir** indica que se pretende imprimir automaticamente os relatórios criados.
- ☐ **Excel Aberto** indica que se pretende manter o *Excel* aberto após a criação dos relatórios.
- ☐ **Ok** indica se a criação dos relatórios ocorreu sem problemas.

Official Reports

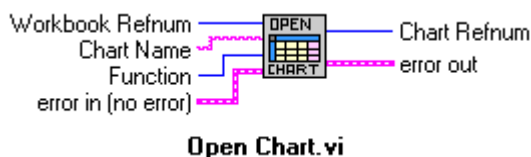
Cria os relatórios oficiais.



- ☐ **Reports** indica quais os relatórios internos a criar.
- ☐ **Trimestre** indica o trimestre a que reportam os relatórios.
- ☐ **Year** indica o ano a que reportam os relatórios.
- ☐ **Imprimir** indica que se pretende imprimir automaticamente os relatórios criados.
- ☐ **Excel Aberto** indica que se pretende manter o *Excel* aberto após a criação dos relatórios.
- ☐ **Ok** indica se a criação dos relatórios ocorreu sem problemas.

Open Chart

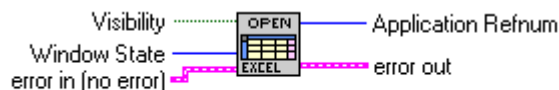
Este VI cria ou activa uma folha de gráfico existente num livro.



- ☐ **Workbook Refnum** é o número de referência do livro onde a folha de gráfico será inserida ou existe.
- ☐ **Chart Name** é o nome da folha do gráfico a ser criada ou aberta (activada).
- ☐ **Function** indica se a folha do gráfico deve ser aberta ou criada.
- ☐ **Chart Refnum** é o número de referência da folha de gráfico criada ou aberta.

Open Excel

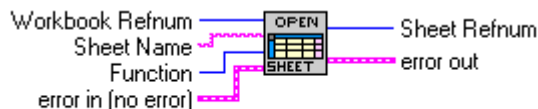
Este VI abre o *Excel* criando um novo número de referência para o objecto aplicação *Excel*.

**Open Excel.vi**

- ❑ **Visibility** selecciona a propriedade de visibilidade para o objecto *Excel*.
- ❑ **Window State** selecciona o estado inicial da janela de *Excel* (maximizada, minimizada ou normal).
- ❑ **Application Refnum** é o número de referência para o objecto aplicação *Excel* criado.

Open Sheet

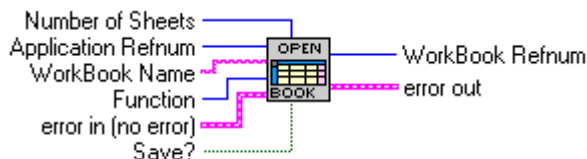
Este VI cria ou activa uma folha existente no livro.

**Open Sheet.vi**

- ❑ **Workbook Refnum** referencia o objecto livro onde a folha será criada ou aberta.
- ❑ **Sheet Name** é o nome da folha a abrir (activar) ou criar.
- ❑ **Function** indica se a folha deve ser aberta ou criada..
- ❑ **Sheet Refnum** é o número de referência para o objecto folha que foi criado ou aberto.

Open Workbook

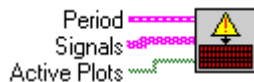
Este VI cria ou abre um livro existente numa aplicação *Excel*.

**Open Workbook.vi**

- ❑ **Number of Sheets** indica o número de folhas iniciais de um novo livro.
- ❑ **Application Refnum** referencia o objecto aplicação onde o livro deve ser inserido.
- ❑ **Workbook Name** é o nome do livro a ser aberto ou o nome a ser atribuído ao novo livro.
- ❑ **Function** indica se o livro deve ser aberto ou criado.
- ❑ **Save?** Indica se um novo livro deve ser gravado, sob o nome recebido em **Workbook Name**.
- ❑ **Workbook Refnum** é o número de referência do objecto livro que foi criado ou aberto.

Print_Alarmes

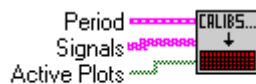
Este VI imprime a listagem de alarmes para um conjunto de sinais num determinado intervalo de tempo.

**Print_Alarmes.vi**

- ❑ **Period** é um *cluster* de informação indicando o intervalo de tempo a listar.
- ❑ **Signals** são os sinais disponíveis para selecção.
- ❑ **Active Plots** indica quais os sinais seleccionados.

Print_Calibracoes

Este VI imprime a listagem de calibrações para um conjunto de sinais num determinado intervalo de tempo.

**Print_Calibracoes.vi**

- ❑ **Period** é um *cluster* de informação indicando o intervalo de tempo a listar.
- ❑ **Signals** são os sinais disponíveis para selecção.
- ❑ **Active Plots** indica quais os sinais seleccionados.

Print Chart

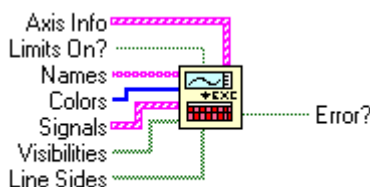
Este VI imprime um gráfico de *Excel* na impressora.

**Print Chart.vi**

- ❑ **Chart Refnum** é o número de referência do gráfico a ser impresso.
- ❑ **Chart Refnum Out** é uma cópia de **Chart Refnum**.

Print_Excel

Este VI imprime o gráfico representado no painel de visualização gráfica através do *Excel*.

**Print_Excel.vi**

- ❑ **Axis Info** contém informação sobre os eixos do gráfico (máximo, mínimo, incremento e unidade).
- ❑ **Limits On?** Indica se os limites dos sinais estão ligados.
- ❑ **Names** são os nomes dos sinais seleccionados.
- ❑ **Colors** contém informação sobre as cores das linhas dos sinais.
- ❑ **Signals** são os sinais disponíveis para selecção.
- ❑ **Visibilities** indica quais os sinais seleccionados.
- ❑ **Line Sides** indica quais os sinais que estão atribuídos à escala da esquerda e quais estão atribuídos à escala da direita.
- ❑ **Error?** Indica se houve algum erro durante a impressão do gráfico através do *Excel*.

RGB to BGR

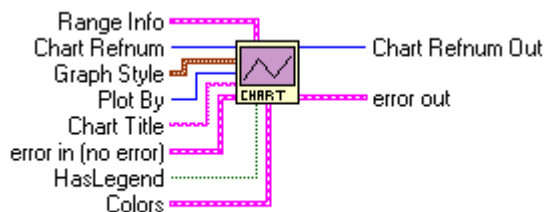
Este VI converte um número representando uma cor em formato RGB para formato em *Excel* (BGR).

**RGB to BGR.vi**

- ❑ **RGB Number** é a cor em notação RGB.
- ❑ **BGR Number** é a cor em notação BGR.

Set Chart Properties

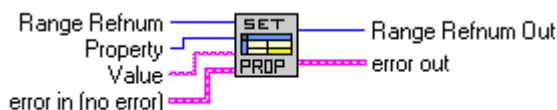
Este VI configura as propriedades principais do gráfico.

**Set Chart Properties.vi**

- ❑ **Range Info** contém toda a informação sobre a localização das séries de valores.
- ❑ **Values Sheet** é o nome da folha onde se encontram os valores.
- ❑ **Line i** é o primeiro índice de linha da área de valores.
- ❑ **Line f** é o último índice de linha da área de valores.
- ❑ **Column i** é o primeiro índice de coluna da área de valores.
- ❑ **Column f** é o último índice de coluna da área de valores.
- ❑ **Chart Refnum** é o número de referência do gráfico a ser modificado.
- ❑ **Graph Style** indica o formato do gráfico. Estes elementos estão num *cluster*:
 - ❑ **Gallery** selecciona o tipo de gráfico: *Area*, *Bar*, *Column*, *Line*, *Pie*, *Doughnut*, *Radar* e *XYScatter*.
 - ❑ **Format** indica o formato do gráfico dentro da galeria escolhida.
 - ❑ **Subtype** indica o subtipo de gráfico dentro da galeria escolhida.
- ❑ **Plot By** indica a orientação das séries de valores (linhas ou colunas),
- ❑ **Chart Title** é o título a atribuir ao gráfico.
- ❑ **HasLegend** indica se a legenda do gráfico deve ser ou não mostrada. O valor por omissão é *FALSE*.
- ❑ **Colors** é um *cluster* de informação com dois elementos (cores da área do gráfico e da área de *Plot*).
 - ❑ **Index ChartArea** é o índice de cor da área do gráfico.
 - ❑ **Index PlotArea** é o índice de cor da área de *Plot*.
- ❑ **Chart Refnum Out** é uma cópia de **Chart Refnum**.

Set Range Property

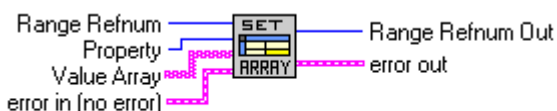
Este VI modifica uma propriedade de um grupo de células com um valor recebido. Este valor pode ser uma fórmula ou um formato de número. Estas células são passadas sob um número de referência de área.

**Set Range Property.vi**

- ❑ **Range Refnum** é o número de referência da área contendo as células a serem modificadas.
- ❑ **Property** é a propriedade das células seleccionadas a ser modificada.
- ❑ **Value** é o valor a ser atribuído à propriedade das células seleccionadas.
- ❑ **Range Refnum Out** é uma cópia de **Range Refnum**.

Set Range Property Array

Este VI modifica uma propriedade de um grupo de células com um *array* de valores. Estes valores podem ser uma fórmula ou um formato de número. Estas células são passadas sob um número de referência de área.

