

Programa PRODEP
Subprograma 4, Medida 4.3
Estágio nº 3.4

Realizado por Nídia de Sá Caetano no âmbito do
projecto:

**Desenvolvimento de um protocolo de
aquisição de dados, em plataforma
Macintosh, destinado ao controlo em
tempo real de sistemas complexos**

Data de realização do estágio: 1 de Outubro a 31 de Dezembro de 1992

4/
GG(049.3)/LER 1992/CAEN
13 10 09

PARECER

RELATIVO AO ESTÁGIO REALIZADO PELA ENG. NÍDIA DE SÁ CAETANO NO ÂMBITO DO PROGRAM PRODEP

O trabalho desenvolvido pela Eng. Nídia de Sá Caetano, no estágio intitulado "DESENVOLVIMENTO DE UM PROTOCOLO DE AQUISIÇÃO DE DADOS, EM PLATAFORMA MACINTOSH, DESTINADO AO CONTROLO EM TEMPO REAL DE SISTEMAS COMPLEXOS", no âmbito do Programa PRODEP, durante os meses de Outubro a Dezembro de 1992, na empresa POLÓNIO BASTO & C^a LDA, demonstrou que a estagiária possui capacidades científicas e técnicas de bom nível, pelo que damos parecer favorável ao trabalho realizado.

Porto, 7 de Outubro de 1993

O Orientador da Universidade



José Miguel Loureiro

(Dr. Eng. Químico, Prof. Associado)

O Orientador da Empresa



Paulo António Basto da Silva Pimenta

(Eng. Civil, Director de Sistemas de Informação)

Sumário

O projecto em causa envolve o desenvolvimento de um programa de aquisição de dados e envio de sinais em ambiente Macintosh, cuja execução foi escalonada em duas fases :

- 1º Aquisição de dados e envio de sinais analógicos e digitais
- 2º Controlo de um sistema já existente

No estágio de que se apresenta este relatório, foi concluída a 1ª fase do projecto.

A 2ª fase do projecto foi apenas executada em fase de testes com um algoritmo de controlo simplificado.

Do trabalho desenvolvido neste estágio, resultou o programa **ControlRP**, constituído por um conjunto de rotinas agrupadas em vários subprogramas, de acordo com as diversas funções a que se destinam.

O sistema que serviu de base ao trabalho proposto foi uma instalação de síntese de MTBE - éter terc-butil metílico - em reactor de leito fixo, já existente.

Apresenta-se neste relatório uma descrição do equipamento constituinte da instalação de apoio ao trabalho bem como uma breve descrição do modo de operação.

A estrutura do programa desenvolvido encontra-se também descrita, brevemente, neste trabalho.

Nidia de S. Rebelo

Descrição da instalação usada nos testes do programa ControlRP

Para testar as diversas funções do programa **ControlRP** no controlo de um sistema complexo, foi utilizada uma instalação para a síntese de MTBE em reactor de leito fixo (figura 1) - existente no LSRE, no Dep. Eng. Quím. da Fac. de Eng. da Univ. do Porto - instalação essa que é constituída pelos seguintes equipamentos :

- 1** - Um depósito para a mistura reagente, com capacidade de 20 dm³. Este depósito dispõe de orifícios para carga, descarga, medição da pressão e pressurização;
- 2** - Um depósito com capacidade de 20 dm³ para o produto final, dispondo de orifícios para carga e descarga;
- 3** - Dois depósitos para a água de arrefecimento, com capacidades de 200 dm³. Um dos depósitos recebe água fria e, o outro, permite obter uma reserva de água aquecida;
- 4** - Uma bomba de diafragma para carga dos depósitos de reagentes;
- 5** - Dois medidores térmicos de caudal (mássico) de gases, calibrados para 0-200 mln/min e 0-500 mln/min (BROOKS - modelo 5810N), fornecendo um sinal de 0 a 5 VDC;
- 6** - Um caudalímetro de turbina (SERVOFLUX - modelo SFR), para a água de arrefecimento do reactor, fornecendo um sinal de 0 a 10 VDC;
- 7** - Termopares (13) com diâmetro de 1/16 in, tipo K (OMEGA - modelo TJ36CASS), colocados ao longo do reactor de leito fixo e ainda à entrada e à saída do circuito de arrefecimento;
- 8** - Válvulas de 3 vias (WHITEY - 14315) com ligações 1/4 in, de actuação manual, para orientação dos fluídos a manobrar (água de aquecimento / arrefecimento);
- 9** - Válvulas de 2 vias (WHITEY - 14317) com ligações 1/4 in, de actuação manual, para abertura e fecho das linhas de alimentação a depósitos e reactor;
- 10** - Dois transdutores de pressão (KULITE - modelo XTM 190) com gamas de operação de 250 psi, fornecendo um sinal de 0 a 75 mV;
- 11** - Duas válvulas de controlo para os reagentes e produto (BROOKS, com $K_v = 0.044$ - modelo 5836N);
- 12** - Duas válvulas anti-retorno a colocar na linha de introdução do hélio no depósito de reagentes e dos reagentes no reactor (HOKE - modelo

6133G4Y);