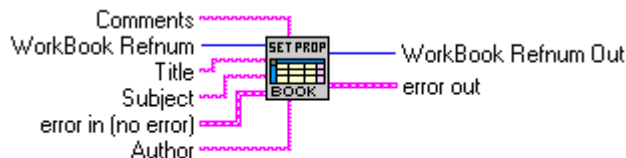
**Set Range Property Array.vi**

- ❑ **Range Refnum** é o número de referência da área contendo as células a serem modificadas.
- ❑ **Property** é a propriedade das células seleccionadas a ser modificada.

- ❑ **Value Array** é o *array* contendo os valores a atribuir a cada célula correspondente.
- ❑ **Range Refnum Out** é uma cópia de **Range Refnum**.

Set Wbk Properties

Este VI modifica as propriedades atributo de um livro indicado pelo número de referência.

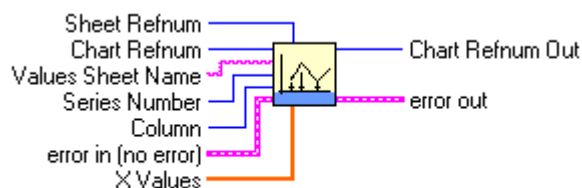


Set Wbk Properties.vi

- ❑ **Comments** é uma *string* com os comentários acerca do livro.
- ❑ **Workbook Refnum** é o número de referência do livro.
- ❑ **Title** é o título do livro.
- ❑ **Subject** é o assunto do livro.
- ❑ **Range Refnum Out** é uma cópia de **Range Refnum**.
- ❑ **Author** é o nome do autor do livro.
- ❑ **Workbook Refnum Out** é uma cópia de **Workbook Refnum**.

Set XValues

Este VI atribui a uma série os valores X correspondentes, modificando a propriedade XValues.

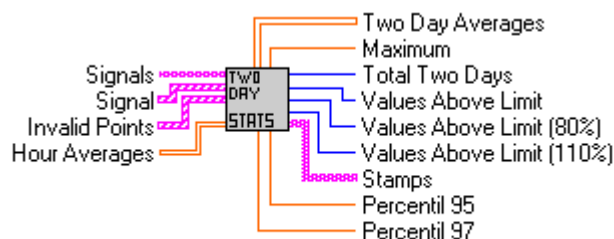


Set XValues.vi

- ❑ **Sheet Refnum** é o número de referência da folha onde os valores X são escritos.
- ❑ **Chart Refnum** é o número de referência do gráfico a ser modificado.
- ❑ **Values Sheet Name** é o nome da folha dada por **Sheet Refnum**.
- ❑ **Series Number** é o número da série representada no gráfico que será actualizada com os valores de X.
- ❑ **Column** é o índice da coluna da folha onde os valores de X são escritos.
- ❑ **X Values** é um *array* unidimensional com os valores de X a serem atribuídos às séries especificadas.
- ❑ **Chart Refnum Out** é uma cópia do **Chart Refnum**.

Two Day Averages

Este VI calcula as médias de 48 horas necessárias aos relatórios oficiais.



Two Day Averages.vi

- ❑ **Signals** são os sinais disponíveis para selecção.

- ❑ **Signal** contém os valores dos sinais seleccionados.
- ❑ **Invalid Points** contém os valores para os pontos inválidos dos sinais seleccionados.
- ❑ **Hour Averages** contém os valores médios horários dos sinais seleccionados.
- ❑ **Two Day Averages** contém os valores médios diários dos sinais seleccionados.
- ❑ **Maximum** retorna o valor médio máximo.
- ❑ **Total Two Days** é o número de médias de 48 horas.
- ❑ **Values Above Limit** é o número de médias acima do limite.
- ❑ **Values Above Limit (80%)** é o número de médias acima de 80% do limite.
- ❑ **Values Above Limit (110%)** é o número de médias acima de 100% do limite.
- ❑ **Stamps** são as datas para os valores médios diários.
- ❑ **Percentil 95** é o percentil 95 das médias de 48 horas.
- ❑ **Percentil 97** é o percentil 97 das médias de 48 horas.

Interface com base de dados (SQL)

Nesta secção são descritos os VT's relacionados com o acesso à base de dados. Estes VT's servem na sua maioria para construir as *query's* para consulta da base de dados e os comandos de manipulação da mesma.

Alter Table

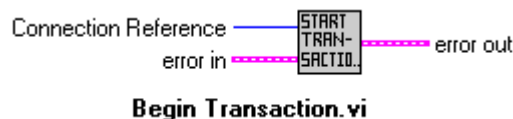
Acrescenta novas colunas a uma tabela da base de dados.



- ❑ **Connection Reference** é a referência da conexão com a base de dados, obtida na ligação inicial.
- ❑ **Table Name** é o nome da tabela à qual se acrescentam as colunas.
- ❑ **Column Definitions** é um *array* com informação relativa às colunas a inserir (nome e tipo de dados).

Begin Transaction

Inicia uma transacção e enquanto não terminar, as operações dentro dela têm total controlo da base de dados.



- ❑ **Connection Reference** é a referência da conexão com a base de dados.

Build Alteration

Cria o comando de adição de colunas a uma tabela.



- ❑ **Table Name** é o nome da tabela à qual se pretende adicionar novas colunas.
- ❑ **Column Definitions** é o *array* com informação sobre as colunas a inserir (nome e tipo de informação).
- ❑ **Alteration String** é a *string* de comando para a alteração da tabela.

Build Creation

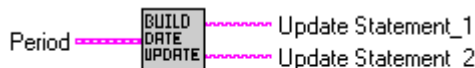
Cria o comando de criação uma nova tabela.

**Build Creation.vi**

- ❑ **Table Name** é o nome da nova tabela a criar.
- ❑ **Column Definitions** é um *array* bidimensional com os campos da tabela a criar (nome e tipo).
- ❑ **Creation String** é a *string* comando para a criação da tabela.

Build Date Update

Cria os comandos especificando os intervalos de tempo para os quais se deve realizar uma consulta.

**Build Date Update.vi**

- ❑ **Period** é um *cluster* com informação sobre o intervalo de tempo.
 - ❑ **Start Date** é o início do intervalo de tempo.
 - ❑ **End Date** é o fim do intervalo de tempo.
- ❑ **Update Statement_1** é o comando utilizado caso o intervalo de tempo reporte somente a uma tabela, ou caso reporte a mais do que uma é utilizado para a consulta na primeira tabela.
- ❑ **Update Statement_2** é o comando utilizado caso o intervalo de tempo reporte a mais do que uma tabela, e nesse caso é utilizado para a consulta na segunda tabela.

Build Deletion

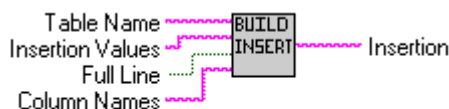
Cria o comando para apagar dados da base de dados.

**Build Deletion.vi**

- ❑ **Table Name** é o nome da tabela na qual se deve apagar os dados.
- ❑ **Where Clause** é a cláusula que indica quais os dados a apagar.
- ❑ **Deletion** é a *string* comando para executar a operação de apagar dados.

Build Insertion

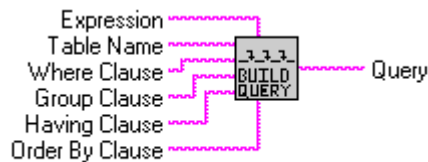
Cria o comando para inserir dados na base de dados.

**Build Insertion.vi**

- ❑ **Table Name** é o nome da tabela na qual se deve inserir os dados.
- ❑ **Insertion Values** é uma *string* contendo só valores a inserir, separados entre si por vírgulas.
- ❑ **Full Line** indica se os valores a inserir reportam a todos os campos da tabela. Caso falte algum valor esta entrada tem de estar a **FALSE** o que implica preencher o campo **Column Names**.
- ❑ **Column Names** indica os campos da tabela na qual os dados vão ser inseridos, e a ordem de entrada dos campos da tabela deve corresponder à ordem de entrada dos valores em **Insertion Values**.
- ❑ **Insertion** é a *string* de comando para executar a inserção dos dados na base de dados.

Build Query

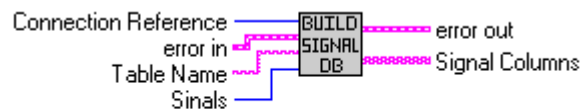
Cria a *query* para consulta à base de dados.

**Build Query.vi**

- ❑ **Expression** é a lista de campos que se pretende consultar da base de dados.
- ❑ **Table Name** é o nome da tabela na qual se pretende realizar a consulta.
- ❑ **Where Clause** é a cláusula que indica as restrições da consulta.
- ❑ **Group Clause** é a cláusula que indica como os dados consultados devem ser agrupados.
- ❑ **Having Clause** é a cláusula que indica as restrições ao agrupamento dos dados.
- ❑ **Order By Clause** é a cláusula que indica a ordem pela qual os dados devem ser apresentados.
- ❑ **Query** é a query a executar para executar a consulta.

Build Signal Statement

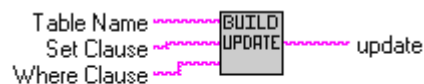
Cria a *string* contendo os campos para a criação de uma nova cópia de uma tabela.

**Build Signal Statement.vi**

- ❑ **Connection Reference** é a referência da conexão com a base de dados.
- ❑ **Table Name** é o nome da tabela da qual se pretende construir uma cópia.
- ❑ **Sinals** é o número de sinais presentes na nova tabela.
- ❑ **Signal Columns** é a *string* contendo os campos para construir a cópia da tabela.

Build Update

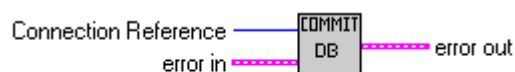
Cria o comando para realizar alterações aos dados já existentes na base de dados (*update*).

**Build Update.vi**

- ❑ **Table Name** é o nome da tabela na qual se pretendem realizar as alterações.
- ❑ **Set Clause** é a cláusula que indica quais os campos a alterar.
- ❑ **Where Clause** é a cláusula que indica quais as restrições a ter em conta nas alterações.
- ❑ **Update** é o comando a executar para realizar as alterações.

Commit

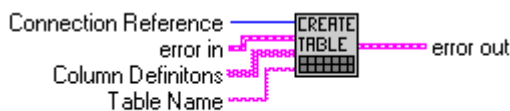
Realiza o *Commit* das alterações efectuadas na base de dados. Após a execução desta função, as alterações realizadas desde o início da transacção são permanentes.

**Commit DB.vi**

- ❑ **Connection Reference** é a referência da conexão com a base de dados.

Create Table

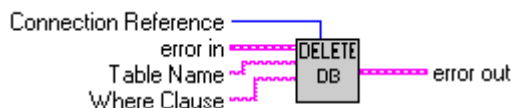
Cria uma nova tabela na base de dados.

**Create Table.vi**

- ❑ **Connection Reference** é a referência da conexão com a base de dados.
- ❑ **Column Definitions** é a *string* com os campos a criar na nova tabela (nome e tipo de dados).
- ❑ **Table Name** é o nome da tabela a criar.

Delete DB

Apaga informação da base de dados.

**Delete DB.vi**

- ❑ **Connection Reference** é a referência da conexão com a base de dados.
- ❑ **Table Name** é o nome da tabela da qual se vai apagar informação.
- ❑ **Where Clause** é a cláusula que indica as restrições a ter em conta no apagar da informação.

End Transaction

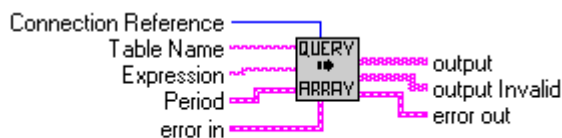
Termina uma transacção.

**End Transaction.vi**

- ❑ **Connection Reference** é a referência da conexão com a base de dados.
- ❑ **Transaction Correct** é um booleano que indica se não houve erros durante a transacção.

Execute Query

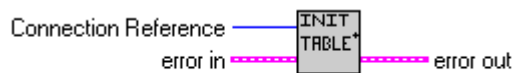
Executa uma *query* à base de dados.

**Execute Query.vi**

- ❑ **Connection Reference** é a referência da conexão com a base de dados.
- ❑ **Table Name** é o nome da tabela à qual se vai realizar a consulta.
- ❑ **Expression** é a *string* com os campos que se pretendem consultar.
- ❑ **Period** é o intervalo de tempo a considerar na consulta (*cluster* com data de início e data do fim).
- ❑ **Output** são os valores obtidos pela *query*.
- ❑ **Output Invalid** são os valores obtidos pela *query*, marcados na base de dados como inválidos.

Initialize Tables

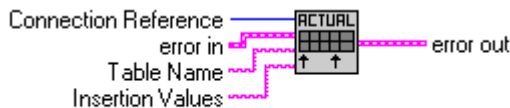
Cria novas cópias das tabelas anuais inicializadas a vazio.

**Initialize Tables.vi**

- ❑ **Connection Reference** é a referência da conexão com a base de dados.

Insert Actual Table

Insere valores na tabela actual, correspondente ao ano corrente, para um dado *CEM*.

**Insert Actual Table.vi**

- ❑ **Connection Reference** é a referência da conexão com a base de dados.
- ❑ **Table Name** é o nome da tabela em que se pretende inserir.
- ❑ **Insertion Values** são os valores que se pretendem inserir.

Insert Calibrations

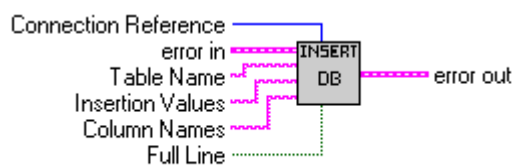
Insere ocorrências de calibrações na tabela respectiva da base de dados.

**Insert Calibrations.vi**

- ❑ **Calibrations** é a *string* com a informação relativa à calibração (*timeStamp*, caldeira, sinal e acção).
- ❑ **Manual** indica se a ordem da calibração a inserir é automática ou manual.
- ❑ **Inserted** é a indicação de que a calibração foi inserida. Retorna **TRUE** se foi bem inserida.

Insert DB

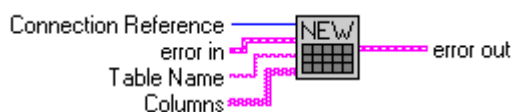
Insere valores numa tabela da base de dados.

**Insert DB.vi**

- ❑ **Connection Reference** é a referência da conexão com a base de dados.
- ❑ **Table Name** é o nome da tabela em que se pretende inserir valores.
- ❑ **Insertion Values** são os valores a inserir.
- ❑ **Column Names** é a *string* com os campos em que se pretendem inserir os valores. Só é necessário fornecer esta informação quando **Full Line** recebe **FALSE**.
- ❑ **Full Line** indica se o número de valores a inserir é igual ao número de campos da tabela.

New Table

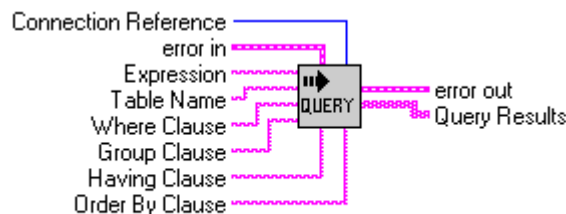
Cria uma nova tabela na base de dados.

**New Table.vi**

- ❑ **Connection Reference** é a referência da conexão com a base de dados.
- ❑ **Table Name** é o nome da tabela a criar.
- ❑ **Columns** é a informação dos campos a criar na tabela (nome e tipo de dados).

Query DB

Executa uma *query* à base de dados.

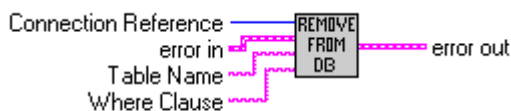


Query DB.vi

- ❑ **Connection Reference** é a referência da conexão com a base de dados.
- ❑ **Expression** é a *string* que contém os campos a consultar.
- ❑ **Table Name** é o nome da tabela a consultar.
- ❑ **Where Clause** é a cláusula que indica as restrições à consulta
- ❑ **Group Clause** é a cláusula que indica como os dados consultados devem ser agrupados.
- ❑ **Having Clause** é a cláusula que indica as restrições ao agrupamento dos dados.
- ❑ **Order By Clause** é a cláusula que indica a ordem pela qual os dados devem ser apresentados.
- ❑ **Query Results** retorna o resultado da consulta.

Remove From DB

Remove informação da base de dados.

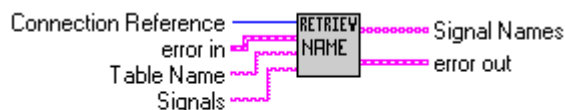


Remove From DB.vi

- ❑ **Connection Reference** é a referência da conexão com a base de dados.
- ❑ **Table Name** é o nome da tabela da qual se pretende apagar informação.
- ❑ **Where Clause** é a cláusula que indica quais as restrições a ter em conta na remoção da informação.

Retrieve BD_Names

Obtém da base de dados os nomes dos campos de uma tabela correspondentes aos sinais pedidos.

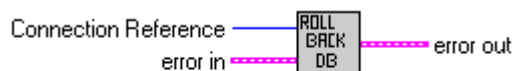


Retrieve BD_Names.vi

- ❑ **Connection Reference** é a referência da conexão com a base de dados.
- ❑ **Table Names** é o nome da tabela a consultar.
- ❑ **Signals** são os sinais para os quais se deseja saber os nomes dos campos.
- ❑ **Signal Names** são os nomes dos campos correspondentes aos sinais pedidos.

RollBack BD

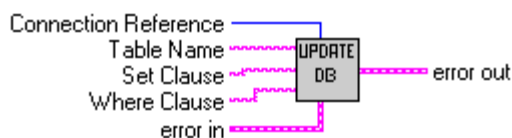
Realiza a operação de *RollBack*. Esta operação ocorre dentro de uma transacção e retorna o estado da base de dados ao início da transacção, desde que não tenha sido realizado nenhuma operação de *Commit*.

**RollBack DB.vi**

- ❑ **Connection Reference** é a referência da conexão com a base de dados.

Update DB

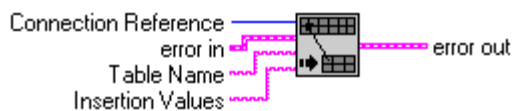
Realiza uma alteração numa tabela da base de dados.

**Update DB.vi**

- ❑ **Connection Reference** é a referência da conexão com a base de dados.
- ❑ **Table Name** é o nome da tabela na qual se vão realizar as alterações.
- ❑ **Set Clause** é a cláusula que indica quais as alterações a realizar.
- ❑ **Where Clause** é a cláusula que indica as restrições a considerar na alteração da tabela.

Update Main Table

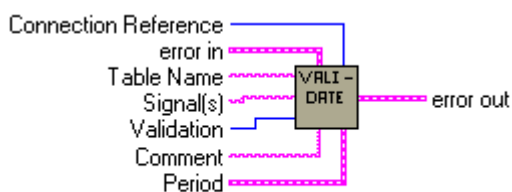
Atualiza a tabela principal da base de dados.