- 13** - Uma válvula de controlo proporcional com actuador eléctrico, com $K_v = 0.1$ - fornecendo até 100 l/h (JONHSON CONTROLS);
- 14** - Duas bombas centrífugas para a água de aquecimento e arrefecimento;
- 15** - Duas resistências de aquecimento (1500 W) para o depósito de água quente do circuito de arrefecimento;
- 16** - Um reactor tubular com comprimento de 1m (comprimento útil ocupado pela resina Amberlyst 18 que catalisa a reacção) e diâmetro interno de 1 polegada, com camisa para circulação de fluído de arrefecimento, dividida em duas secções. O reactor dispõe de 11 orifícios ao longo da parede para colocação dos termopares;
- 17** - Um microcomputador MACINTOSH II, com disco de 40 Mbyte, um drive de 720 Kbyte e memória central de 9 Mbyte;
- 18** - Uma placa de aquisição e controlo com 16SE/8DI (Single ended / Differential input) entradas analógicas, 2 saídas analógicas, 16 linhas de input/output digital e ganho programável de 1, 10, 100 e 500 - DATA TRANSLATION, DT2211-PGL;
- 19** - Uma placa para ligações que permite utilizar 16 entradas analógicas "single ended" a partir de sinais diferenciais - DATA TRANSLATION, DT756-Y. Esta placa dispõe de ganhos seleccionáveis de 100, 125 e 150;
- 20** - Uma placa para ligações de saídas analógicas e input/output digital - DATA TRANSLATION, DT752;
- 21** - Fonte de tensão estabilizada (0-50V);
- 22** - Sistemas de protecção das placas de aquisição e controlo, construídos como interfaces de ligação entre os diversos aparelhos e as placas de aquisição;
- 23** - Balança SARTORIUS U3600;
- 24** - Duas válvulas de solenóide (on/off) - ASCO;
- 26** - Uma válvula manual de agulha, HOKE, 1/8 in;
- 25** - Uniões diversas.

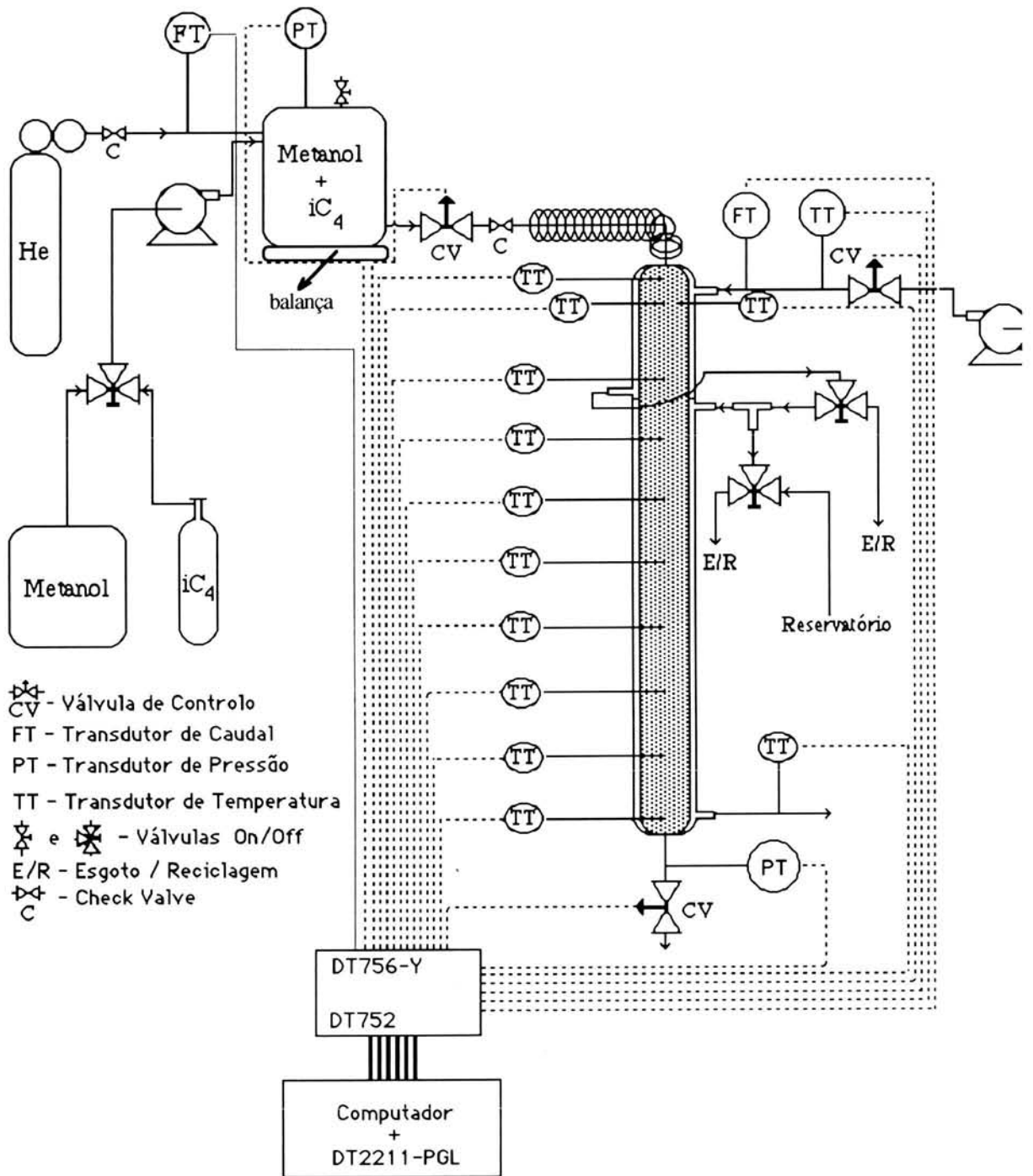


Figura 1 - Esquema da instalação de leito fixo para síntese de MTBE na fase líquido

Descrição do sistema de carga e preparação dos reagentes

A alimentação dos reagentes ao reactor é feita a partir de um depósito com capacidade de 20 dm³. A carga de metanol para este depósito é feita por pesagem. O isobuteno é introduzido neste depósito por intermédio de uma bomba de diafragma (Cole Parmer).