**Update Main Table.vi**

- ❑ **Connection Reference** é a referência da conexão com a base de dados.
- ❑ **Table Name** é o nome da tabela que contém a informação relativa às outras tabelas existentes. A informação guardada nesta tabela é relativa às tabelas de dados e aos anos a que elas reportam.
- ❑ **Insertion Values** são os valores a inserir na tabela principal, normalmente um par nome de tabela/ano.

Validations

Realiza alterações na tabela especificada, conforme se pretenda validar ou invalidar dados.

**Validations.vi**

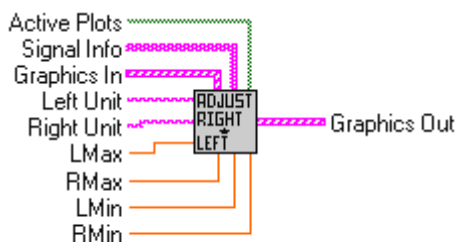
- ❑ **Connection Reference** é a referência da conexão com a base de dados.
- ❑ **Table Name** é o nome da tabela em que se vai invalidar/validar dados.
- ❑ **Signal(s)** são os sinais que se pretendem invalidar/validar.
- ❑ **Validation** é a indicação de validação ou invalidação.
- ❑ **Comment** é o comentário a inserir na tabela relativo a esta acção de validação/invalidação de dados.
- ❑ **Period** é o intervalo de tempo que se deseja validar/invalidar.

Utilitários

Nesta secção são descritos os VI's que realizam funções consideradas de utilização geral.

Adjust Right Scale

Este VI manipula os dados dos sinais com escala à direita, de modo a estarem coerentes com a escala.

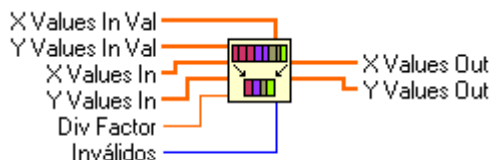


Adjust Right Scale.vi

- ❑ **Active Plots** indica quais os sinais seleccionados.
- ❑ **Signal Info** contém informação sobre os sinais disponíveis para selecção.
- ❑ **Graphics In** contém os dados dos sinais seleccionados.
- ❑ **Left Unit** é a unidade atribuída à escala da esquerda.
- ❑ **Right Unit** é a unidade atribuída à escala da direita.
- ❑ **Lmax** é o valor máximo apresentado pelos valores dos sinais atribuídos à escala da esquerda.
- ❑ **Rmax** é o valor máximo apresentado pelos valores dos sinais atribuídos à escala da direita.
- ❑ **Lmin** é o valor mínimo apresentado pelos valores dos sinais atribuídos à escala da esquerda.
- ❑ **Rmin** é o valor mínimo apresentado pelos valores dos sinais atribuídos à escala da direita.
- ❑ **Graphics Out** contém os dados dos sinais seleccionados, depois de terem sido alterados.

ArrangeInvValueArrays

Este VI agrupa os valores de entrada por médias, sejam elas horárias, diárias ou mensais e determina os valores como inválidos se 75% valores constituintes da média são inválidos.



ArrangeInvValueArrays.vi

- ❑ **X Values In Val** contém os dados inválidos (abscissas) relativos aos sinais seleccionados.
- ❑ **Y Values In Val** contém os dados inválidos (ordenadas) relativos aos sinais seleccionados.
- ❑ **X Values In** contém os dados (abscissas) relativos aos sinais seleccionados.
- ❑ **Y Values In** contém os dados (ordenadas) relativos aos sinais seleccionados.
- ❑ **Div Factor** é o factor que indica que tipo de média deve ser calculada (horária, diária ou mensal).
- ❑ **Inválidos** é o número de valores válidos mínimo para que uma média seja considerada válida.
- ❑ **X Values Out** contém os dados (abscissas) depois de calculadas as médias.
- ❑ **Y Values Out** contém os dados (ordenadas) depois de calculadas as médias.

ArrangeValueArrays

Este VI agrupa os valores de entrada por médias, sejam elas horárias, diárias ou mensais.



ArrangeValueArrays.vi

- ❑ **X Values In** contém os dados (abscissas) relativos aos sinais seleccionados.
- ❑ **Y Values In** contém os dados (ordenadas) relativos aos sinais seleccionados.

- ❑ **Div Factor** é o factor que indica que tipo de média deve ser calculada (horária, diária ou mensal).
- ❑ **X Values Out** contém os dados (abscissas) depois de calculadas as médias.
- ❑ **Y Values Out** contém os dados (ordenadas) depois de calculadas as médias.

Build Date String

Este VI constrói uma *string* com o par data/hora.



- ❑ **Date Info** é o *cluster* de informação descrito acima.
- ❑ **Date String** é a data/hora em formato *string*.

Build Day Period

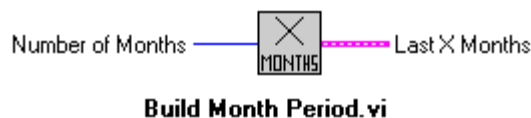
Este VI constrói uma *string* indicativa da data correspondente a n dias anteriores à data actual.



- ❑ **Number of Days** é o número de dias que se pretende recuar na data.
- ❑ **Last X Days** é a *string* com a data a obter.

Build Month Period

Este VI constrói uma *string* indicativa da data correspondente a n meses anteriores à data actual.



- ❑ **Number of Months** é o número de meses que se pretende recuar na data.
- ❑ **Last X Months** é a *string* com a data que se pretende obter.

Build Next Day Period

Este VI constrói uma *string* com a data actual somada de um dia.



- ❑ **Start Date** é a data actual.
- ❑ **Seconds** é o número de segundos a somar. Neste caso específico, é o equivalente a um dia.
- ❑ **End Date** é a *string* com a data que se pretende obter.

Build Report Period

Este VI determina a informação relativa a datas necessária para a criação de um relatório.



- ❑ **Report Type** é o tipo do relatório a criar.

- ❑ **Year** é o ano para o qual se podem criar relatórios.
- ❑ **Month** é o último mês (ou trimestre) para o qual é possível criar relatórios.
- ❑ **Years** são os anos existentes na base de dados e para os quais é possível criar relatórios.

Build Safe Date

Este VI constrói um *cluster* contendo um par de datas seguras, depois de introduzidas pelo operador.



- ❑ **Start Date** é a data inicial.
- ❑ **End Date** é a data final.
- ❑ **Limit** indica se em caso de datas inválidas à entrada deve retornar as últimas 48 horas.
- ❑ **Safe Period** é o *cluster* contendo o par de datas seguras.

Build Sig Files

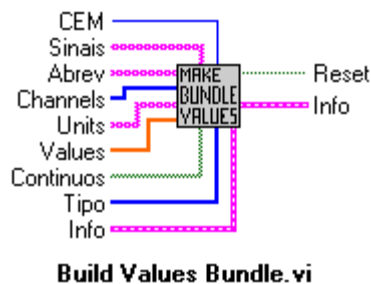
Este VI cria a *string* a ser escrita no ficheiro de configuração de cada posto. Cada um destes ficheiros tem informação sobre os sinais existentes, quais os canais a que estão atribuídos e se estão ou não a ser adquiridos.



- ❑ **Table Index** indica qual a caldeira a considerar.
- ❑ **Sig File** é a *string* a ser escrita no ficheiro.

Build Values Bundle

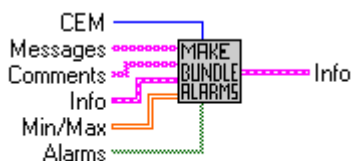
Este VI constrói o *cluster* de informação relativa aos sinais existentes para um determinado CEM.



- ❑ **CEM** indica qual o CEM a que se refere esta informação.
- ❑ **Sinais** contém os nomes dos sinais disponíveis neste CEM.
- ❑ **Abrev** contém as abreviaturas dos sinais existentes para este CEM.
- ❑ **Channels** contém os canais aos quais os sinais estão atribuídos.
- ❑ **Units** são as unidades dos sinais existentes.
- ❑ **Values** são os valores por omissão para os sinais que não estão a ser adquiridos.
- ❑ **Contínuos** indica quais os sinais que estão a ser adquiridos em contínuo.
- ❑ **Tipo** indica quais os sinais que são considerados primários e aqueles que são considerados secundários.
- ❑ **Info** é o *cluster* contendo a informação actual dos sinais deste CEM.
- ❑ **Reset** indica se houve alterações na informação mostrada no painel.
- ❑ **Info** (Saída) é o *cluster* contendo a informação actualizada dos sinais.

Build Values Bundle(2)

Este VI constrói o *cluster* de informação relativa aos alarmes dos sinais existentes para um determinado CEM.



Build Values Bundle(2).vi

- ❑ **CEM** indica qual o CEM a que se refere esta informação.
- ❑ **Messages** são as mensagens de erro de cada sinal, caso algum valor exceda os limites impostos.
- ❑ **Comments** são os comentários a inserir na base de dados quando ocorre um excesso de limite.
- ❑ **Info** é o *cluster* contendo a informação actual dos sinais deste CEM.
- ❑ **Min/Max** são os limites mínimos e máximos para cada sinal.
- ❑ **Alarms** indica se deve ocorrer um alarme ou aviso quando um sinal exceder um dos limites.
- ❑ **Info** (saída) é o *cluster* contendo a informação actualizada dos sinais.

Build Year Period

Este VI constrói a *string* indicativa da data correspondente a n anos anteriores à data actual.



Build Year Period.vi

- ❑ **Number of Years** é o número de anos que se pretende recuar na data.
- ❑ **Last X Years** é a *string* com a data que se pretende obter.

Check Date

Este VI verifica se a data de entrada é válida.



Check Date.vi

- ❑ **Check Date** é a data a verificar.
- ❑ **Date Check OK!** indica que a parte da *string* de entrada relativa à data está correcta.
- ❑ **Time Check OK!** indica que a parte da *string* de entrada relativa ao tempo está correcta.

Check Error Status

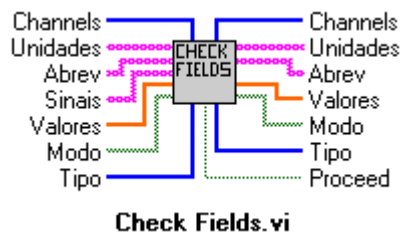
Este VI verifica se o *cluster* de erro relativo à conexão com a base de dados não indica ocorrência de erro. Caso se detecte um erro o operador é notificado e o *cluster* reinicializado.



Check Error Status.vi

Check Fields

Este VI verifica se os campos do painel de valores estão correctamente preenchidos.



- ❑ **Channels** contém a atribuição dos canais aos sinais.
- ❑ **Unidades** contém as unidades dos sinais.
- ❑ **Abrev** contém as abreviaturas dos sinais.
- ❑ **Sinais** contém os sinais disponíveis para este *CEM*.
- ❑ **Valores** contém os valores por omissão.
- ❑ **Modo** indica quais os sinais a ser adquiridos em contínuo e quais a ser inseridos por valor.
- ❑ **Tipo** indica quais os sinais primários e quais os secundários.
- ❑ **Channels** (Saída) contém a atribuição actualizada dos canais aos sinais.
- ❑ **Unidades** (Saída) contém as unidades actualizadas dos sinais.
- ❑ **Abrev** (Saída) contém as abreviaturas actualizadas dos sinais.
- ❑ **Valores** (Saída) contém os valores por omissão actualizados.
- ❑ **Modo** (Saída) indica quais os sinais a ser adquiridos em contínuo e quais a ser inseridos por valor.
- ❑ **Tipo** (Saída) indica quais os sinais primários e quais os secundários.
- ❑ **Proceed** indica o preenchimento válido dos campos.

Check for New Signals

Este VI verifica se um novo sinal introduzido não existe previamente na base de dados.



- ❑ **Table Name** é o *CEM* a pesquisar por novo sinal.
- ❑ **New Signals** é a lista dos sinais a verificar se contém algum novo sinal.
- ❑ **Actual Signals** é a lista dos sinais actuais.
- ❑ **Table Index** é o índice do *CEM*.

Contínuo

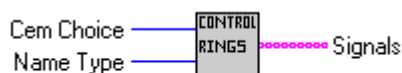
Este VI indica se um sinal de um determinado *CEM* está a ser adquirido em contínuo.



- ❑ **CEM** é o *CEM* a pesquisar.
- ❑ **Signal** é o nome do sinal a verificar.
- ❑ **Contínuo** indica se um sinal está a ser adquirido em contínuo.
- ❑ **Valor** é o valor por omissão caso não esteja a ser adquirido em contínuo.

Control Rings

Este VI retorna os sinais disponíveis para um dado *CEM*.

**Control Rings.vi**

- ❑ **Cem Choice** é o *CEM* a pesquisar.
- ❑ **Name Type** é o tipo de nome de sinal a retornar (completo, abreviatura ou legenda).
- ❑ **Signals** são os sinais disponíveis para o *CEM* indicado.

Convert Electric Physic

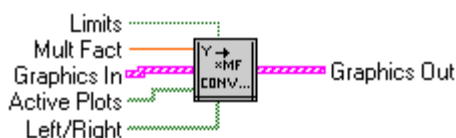
Este VI converte os valores recebidos em formato eléctrico (1-5 V ou 4-20 mA) em grandezas físicas.

**Convert Electric Physic.vi**

- ❑ **Raw Values** é a *string* contendo os valores em bruto a transformar.
- ❑ **Converted Values** é a *string* contendo os valores já transformados para grandezas físicas.

Convert Right Values

Este VI converte os valores dos sinais que estão atribuídos à escala da direita nos seus valores reais.

**Convert Right Values.vi**

- ❑ **Limits** indica se os limites dos sinais estão ligados.
- ❑ **Mult Fact** indica qual o factor de multiplicação a utilizar para obter os valores reais.
- ❑ **Graphics In** contém os valores dos sinais antes da conversão.
- ❑ **Active Plots** indica quais os sinais que estão seleccionados.
- ❑ **Left/Right** indica quais os sinais que estão atribuídos à escala da esquerda e da direita.
- ❑ **Graphics Out** contém os valores dos sinais depois de ter sido realizada a conversão.

Conversion

Este VI realiza o pré-processamento sobre os valores adquiridos (já em grandeza física).

**Conversion.vi**

- ❑ **Raw Values** são os valores (já em grandeza física) a serem processados.
- ❑ **Normal Values** são os valores depois de aplicadas as fórmulas de conversão.

Count Alarms

Este VI conta os alarmes ocorridos num período de tempo.

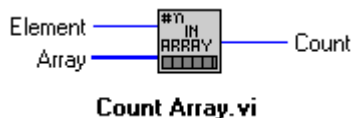
**Count Alarms.vi**

- ❑ **Alarms** são as ocorrências de alarmes/avisos num determinado período de tempo.
- ❑ **Alarms** é o número de alarmes.

- ❑ **Warnings** é o número de avisos.

Count Array

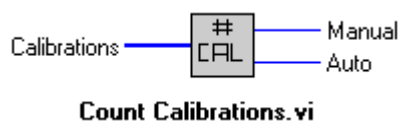
Este VI retorna o número de ocorrências de um determinado elemento num *array*.



- ❑ **Element** é o elemento a considerar.
- ❑ **Array** é o *array* a pesquisar.
- ❑ **Count** é o número de ocorrências do elemento.

Count Calibrations

Este VI conta as calibrações ocorridas num período de tempo.



- ❑ **Calibrations** são as ocorrências de calibrações ocorridas num período de tempo.
- ❑ **Manual** é o número de calibrações manuais.
- ❑ **Auto** é o número de calibrações automáticas.

Cut Zero Points

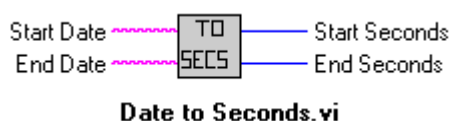
Este VI realiza o acerto dos pares de pontos a mostrar no gráfico.



- ❑ **Graphics In** contém os valores dos sinais a mostrar no gráfico.
- ❑ **Graphics Out** contém os valores dos sinais a mostrar no gráfico depois de realizado o acerto.

Date to Seconds

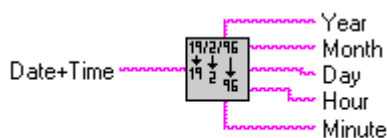
Este VI converte datas em formato *string* para formato decimal (número de segundos desde 1904).



- ❑ **Start Date** é a data inicial a converter.
- ❑ **End Date** é a data final a converter.
- ❑ **Start Seconds** é o número de segundos correspondente à data inicial.
- ❑ **End Seconds** é o número de segundos correspondente à data final.

Dismember Date_Time

Este VI recebe uma *string* com uma data e retorna os vários elementos da data.

**Dismember Date_Time.vi**

- ☐ **Date+Time** é a *string* contendo a data completa.
- ☐ **Year** é o ano da data recebida.
- ☐ **Month** é o mês da data recebida.
- ☐ **Day** é o dia da data recebida.
- ☐ **Hour** é a hora da data recebida.
- ☐ **Minute** são os minutos da data recebida.

Filter Signals

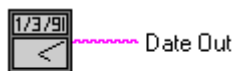
Este VI filtra os valores dos sinais a inserir na base de dados caso estejam a ser adquiridos por valor.

**Filter Signals.vi**

- ☐ **Table Name** é o nome do CEM.
- ☐ **Insertion Values** são os valores dos sinais a inserir na base de dados.
- ☐ **Filtered Values** são os valores depois de filtrados.
- ☐ **Filtered Signal Names** são os nomes dos sinais que foram filtrados.

Get Date

Este VI retorna a data do sistema em formato *string*.

**Get Date.vi**

- ☐ **Date Out** é a data do sistema.

Get File Number

Este VI verifica os ficheiros com nome similar já existentes numa directoria e determina um novo nome.

**Get File Number.vi**

- ☐ **File** é o nome do ficheiro a procurar.
- ☐ **File Out** é o novo nome de ficheiro.

Get Report Period

Este VI retorna os índices do ano e mês relativos à data actual, de acordo com o tipo de relatório a imprimir.

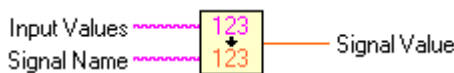
**Get Report Period.vi**

- ☐ **Years** são os anos existentes na base de dados.
- ☐ **Report Type** indica que tipo de relatório se pretende imprimir.

- ❑ **Year Index** é o índice do ano.
- ❑ **Month Index** é o índice do mês.

Get_Value

Este VI converte os valores recebidos para inserção na base de dados de formato *string* para formato decimal. Para o sinal Temperatura de Gases é somado 273 (conversão de K para graus C).



Get_Value.vi

- ❑ **Input Values** são os valores a inserir na base de dados.
- ❑ **Signal Name** são os sinais disponíveis para um determinado CEM.
- ❑ **Signal Value** são os valores a inserir transformados em decimais.

Insert Commas

Este VI recebe os nomes num *array* e converte-os em *string*, com os nomes separados por vírgulas.