O depósito de reagentes dispõe ainda de um transdutor de pressão.

Embora a preparação da mistura reagente seja feita manualmente, há a possibilidade de a fazer automaticamente. Para tal seria necessário utilizar uma balança com saída analógica de sinal bem como um número adicional de válvulas de solenóide (on/off).

Entre a bomba de diafragma e o reservatório de reagentes, há uma válvula on/off manual.

A mistura reagente é alimentada ao reactor recorrendo-se ao hélio como fonte de pressão ao depósito.

A determinação do caudal volumétrico de mistura alimentada ao reactor é feita por medição da quantidade de hélio introduzido no depósito de reagentes, através do sinal lido por um medidor mássico de caudais - thermal mass flowmeter. Assim, há no topo do depósito de reagente uma ligação para a tubagem de transporte do hélio.

Na garrafa de hélio pressurizado, utiliza-se um manoredutor (modelo LTHS - 250, Ar Líquido). À saída do redutor, existe um "Thermal mass flowmeter" para gases e, entre este medidor e o depósito de reagente, há também uma válvula anti-retorno.

A saída da mistura reagente é feita pelo fundo do depósito. Neste orifício de saída existe um filtro de modo a reter, não só o peneiro molecular que se introduziu dentro do depósito para secar vestígios de água no metanol, como também quaisquer poeiras que poderiam provocar entupimentos das válvulas seguintes.

A regulação do caudal de mistura alimentada ao reactor é feita por recurso a uma válvula de controlo proporcional, com solenóide, actuada electricamente (Brooks, modelo 5836N, $K_v = .044$). Entre esta válvula e o topo do reactor há ainda uma válvula anti-retorno.

Descrição do sistema de descarga do reactor

O caudal de produto de reacção é controlado, à saída do reactor, por via de um transdutor de pressão e de uma válvula de controlo proporcional, com solenóide, actuada automaticamente (Brooks, modelo 5136N, $K_V = .044$).

A depressurização do produto de reacção é feita recorrendo a um tubo capilar e uma válvula de agulha.

O produto de reacção, depois de depressurizado, é armazenado num reservatório com capacidade de 20 dm^3 .

Descrição pormenorizada do reactor

✓ $0.23 \cdot 4 \text{ in} = (1 \text{ in})?$
O reactor é um tubo com 27.8 mm de diâmetro interno e 1m de comprimento útil (para carga de catalisador). Este tubo dispõe de uma camisa externa para circulação de fluído, dividida em duas zonas que, conseqüentemente, tem dois orifícios para entrada e dois orifícios para saída do fluído de aquecimento / arrefecimento.

O reactor e a camisa são em aço inoxidável.

Ao longo do reactor há 11 orifícios com diâmetro interno de 1/16 in, para colocação de termopares. Os termopares estão todos colocados no eixo do reactor, excepto um que é utilizado para medir a temperatura numa posição radial afastada do centro do reactor.

O reactor fecha em ambas as extremidades com flanges. Em ambas as extremidades do reactor há também filtros para retenção da resina. Estes filtros são amovíveis para facilitar a limpeza e carga e descarga da resina ao reactor.

Descrição do sistema de arrefecimento / aquecimento do reactor

O fluído de aquecimento / arrefecimento do reactor é a água.

Há dois depósitos com capacidade de 200 dm^3 cada, com água quente (cerca de 80°C) e água fria (temperatura ambiente).

A água quente é bombada, com uma bomba centrífuga, para a camisa do reactor.

O caudal volumétrico de água é medido por um medidor de dupla turbina (Servoflux, modelo SFR, 120 dm³/h) sendo controlado por uma válvula de controlo proporcional, de actuação eléctrica (Johnson Controls, K_V = 0.1).

A água é alimentada à primeira parte da camisa do reactor, em co-corrente com os reagentes. Parte da água que sai desta zona da camisa é realimentada à segunda secção da mesma, também em co-corrente com os reagentes.

A água que sai desta secção da camisa, volta ao reservatório de água quente, bem como uma pequena quantidade de água fria que é adicionada a este reservatório.

A ligação entre as duas secções da camisa é feita com dois TTT e duas válvulas on/off de comando eléctrico (solenóide) - ver figura 2.

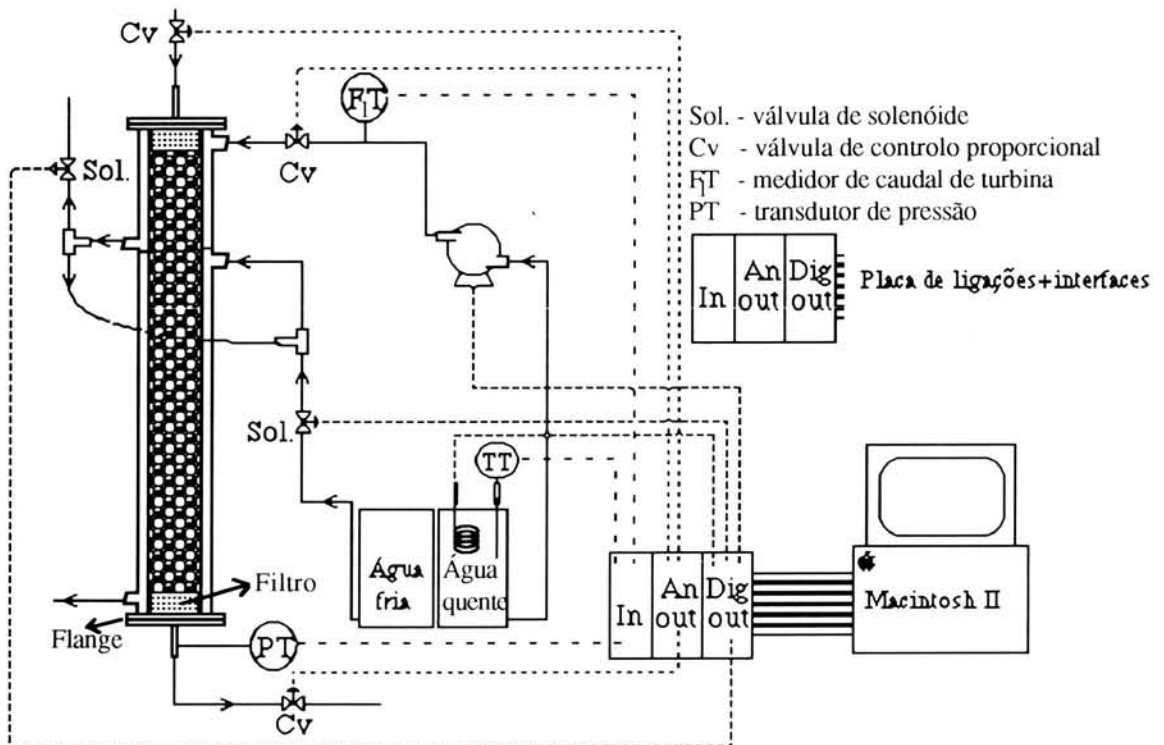


Figura 2 - Sistema de controlo de um reactor de leito fixo

Descrição do sistema de controlo do reactor

O controlo do reactor é feito com duas válvulas de controlo proporcional de solenóide (Brooks, modelo 5136N, $K_V = 0.044$), uma válvula de controlo proporcional de actuação eléctrica (Johnson Controls, $K_V = 0.1$), dois transdutores de pressão (Kulite, modelo XTM 190), um medidor de caudal de líquidos, de turbina (Servoflux, modelo SFR), um medidor térmico de caudal mássico de gases (Brooks, modelo 5810N) e termopares do tipo K (Omega, modelo TJ36CASS).

Estes instrumentos estão ligados a placas de aquisição e controlo (DT2211-PGL) colocadas num computador Macintosh II por intermédio de placas de interface e das placas de ligação DT756-Y e DT752 - figura 2.

O programa **ControlRP** que será descrito posteriormente, gere os diversos equipamentos de controlo e aquisição de sinais.

Descrição do modo de operação da instalação para produção de MTBE em reactor de leito fixo

O reactor de leito fixo deverá operar a temperaturas de 50 a 80 °C, o que levanta um problema, a eventual vaporização do isobuteno.

Na verdade, a 10 bar, a temperatura de ebulição do isobuteno é de 70 °C pelo que, se em qualquer ponto do reactor a temperatura exceder os 70 °C e a pressão for igual ou inferior a 10 bar, ocorrerá a vaporização parcial do isobuteno o que conduzirá a uma redução da velocidade da reacção e, portanto, a um atraso na localização do ponto quente. Deixaremos de poder considerar um reactor de leito fixo com duas fases para nos concentrarmos num *trickle bed* (com 3 fases, se considerarmos o catalisador).

Assim, independentemente da estratégia a considerar para a simulação do reactor e das pressões e temperaturas a testar, a operação desta instalação é feita do seguinte modo :

- 1 - Preparação dos depósitos de reagentes;
- 2 - Aquecimento do reactor até à temperatura de operação;
- 3 - Alimentação do reactor e controlo do mesmo até estabelecimento do estado estacionário, para reacção em fase líquido

1 - Numa primeira etapa, a alimentação ao reactor será feita do seguinte modo :

Alimentação de uma mistura pré-preparada dos reagentes - prepara-se num depósito, uma mistura de metanol e isobuteno com composição conhecida. Noutro depósito, coloca-se apenas metanol (por exemplo).

Os depósitos são então pressurizados, com hélio, até atingirem a pressão necessária para a manutenção de 10 bar à saída do reactor.

Os depósitos contendo metanol devem possuir uma pequena quantidade de peneiro molecular activado para reduzir a quantidade de água alimentada ao reactor e, deste modo, reduzir o aparecimento de TBA - álcool terciário - formado por reacção secundária.

2 - Enche-se o reactor com Amberlyst 18, cuidadosamente, de modo a não introduzir caminhos preferenciais.

Com o catalisador impregnado de metanol, faz-se o aquecimento do reactor, fazendo circular, na camisa, água a uma temperatura de 80 °C (com o reactor fechado ou deixando passar apenas metanol).

Simultaneamente, o reactor é pressurizado até à pressão de operação.

3 - Quando se tiver atingido o equilíbrio térmico (detectável pela manutenção da temperatura nos diversos pontos de medida no reactor), pode-se começar a alimentação dos reagentes. O programa de controlo tomará as acções de controlo necessárias para o estabelecimento do estado estacionário.

Controlo da instalação de síntese de MTBE em reactor de leito fixo

O líquido a alimentar pode ser previamente aquecido com o produto da reacção.

No entanto, para os testes preliminares, utilizou-se alimentação à temperatura ambiente, com um ligeiro aquecimento na entrada do próprio reactor, no filtro antes do catalisador.

O circuito de arrefecimento/aquecimento do leito fixo compreende :

Um depósito para água fria.

Um depósito para água quente com duas resistências com potência de aquecimento de 1500 W cada.

Duas válvulas de solenóide, on/off e ainda duas bombas centrífugas.