Insert Commas.vi

- ❑ **Columns In** é o *array* com os nomes dos campos.
- ❑ **Comma String** é a *string* com os nomes dos campos separados por vírgulas.

Intersect

Este VI compara dois *arrays* de elementos e retorna um *array* com os elementos que são comuns a ambos.



Intersect.vi

- ❑ **Operand a** é um *array* com operandos.
- ❑ **Operand b** é um *array* com operandos.
- ❑ **Intersection** é o *array* com os operandos comuns aos dois *arrays* de entrada.

Messages_List

Este VI implementa o serviço de notificação do operador. Ao receber uma notificação, envia-a para a zona de informação no painel de visualização gráfica e regista no ficheiro de eventos.



Messages_List.vi

- ❑ **New Message** é a nova mensagem a mostrar no painel e a escrever no ficheiro de eventos.
- ❑ **Mode (Write)** indica o modo de escrita do ficheiro de eventos.
- ❑ **Reset?** Indica se se deve apagar toda a zona de informação.
- ❑ **Messages List** é a lista de mensagens a mostrar na zona de informação.

pwr_test

Este VI verifica o estado da UPS, através da consulta do seu registo de eventos.



Radio_Buttons

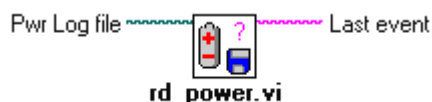
Este VI gere o funcionamento de um grupo de botões em que somente um deles pode estar seleccionado.



- ☐ **State** é o estado actual dos botões.
- ☐ **Reset?** indica se se deve desactivar todos os botões.
- ☐ **Current Out** é o estado actualizado dos botões.
- ☐ **Change?** Indica se houve alguma alteração no estado dos botões.
- ☐ **Index** indica o índice do botão seleccionado.

rd_power

Este VI obtém o último evento registado no ficheiro do eventos da UPS.



- ☐ **Power Log File** é o ficheiro de eventos da UPS.
- ☐ **Last Event** é o último evento que ocorreu relacionado com o funcionamento da UPS.

Read_File

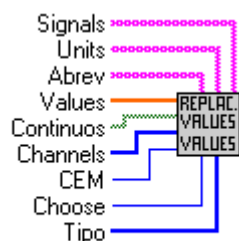
Este VI verifica se existe alguma nova linha de mensagem num determinado ficheiro, retornando-a se houver.



- ☐ **File** é o ficheiro a pesquisar.
- ☐ **Line** é a linha de mensagem existente no ficheiro.
- ☐ **New Data?** indica se há alguma linha de mensagem no ficheiro.

Replace Value Array

Este VI actualiza as variáveis globais contendo a informação sobre os sinais.



- ☐ **Signals** contém o nome dos sinais.
- ☐ **Units** contém as unidades dos sinais.
- ☐ **Abrev** contém as abreviaturas dos sinais.

- ❑ **Values** contém os valores por omissão para os sinais.
- ❑ **Contínuos** indica se os sinais estão a ser adquiridos em contínuo.
- ❑ **Channels** indica as atribuições dos sinais aos canais.
- ❑ **CEM** indica qual o *CEM* seleccionado.
- ❑ **Choose** indica qual a variável global a actualizar.
- ❑ **Tipo** indica qual o tipo dos sinais (primário/secundário).

Replace Value Array(2)

Este VI actualiza as variáveis globais contendo a informação sobre os alarmes dos sinais.

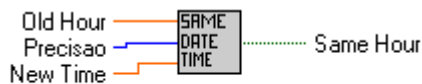


Replace Value Array(2).vi

- ❑ **Messages** contém as mensagens para cada sinal a mostrar em caso de erro.
- ❑ **Comments** contém os comentário por omissão a inserir na base de dados em caso de erro.
- ❑ **Min/Max** contém os limites mínimos e máximos para cada sinal.
- ❑ **Alarms** indica se uma anomalia num sinal deve gerar alarme ou apenas aviso.
- ❑ **CEM** indica qual o *CEM* seleccionado.
- ❑ **Choose** indica qual a variável global a actualizar.

Same Date_Time

Este VI verifica se duas datas/horas estão incluídas no mesmo intervalo de tempo. O intervalo de tempo é definido pela precisão.



Same Date_Time.vi

- ❑ **Old Hour** é a primeira data/hora a considerar.
- ❑ **Precisão** indica qual o intervalo de tempo.
- ❑ **New Time** é a segunda data/hora a considerar.
- ❑ **Same Hour** indica se os dois pares estão dentro do intervalo indicado pela precisão.

Split Date_Time

Este VI separa uma *string* contendo um par data/hora em duas *strings* contendo respectivamente a data e a hora.



Split Date_Time.vi

- ❑ **Date+Time** é a *string* contendo o par data/hora.
- ❑ **Date** é a *string* contendo a data.
- ❑ **Time** é a *string* contendo a hora.

Track Date

Este VI verifica as mudanças de ano para realizar as operações de criação das novas tabelas na base de dados.

**Track Date.vi**

Track Day

Este VI verifica as mudanças de dia para realizar as operações de execução da cópia de segurança diária.

**Track Day.vi**

Track Month

Este VI verifica se houve mudança de mês, para realizar diversas operações de actualização da base de dados, incluindo transferência de ficheiros com o sistemas AS/400.

**Track Month.vi**

Update Data String

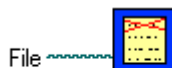
Este VI verifica se os dados recebidos e a inserir na base de dados estão dentro dos limites para cada um dos sinais e configura o modo de aquisição dos sinais secundários, caso estes excedam os limites.

**Update Data String.vi**

- ☐ **Data String** contém os valores recebidos para cada sinal e para serem inseridos na base de dados.
- ☐ **Changing** contém os sinais cujos valores excederam os limites.
- ☐ **New Data String** é a *string* com os valores já corrigidos para inserir na base de dados.

Update_File

Este VI retira uma linha de dados a um determinado ficheiro.

**Update_File.vi**

- ☐ **File** é o ficheiro ao qual se pretende retirar a linha.

Valid String

Este VI verifica se uma *string* está correctamente construída (não vazia e nem só com espaços em branco).

**Valid String.vi**

- ☐ **String In** é a *string* a verificar.
- ☐ **Valid String** indica se a *string* é válida.

Write User_Log

Este VI regista as entradas e saídas de operadores no sistema no respectivo ficheiro de eventos.

**Write User_log.vi**

- ❑ **User Name** é o operador que entrou ou saiu do sistema.
- ❑ **Write Login** é a permissão para o sistema escrever no ficheiro de eventos.
- ❑ **Login/Out** indica se o operador entrou ou saiu do sistema.

Interface com o Operador

Nesta secção é descrita a hierarquia de painéis de interface com o operador.

Entry Shell

Este VI implementa o painel de arranque do sistema.

**Entry Shell.vi**

Startup

Este VI implementa o painel que pede a *password* do sistema.



Password Check

Startup.vi

- ❑ **Password Check** indica se a *password* introduzida é válida.

Login

Este VI implementa o painel de *login*, onde o operador insere o seu identificador e a sua *password* de acesso.

**Login.vi**

- ❑ **Nome** é o nome do operador.
- ❑ **Password** é a *password* de acesso para aquele operador.
- ❑ **OK** indica se os campos estão devidamente preenchidos.
- ❑ **User Name** é o operador que entrou no sistema.
- ❑ **Password Check** indica se a *password* fornecida é válida.

Main

Este VI, cujo painel não é visível, efectua o *login* de operadores no sistema e chama o painel principal.

**Main.vi**

Principal

Este VI implementa o painel principal do sistema, a partir do qual são chamados os outros.

**Principal.vi**

Administração

Este VI implementa o painel de administração do sistema (*backup*, operadores, ficheiros e invalidação).

**Administracao.vi**

Configuração

Este VI implementa o painel de configuração de sistema (valores, alarmes, valores mensais e constantes).

**Configuracao.vi**

Calibrações

Este VI implementa o painel onde se processam as calibrações.

**Calibracoes.vi**

Gráfico

Este VI implementa o painel de visualização gráfica.

**Grafico.vi**

Relatório

Este VI implementa o painel onde o operador selecciona os relatórios a gerar.

**Relatorio.vi**

Backup

Este VI implementa o painel onde se executam as cópias de segurança (*backups*) dos dados do sistema.

**Backup.vi**

Ficheiro

Este VI implementa o painel onde se actualiza a base de dados via disquete proveniente dos clientes.

**Ficheiro.vi**

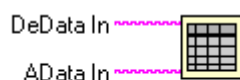
Invalidacao

Este VI implementa o painel onde se realizam as validações/invalidações de dados arquivados.

**Invalidacao.vi**

Lista Invalidacoes

Este VI implementa o painel onde são listadas as ocorrências de validações/invalidações.

**Lista Invalidacoes.vi**

- ☐ **DeData In** indica o início do período a considerar na listagem.
- ☐ **Adata In** indica o fim do período a considerar para a listagem.

Utilizador

Este VI implementa o painel onde se processa a gestão de operadores.

**Utilizador.vi**

Valores

Este VI implementa o painel onde se gere a informação relativa aos sinais dos CEM's.

**Valores.vi**

Alarmes

Este VI implementa o painel onde se gere a informação relativa aos alarmes dos sinais dos CEM's.

**Alarmes.vi**

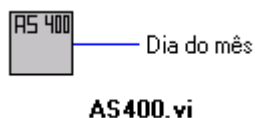
Valores Mensais

Este VI implementa o painel onde se introduz os valores mensais relativos à produção de papel.