O controlo da instalação envolve :

- 1 - Controlo da temperatura da água de aquecimento/arrefecimento
- 2 - Controlo do caudal de reagentes alimentados
- 3 - Controlo do caudal de produto de reacção formado
- 4 - Controlo da pressão à saída do reactor
- 5 - Controlo da temperatura no reactor

Para se proceder ao controlo é necessário dispor de dados de pressão e temperatura e caudal volumétrico que são adquiridos automaticamente pelo programa **ControlRP** através de rotinas que seguidamente se descrevem.

Antes de prosseguir na descrição deste trabalho, apresenta-se porém uma simples explicação dos conceitos de sinal analógico e sinal digital.

De facto, um sinal analógico, seja ele de *input* ou de *output*, é um sinal que pode variar continuamente.

Um sinal digital, é descontínuo, do tipo ligado/desligado ou 0/1.

Consequentemente, um sinal digital pode ser representado por um conjunto de sinais digitais. Quanto maior for o número de sinais digitais, maior será a precisão da medida efectuada ou do sinal enviado.

O que se passa numa placa de aquisição e controlo é o seguinte : um sinal analógico (por exemplo de um transdutor de pressão, temperatura ou caudal) é transformado em sinais digitais que o computador consegue interpretar, através de um conversor analógico-digital.

Pelo contrário, se pretendermos actuar uma válvula de controlo proporcional, usando um sinal analógico de dada intensidade, na realidade o computador apenas será capaz de enviar um sinal que varia discretamente e que, na placa de aquisição/controlo é transformado em sinal analógico, num conversor digital-analógico.

Na placa de que se dispõe, estes conversores são de 12 bits pelo que, a menor divisão é de $1/2^{12} = 1/4096$ vezes a amplitude da escala, isto é, se a escala variar entre 0 e 5V, então a menor divisão será de 1.2207 mV.

Uma válvula de controlo proporcional pode também ser actuada por sinais digitais. É o caso da válvula de controlo do caudal de água de aquecimento / arrefecimento da instalação utilizada.

Na verdade, para controlar uma válvula deste tipo, é necessário dispor de três linhas de sinal digital e será indicado que a válvula disponha de um posicionador que forneça um sinal analógico para indicação da percentagem de abertura.

Neste tipo de válvula, usam-se duas linhas digitais para selecção da operação - abertura ou fecho da válvula. A terceira linha é usada para actuar a válvula. O tempo que o sinal desta linha é accionado corresponde à percentagem de abertura ou fecho que se pretende obter. Quando o sinal desta linha é desligado, a válvula conserva posição fixada.

A leitura do sinal do posicionador é aconselhada para confirmar o estado da válvula, evitando situações de saturação.

Descrição do programa ControlRP

O programa preparado, escrito em linguagem de programação C, utilizando o *package* LightSpeed C v3.0, dispõe de rotinas para :

- 1 - Selecção de acções a tomar por menu;
- 2 - Selecção das características - ganho e frequência de aquisição de sinal - dos diversos canais de aquisição, individualmente;
- 3 - Selecção de portas e linhas de saída de comandos digitais;
- 4 - Selecção de características dos canais de saída analógica;
- 5 - Aquisição de sinal analógico dos medidores de caudal, temperatura e pressão;
- 6 - Envio de sinal analógico para actuação de válvulas;
- 7 - Envio de sinal digital para actuação de válvulas, aquecedores e bombas;
- 8 - Representação gráfica de sinais adquiridos, após tratamento, para indicação de caudais, temperaturas e pressões bem como níveis de reagentes e produtos nos depósitos respectivos, incluindo a utilização de alarmes visuais;
- 9 - Controlo da temperatura da água de aquecimento/arrefecimento ao reactor.
- 10 - Simulação da reacção por um modelo simples, através de parâmetros cinéticos;
- 11 - Comparação do estado real do reactor com o estado pretendido (*set-point*) e decisão sobre acções de controlo a tomar;

Vejamos então, como foi construído o programa **ControlRP**

No 1º item deste programa, atrás descrito como *Selecção de acções a tomar por menu*, está englobada a inicialização das variáveis e da placa de aquisição para um estado conhecido - subprograma *StartUp.c* - utilizam-se as rotinas de baixo nível *Reset_Board*, *Set_Clock* e *Set_Timeout* do subprograma *FRBoard.c*.

De facto, optou-se por iniciar a operação com todos os sinais de saída correspondentes ao estado desligado para todos os equipamentos - válvulas de controlo, bombas de circulação de água, aquecedores, válvulas on/off fechadas.

O écran correspondente a esta operação apenas apresenta um menu com a possibilidade de escolha entre várias opções - subprograma *MenuHandler.c*

- 1 - menu **File** - Visualização do estado da placa - configuração, comprimento dos *buffer* - subprograma **FileMenu.c**
- 2 - menu **Setup** - configuração da placa para entradas diferenciais ou single ended;
tempo de espera entre sinais para leituras;
help sobre a configuração da placa
O subprograma que gere estas opções denomina-se **SetupMenu.c**
- 3 - menu **AnalogIO** - é gerido pelo subprograma **AnalogIOMenu.c**
BurstAD - efectuar a aquisição de dados para um *buffer* ;
ContinuousAD - efectuar a aquisição continua de dados;
SingleValueDA - enviar um sinal analógico com um valor pretendido;
ADScan - efectuar uma experiência de aquisição de dados e controlo da instalação
- 4 - menu **DigitalIO** - gerido pelo subprograma **DIOMenu.c**
SetupDIO - Seleccionar uma porta de saída digital;
StartDIO - Seleccionar e actuar uma ou várias linhas de saída digital
- 5 - menu **SetPoint** - gerido pelo subprograma **Set_Point.c**
SetupTemperature - seleccionar a temperatura da água de aquecimento/arrefecimento e dos produtos à saída do reactor;
SetupWaterFlowrate - seleccionar o caudal de água de aquecimento/arrefecimento ao reactor;
SetupAlarmTemperature - seleccionar as temperatura máxima e mínimas no reactor;
SetupAlarmPressure - seleccionar as pressões máxima e mínima na entrada e na saída do reactor;
SetupProdFlowrate - seleccionar o caudal de produto de reacção pretendido;
ChooseTempGraphBound - seleccionar os limites para as escalas do diagrama de representação das temperaturas lidas

Iremos concentrar a nossa atenção sobre a descrição das opções dos menus 3, 4 e 5, dado que são estes que nos permitem atingir o objectivo do trabalho proposto.

Assim, no 4º menu - operação de sinais digitais - na opção **SetupDIO**, utilizam-se as rotinas de programação a baixo nível `Do_Handle_Setup_DIO`,

Set_DIO_Direction, Set_Digital_Value para seleccionar uma porta digital, direccioná-la para *output* e escolher uma ou várias linhas a actuar. Estas rotinas encontram-se no subprograma *DigitalIOMenuItems.c* .

Na opção **StartDIO** do 4º menu, são utilizadas as rotinas de baixo nível Do_DIO, Get_Digital_Value e Set_Digital_Value, que se encontram nos subprogramas *Do_DIO.c* e *DigitalIOMenuItems.c* e *DIOUtil.c* para accionar a leitura ou envio de sinais digitais nas duas portas existentes.

No 5º menu - escolha de valores de estado estacionário e alarmes - na opção **SetupTemperature** pode-se seleccionar a temperatura pretendida para a água de aquecimento/arrefecimento e para os produtos à saída do reactor. Utiliza-se a rotina Do_Choose_Temperature do subprograma *Set_Point.c* que permite escolher a temperatura de operação entre os valores máximo e mínimo de temperatura que são permitidos (dados na inicialização do programa ou fornecidos por teclado). Se for escolhido um valor fora da gama permitida, é apresentada uma mensagem de erro e a gama permitida.

Também no 5º menu, mas na opção **SetupWaterFlowrate**, pode-se seleccionar o valor de Set-point de caudal de água de aquecimento / arrefecimento ao reactor com uma rotina denominada Do_Set_Flowrate que faz também parte do subprograma *Set_Point.c*.

Através da escolha da opção **SetupAlarmTemperature** do 5º menu, é possível seleccionar os limites inferior e superior para as temperaturas lidas no reactor. A rotina correspondente, Do_Set_Alarm_Temperature, que faz parte do subprograma *Set_Point.c*, fornece também mensagens de erro para limite máximo menor do que limite mínimo e para a situação inversa.

A escolha da opção **SetupAlarmPressure** do 5º menu, permite seleccionar as pressões máximas e mínimas permitidas na entrada e saída do reactor. A rotina Do_Set_Alarm_Pressure do subprograma *Set_Point.c* , além de permitir a selecção dos limites de pressão por teclado, fornece mensagens de erro em caso de um dos limites estar fora da gama de operação.

Ainda no menu de escolha de valores de estado estacionário e alarmes, na opção **SetupProdFlowrate**, a rotina Do_Set_Prod_Flow do subprograma *Set_Point.c* permite seleccionar o caudal de produto de reacção pretendi-

do. Também os limites de operação (limitados pelos medidores de sinal) são fornecidos caso sejam escolhidos valores fora da gama de operação permitida.

Finalmente, na opção **ChooseTempGraphBound** deste 5º menu, podem-se seleccionar os limites para as escalas do diagrama de representação das temperaturas lidas.

No 3º menu - operação de sinais analógicos - na opção **BurstAD**, executada pela subrotina *Do_AD_Burst* do subprograma *AnalogIOMenu.c*, para efectuar a aquisição de dados, é necessário preparar um buffer (um vector com o comprimento pretendido) correspondente ao tipo de aquisição de sinal pretendida. Seguidamente, seleccionam-se o canal e ganho correspondente. Finalmente, pode-se iniciar a aquisição do sinal para o buffer. Quando a aquisição termina, os valores lidos são escritos no ecrã. Para a execução destas operações, utilizam-se as rotinas de baixo nível, *Set_Buffers*, *Set_AD_Parameters*, *Begin_AD* e *Wait_Buffer* respectivamente, que se encontram no subprograma *FRBoard.c*.

No mesmo menu, para executar a opção **ContinuousAD** - utiliza-se a subrotina *Do_AD_Continuous* do subprograma *AnalogIOMenu.c* - que permite efectuar a aquisição continua de dados é também necessário preparar um buffer, desta vez duplo, com o comprimento adequado à operação. Nesta opção, utilizam-se os dois buffer alternadamente, isto é, enquanto se está a processar a aquisição de sinal para um dos vectores, o outro vector está a ser lido e quando o fim do 1º vector é atingido, a aquisição continua processando-se de modo inverso a escrita e a leitura de sinais. Desta forma, utilizam-se também as rotinas de baixo nível *Set_Buffers*, *Set_AD_Parameters*, *Begin_AD* e ainda as rotinas *Release_Buffer* e *Return_Buffer*, também do subprograma *FRBoard.c*.

Na opção **SingleValueDA** do menu *AnalogIO* para enviar um sinal analógico com um valor pretendido, executada pela subrotina *Do_DA_Value* do subprograma *AnalogIOMenu.c*, é necessário preparar um buffer com comprimento unitário contendo o sinal que se pretende enviar, seleccionar a porta de saída de sinal analógico e accionar a saída de sinal. Do subprograma *FRBoard.c*, utilizam-se as rotinas de baixo nível *Set_Buffers*, *Set_DA_Parameters* e *Begin_DA*.