**Valores Mensais.vi**

AS400

Este VI implementa o painel de consulta o sistema AS/400 para obter os valores da produção de papel.



- ❑ **Dia do Mês** é o dia do mês a utilizar na consulta ao AS400.

Constantes

Este VI implementa o painel onde se inserem algumas constantes do sistema.



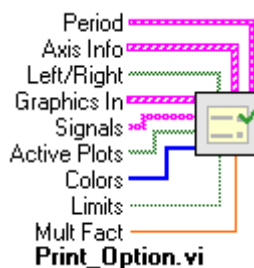
Parametros

Este VI implementa o painel onde se consultam os valores relacionados com os parâmetros de aquisição.



Print_Option

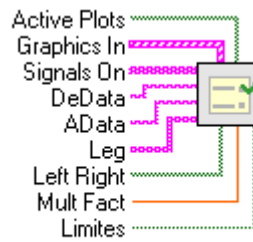
Este VI implementa o painel onde se escolhe que tipo de impressão a realizar.



- ❑ **Period** é o intervalo de tempo a que relatam os dados a imprimir.
- ❑ **Axis Info** contém informação sobre os eixos do gráfico (máximo, mínimo, incremento e unidade).
- ❑ **Left/Right** indica quais os sinais que estão atribuídos à escala da direita e da esquerda.
- ❑ **Graphics In** contém os dados relativos aos sinais seleccionados.
- ❑ **Signals** são os sinais disponíveis para selecção.
- ❑ **Active Plots** indica quais os sinais seleccionados.
- ❑ **Colors** contém informação sobre as cores de cada sinal.
- ❑ **Limits** indica se os limites estão ligados.
- ❑ **Mult Fact** é o factor de multiplicação necessário para corrigir os valores da escala da direita.

List_Option

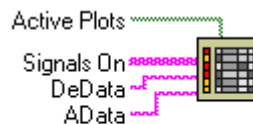
Este VI implementa o painel onde se escolhe que tipo de listagem a realizar.

**List_Option.vi**

- ☐ **Active Plots** indica quais os sinais seleccionados.
- ☐ **Graphics In** contém os dados relativos aos sinais seleccionados.
- ☐ **Signals On** são os sinais disponíveis para selecção.
- ☐ **DeData** é a data de início do período de tempo a listar.
- ☐ **Adata** é a data do fim do período de tempo a listar.
- ☐ **Leg** são as legendas correspondentes aos sinais disponíveis (utilizado para escolha múltipla).
- ☐ **Left Right** indica quais os sinais que estão atribuídos à escala da esquerda e da direita.
- ☐ **Mult Fact** é o factor de multiplicação necessário para corrigir os valores da escala da direita.
- ☐ **Limites** indica se os limites estão ligados.

Lista Alarmes

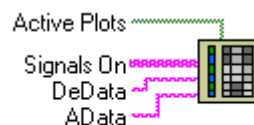
Este VI implementa o painel onde se listam os alarmes/avisos para um determinado período de tempo.

**Lista Alarmes.vi**

- ☐ **Active Plots** indica quais os sinais seleccionados.
- ☐ **Signals On** são os sinais disponíveis para selecção.
- ☐ **DeData** é a data de início do período de tempo a considerar para a listagem.
- ☐ **Adata** é a data do fim do período de tempo a considerar para a listagem.

Lista Calibracoes

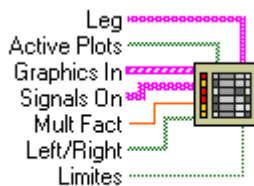
Este VI implementa o painel onde se listam as calibrações para um determinado período de tempo.

**Lista Calibracoes.vi**

- ☐ **Active Plots** indica quais os sinais seleccionados.
- ☐ **Signals On** são os sinais disponíveis para selecção.
- ☐ **DeData** é a data de início do período de tempo a considerar para a listagem.
- ☐ **Adata** é a data do fim do período de tempo a considerar para a listagem.

Lista Valores

Este VI implementa o painel onde se listam os valores dos sinais para um determinado período de tempo.

**Lista Valores.vi**

- ☐ **Leg** são as legendas correspondentes aos sinais disponíveis (utilizado para escolha múltipla).
- ☐ **Active Plots** indica quais os sinais seleccionados.
- ☐ **Graphics In** contém os valores dos sinais seleccionados.
- ☐ **Signals On** são os sinais disponíveis para selecção.
- ☐ **Mult Fact** é o factor de multiplicação necessário para corrigir os valores da escala da direita.
- ☐ **Left/Right** indica quais os sinais atribuídos à escala da direita e da esquerda.
- ☐ **Limites** indica se os limites estão ligados.

Ask_Params

Este VI implementa o painel de escolha múltipla de CEM's.

**Ask_Params.vi**

- ☐ **Signals_BD** são os sinais disponíveis para selecção.
- ☐ **Expressao** é a expressão a aplicar aos sinais seleccionados.
- ☐ **Units** é a unidade do sinal resultante da aplicação da expressão.
- ☐ **Signals_Leg** são os nomes dos sinais a mostrar no gráfico.

Alarms

Este VI implementa o painel onde as ocorrências de alarmes são mostradas para o operador do sistema.

**Alarms.vi**

Ack_Alarms

Este VI implementa o painel onde o operador pode alterar o comentário associado a um alarme.

**Ack_Alarms.vi**

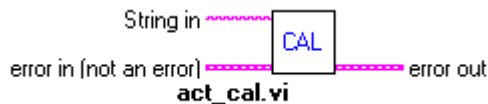
- ☐ **Mensagem** é o comentário actual mostrado no painel dos alarmes.
- ☐ **Mensagem out** é o novo comentário a inserir na base de dados e mostrado no painel dos alarmes.

Nível Cliente – Interface com o equipamento

Nesta secção são descritos os VT's de interface com o sistema de aquisição de dados do nível cliente.

act_cal

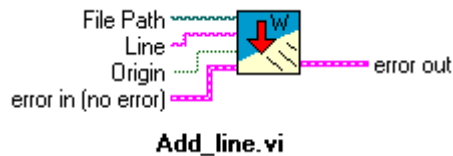
Este VI actua o sinal de calibração de sensores.



- ❑ **String in** é uma *string* que contém a mensagem ordenada pelo servidor.

Add_line

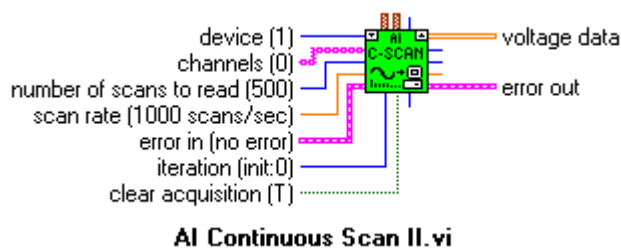
Este VI escreve uma linha no fim do ficheiro designado em **File Path**.



- ❑ **File Path** indica o ficheiro que vai ser actualizado.
- ❑ **Line** é a linha que vai ser adicionada ao ficheiro.
- ❑ **Origin** indica a origem da mensagem (calibração ou DAQ).

AI Continuous Scan II

Este VI configura e executa a aquisição de dados.



- ❑ **device** identifica a placa de aquisição de dados.
- ❑ **channels** identifica os canais para aquisição de dados.
- ❑ **number of scans to read** permite configurar quantas amostras são adquiridas de cada vez.
- ❑ **scan rate** define o ritmo de amostragem.
- ❑ **iteration** serve para indicar se o sistema deve configurar a placa ou somente ler os valores.
- ❑ **clear acquisition** liberta os recursos utilizados para fazer aquisição de dados.

avgs2tx

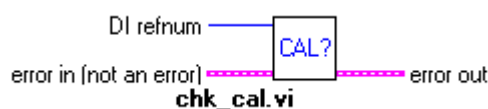
Este VI calcula as médias dos valores dos últimos 15 minutos.



- ❑ **samples** é um *array* com os valores numéricos adquiridos pelos vários canais.
- ❑ **T_stamp string in** é uma *string* com a identificação horária dos respectivos valores.

chk_cal

Este VI monitoriza as calibrações efectuadas pelos equipamentos e constrói a notificação a enviar ao servidor.



- ❑ **DI refnum** é um identificador da porta de entradas digitais.

chk_file

Este VI verifica se um ficheiro existe, e pode criá-lo ou inicializar a vazio.



- ❑ **Program Path** é o directório onde se encontra ou se deve criar o ficheiro.
- ❑ **File to check** é o nome do ficheiro a verificar.
- ❑ **Clear File?** é um booleano que indica se o ficheiro deve ser inicializado a vazio caso exista.

get_hm

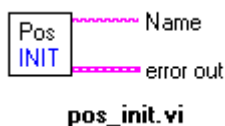
Este VI obtém dados relativos à identificação horária do sistema.



- ❑ **Hours** devolve a hora actual.
- ❑ **Minutes** devolve o minuto actual.
- ❑ **seconds** devolve o segundo actual.
- ❑ **Day** devolve o dia corrente.
- ❑ **Month** devolve o mês corrente.
- ❑ **Year** devolve o ano corrente.

pos_init

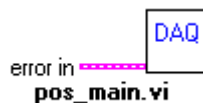
Este é o VI de inicialização do posto e lê os ficheiros de inicialização (conf/pos_cfg.ini e conf/pos_sig1.txt)



- ❑ **Name** devolve o nome do *CEM* actual (CR, CA ou FC por extenso).