Finalmente, a opção **ADScan** permite efectuar uma experiência de aquisição de dados e controlo da instalação. A sequência de operações desencadeadas pela escolha desta opção é a seguinte :

1 - Leitura e escrita do tempo inicial.

2 - Reinicialização das linhas de saída digital para o estado desligado - rotina *Set_Digital_Value* do subprograma *DigitalIOMenuItems.c*. É iniciada a circulação de água na camisa do reactor pelo accionamento da bomba centrífuga.

O controlo da temperatura da água de aquecimento/arrefecimento é feito do seguinte modo :

Enquanto a temperatura no reservatório de água quente for cerca de 2°C inferior à temperatura pretendida (*set-point*), estão ligadas as duas linhas que accionam as duas resistências de aquecimento. Quando se atingir essa margem de erro, é desligada uma das resistências e a outra mantém-se ligada até que a temperatura da água atinja o valor pretendido. Se a temperatura da água for superior ao valor de *set-point*, então a 2ª resistência é também desligada. Esta resistência será ligada novamente quando a temperatura da água for igual ou inferior ao valor de *set-point* -0.2°C. O intervalo entre leituras de sinal de temperatura da água no depósito é de 1 segundo.

3 - Inicialização da janela desta opção - são criados gráficos para representação da temperatura, da pressão, dos caudais de água alimentada à camisa do reactor e de hélio de arrasto dos reagentes bem como gráficos totalizadores dos volumes de reagentes e produtos nos depósitos respectivos. A rotina necessária para estas representações gráficas, *Set_Up_BackGround_Window* está incluída no subprograma *AD_Scan.c*.

4 - Inicialização da(s) porta(s) de saída analógica para o(s) valor(es) definidos na rotina de *set-point*, utilizando as rotinas *Set_Buffers*, *Set_DA_Parameters* e *Begin_DA* do subprograma *FRBoard.c*. É com estas rotinas que é feito o controlo.

5 - Aquisição dos sinais de temperatura, pressão e caudal através da rotina *Do_AD_Scan* do subprograma *AD_Scan.c*.

Nesta rotina são chamadas diversas funções como o relógio despoletador do início da aquisição (*Set_Clock*), escolha dos canais e ganhos respectivos (*Set_AD_Parameters*), início da aquisição (*Begin_AD*) e preenchimento do buffer com dados (*Wait_Buffer*).

6 - Cálculo e representação gráfica da temperatura nos vários termopares ao longo do reactor e na água do tanque de água de aquecimento. Também são representados sinais de alarme para temperaturas que ultrapassem os limites escolhidos para a operação e os valores de temperatura da leitura anterior. A rotina que efectua estas operações, *Calculate_Temperature*, está também incluída no subprograma *AD_Scan.c*.

7 - Cálculo e representação gráfica da pressão no depósito de reagentes e na saída do reactor, antes da válvula de controlo de produtos. Também são representados sinais de alarme para pressões que ultrapassem os limites escolhidos para a operação e os valores de pressão da leitura anterior. Estas operações, são efectuadas pela rotina *Calculate_Pressure*, que também está incluída no subprograma *AD_Scan.c*.

8 - Cálculo e representação gráfica dos caudais da água de aquecimento e de reagentes (na verdade, esta é uma medida indirecta; o que é medido realmente é o caudal de gás que faz deslocar os reagentes, hélio). Também são representados sinais de alarme para caudais que ultrapassem os limites escolhidos para a operação e os valores dos caudais da leitura anterior. A rotina que efectua estas operações, *Calculate_FlowRate*, está também incluída no subprograma *AD_Scan.c*.

9 - Finalmente, é estimado o conteúdo dos depósitos de reagentes e produto de reacção, através da totalização dos caudais medidos ao longo da operação. A rotina *Estimate_Level* do subprograma *AD_Scan.c* realiza esta operação.

Os caudais de reagentes e produto são controlados por válvulas de controlo proporcional. Se os valores de pressão e caudal medidos forem diferentes dos valores de *set-point* em mais de $\pm 5\%$, então a percentagem de abertura das válvulas respectivas será corrigida para se obterem os caudais pretendidos.

De igual forma, se a temperatura no interior do reactor exceder, em qualquer ponto, o valor máximo permitido, é fixado um novo valor de *set-point* para a temperatura da água que circula na camisa e a válvula de controlo da água é aberta completamente.


Os pontos 4 a 9 são executados cada 3 segundos, sendo também repetidas as acções de controlo previstas.

Na figura 3, encontra-se uma cópia de alguns dos écrans resultantes da escolha de opções do menu **Set_Point**.

A figura 4, apresenta a cópia de possíveis écrans após a selecção de opções do menu **AnalogIO**.

Na figura 5, encontra-se uma cópia de um écran obtido no decorrer de uma experiência preliminar de controlo da instalação utilizada (por selecção da opção A/DScan no menu **AnalogIO**), onde se podem observar simultaneamente os gráficos representativos das temperaturas, pressões e caudais medidos. No mesmo écran é também possível visualizar o conteúdo dos depósitos de reagentes e produtos.