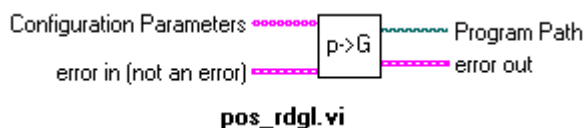
pos_main

Este VI é o principal das funções de aquisição de dados. É responsável por gerir a configuração, calibração, leitura, arquivo em ficheiros, tratamento de erros, calibrações, entre outras funções. Ao iniciar a aplicação, esta vai esperar até ao primeiro múltiplo de 15 minutos para sincronização e depois mais 15 minutos para aquecimento do equipamento de aquisição. Depois entra num período mínimo de 15 minutos de calibração, até atingir uma hora certa (Ex. 15h00'), altura a partir da qual o sistema inicia a aquisição de dados.



pos_rdgl

Este VI é responsável por ler os parâmetros de configuração guardá-los na variável global pos_glob.VI.



- ❑ **Configuration Parameters** contém uma lista de parâmetros a ler do ficheiro.
- ❑ **Program Path** devolve a localização actual da aplicação.

pos_rdsq

Este VI lê o ficheiro de configuração dos sinais, actualizado pelo nível servidor (pos_sig1.txt).



- ❑ **Signals Name** indica o nome do sinal.
- ❑ **Signals Mode** indica se o sinal está a ser adquirido em contínuo ou por valor.
- ❑ **Signals Lines** representa o ficheiro lido.

procddata

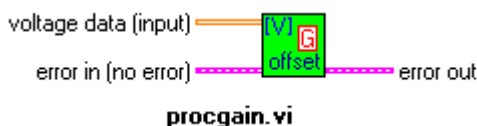
Este VI corrige os erros de aquisição (medidos durante a fase de calibração) e converte os valores medidos de tensão (1-5 V) em corrente (4-20 mA). Também é responsável pela representação gráfica.



- ❑ **voltage data (input)** recebe um *array* com os valores adquiridos pela placa de aquisição.
- ❑ **current data (output)** devolve os dados convertidos.
- ❑ **T_Stamp string** é a identificação temporal do respectivo conjunto de dados.

procgain

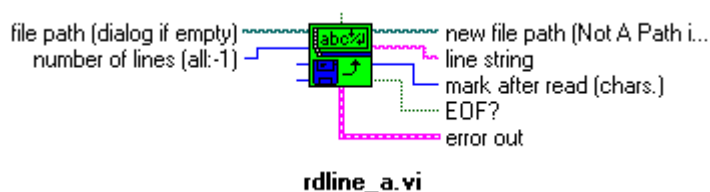
Este VI calcula o erro de medição durante a fase de calibração do equipamento.



- ❑ **voltage data (input)** recebe um *array* de valores adquiridos durante a fase de calibração.

rdline_a

Este VI serve para ler linhas de um ficheiro.



- ❑ **file path** indica a localização do ficheiro.
- ❑ **number of lines** indica o número de linhas a ler.
- ❑ **new file path** devolve a localização do ficheiro.

- ❑ **line string** devolve a(s) linha(s) lidas do ficheiro.
- ❑ **mark after read** indica a localização no ficheiro do fim do conjunto de caracteres lido.
- ❑ **EOF** devolve *TRUE* se se tentou ler para o lá do fim do ficheiro.

read_ini

Este VI obtém os parâmetros de configuração de um ficheiro .INI.



- ❑ **Configuration Lines** são as linhas com o conteúdo do ficheiro.
- ❑ **Configuration Items** é a lista de itens.
- ❑ **Configuration Parameters** é a lista de parâmetros retornados.

scxi_ch

Este VI constrói a *string* de identificação dos canais a adquirir dados a partir da lista de sinais.



- ❑ **Signals Mode** é uma lista com a identificação do tipo de canais (contínuo ou por valor).
- ❑ **channels (0)** é um *array* de *strings* para indicar aos VTs de aquisição de dados os canais a ler.

wri_tx

Este VI constrói a *string* de dados a ser enviada para o servidor no ficheiro de transmissão de dados.



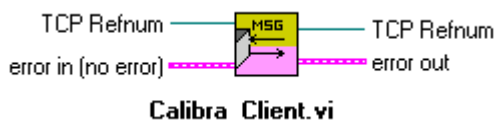
- ❑ **voltage data** é um *array* com os valores lidos de cada canal, depois de efectuada a média.
- ❑ **T_Stamp string in** é uma *string* com a identificação temporal.
- ❑ **String to File** é a *string* a escrever no ficheiro.

Nível Cliente - Utilitários

Nesta secção são descritos os VTs que implementam as funcionalidades do posto.

Calibra_Client

Este VI gere as ligações TCP/IP com o servidor de calibrações.



- ❑ **TCP Refnum** é o identificador da ligação TCP/IP estabelecida com o servidor.
- ❑ **TCP Refnum (saida)** é uma cópia do parâmetro de entrada **TCP Refnum**.

Client_Initialization

Este VI inicializa as variáveis globais usadas em todos os VTs do cliente.



Debug

Este VI verifica um conjunto de variáveis demonstrativas do estado do cliente (não acessível pelo operador).



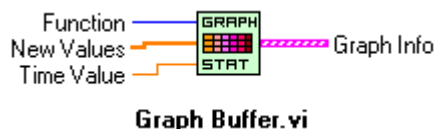
EcoMonitor - Remote

Este é o VI principal do nível cliente.



Graph Buffer

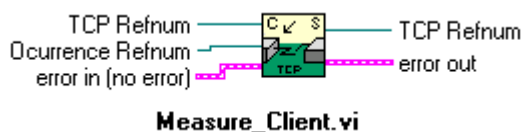
Este VI gere a apresentação gráfica com registo histórico do nível cliente.



- ❑ **Function** especifica qual a operação a efectuar no *array* de valores (*reset*, *read* ou *insert*).
- ❑ **New Values** é um *array* que contem os novos valores medidos para serem guardados.
- ❑ **Time Value** é o valor em segundos da data e hora em que os valores em **New Values** foram obtidos.
- ❑ **Graph Info** contém toda a informação necessária para representar o gráfico no painel de interface.

Measure_Client

Este VI efectua a transferência das medições para o servidor e sincroniza a hora do nível cliente.



- ❑ **TCP Refnum** é o número identificador da conexão TCP/IP com o servidor.
- ❑ **Occurrence Refnum** é o identificador da *ocurrence* usada na manipulação dos tempos de espera.
- ❑ **TCP Refnum (saida)** é uma cópia do parâmetro de entrada **TCP Refnum**.

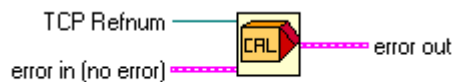
pos_glob

Este VI guarda as variáveis globais utilizadas pela aplicação cliente.



Report_Calibration

Este VI envia as monitorizações de calibração ao servidor.

**Report_Calibration.vi**

- ❑ **TCP Refnum** é o número identificador da conexão TCP/IP com o servidor.

Save_File

Este VI efectua uma cópia do ficheiro que contém as medições do cliente para uma disquete.

**Save_File.vi**

Timer

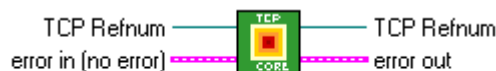
Este VI implementa um alarme sobre a *occurrence* de entrada.

**Timer.vi**

- ❑ **Set Alarm Time?** indica se o tempo de espera é redefinido por **New Time**.
- ❑ **New Time** é o novo tempo de espera a ser atribuído ao alarme.
- ❑ **Occurrence to be Set** é o identificador da *occurrence* sobre a qual o alarme vai funcionar.
- ❑ **Current Alarm Time** é um indicador que fornece o tempo de espera actual no alarme.

Timing

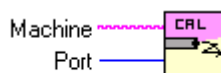
Este VI gere os tempos de espera, condições de saída e gestão das *occurrences* do cliente TCP/IP.

**Timing.vi**

- ❑ **TCP Refnum** é o número identificador da conexão TCP/IP com o servidor.
- ❑ **TCP Refnum (saída)** é uma cópia do parâmetro de entrada **TCP Refnum**.

Transmit_Calibra

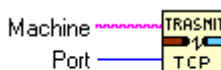
Este VI estabelece a ligação TCP/IP para o envio e recepção das mensagens relacionadas com as calibrações.

**Transmit_Calibra.vi**

- ❑ **Machine** é o nome da máquina onde se encontra o servidor.
- ❑ **Port** é o numero do porto para se ligar ao serviço das calibrações no servidor.

Transmit_Measure

Este VI estabelece a ligação TCP/IP para o envio e recepção das mensagens relacionadas com as medições.

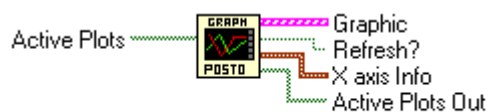
**Transmit_Measure.vi**

- ❑ **Machine** é o nome da máquina onde se encontra o servidor.

- ❑ **Port** é o número do porto para se ligar ao serviço das medições no servidor.

Update_Graph

Este VI actualiza o gráfico de acordo com o estado dos botões de sinal carregados.



Update_Graph.vi

- ❑ **Active Plots** é um *array* que representa os estado dos botões dos sinais a serem visualizados.
- ❑ **Graphic** é um *cluster* com a informação a ser representada no gráfico.
- ❑ **Refresh?** Diz quando se deve fazer a actualização do gráfico.
- ❑ **X axis Info** é um *cluster* que contem a coordenada inicial e final (em segundos) do eixo horizontal.
- ❑ **Active Plots Out** é o *array* que contem o estado final e válido dos botões dos sinais.

APÊNDICE E - CRONOGRAMA DE TAREFAS

CRONOGRAMA DE TAREFAS DE EXECUÇÃO DO PROJECTO	154
--	------------