Alarm Temperatures
(20 - 120 °C)


Bottom



Top

Fig. 3.a) - Écran resultante de uma opção do menu do programa CONTROLRP (Set_Point) - opção Set Alarm Temperatures

Bath Temperature
(20 - 70 °C)

Fig. 3.b) - Écran resultante de uma opção do menu do programa CONTROLRP (Set_Point) - opção Set Water Temperature

Set Graph Boundaries and number of scale divisions Temperature

Bottom Temperature

Top Temperature

Num. Divisions

Fig. 3.c) Écran resultante de uma opção do menu do programa CONTROLRP (Set_Point) - opção Set Graph Bound_Temp



Fig. 4.a) - Écran resultante de uma opção do menu do programa CONTROLRP (AnalogIO) - opção Burst Mode A/D

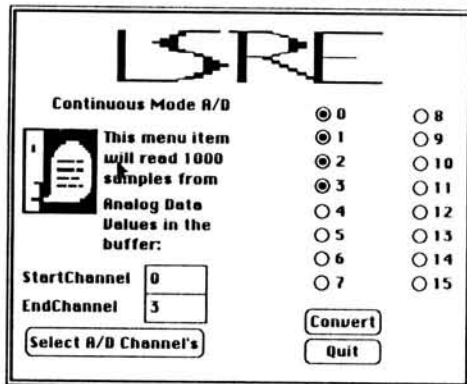


Fig. 4.b) - Écran resultante de uma opção do menu do programa CONTROLRP (AnalogIO) - opção Continuous Mode A/D



Fig. 4.c) - Écran resultante de uma opção do menu do programa CONTROLRP (AnalogIO) - opção Single Value D/A

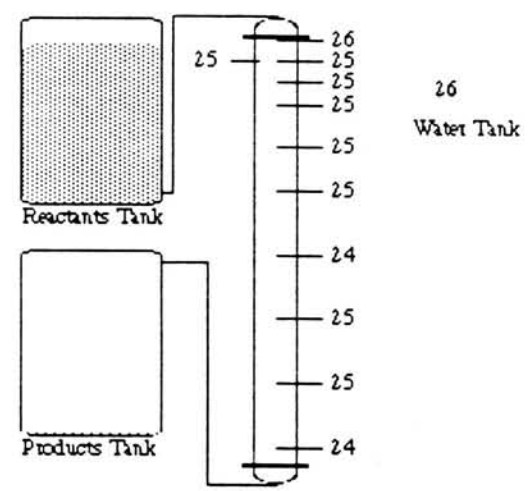
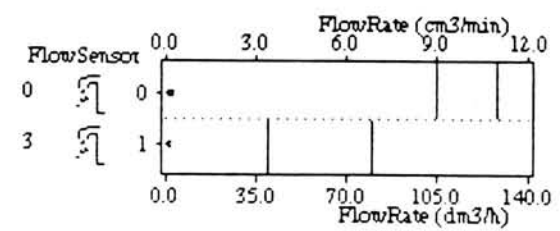
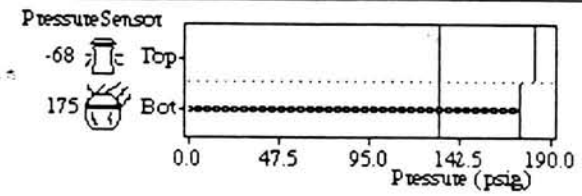
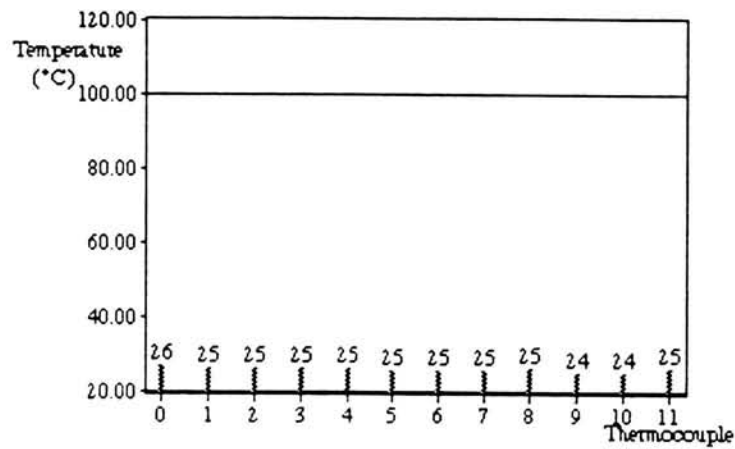


Figura 5 - Exemplo de um ecrã obtido durante a execução da opção ADScan do menu AnalogIO, com o programa CONTROLRP

Conclusão

Neste trabalho, foi construído um programa (ControlRP) em linguagem de programação C, em ambiente Macintosh, onde há a possibilidade de accionar comandos individuais de aquisição de sinal e envio de sinal analógico e digital.

Os valores medidos das diversas variáveis são guardados em ficheiros - ScanTemp, é o ficheiro das temperaturas no reactor e da água no depósito; ScanFlow, é o ficheiro onde são escritos os valores dos caudais de reagentes, produto e água de arrefecimento e, finalmente, ScanPres, é o ficheiro onde são registados os valores de pressão no depósito de reagentes e na saída do reactor.

O programa desenvolvido é também capaz de proporcionar o controlo preliminar de um sistema complexo.

Na verdade, o programa ControlRP é capaz de tomar "decisões" que originam acções de controlo, com base nos diversos sinais que adquire em instantes de tempo determinados.

O programa ControlRP faz "disparar" alarmes no computador. Estes alarmes são do tipo visual (no monitor) e sonoro (sons diferentes para diferentes fontes de alarme).

O programa ControlRP deverá ser aperfeiçoado posteriormente para permitir um controlo mais eficiente do sistema complexo a que vai se aplicado na medida em que deverá ser introduzido um estimador para o estado do reactor (em termos de perfis de composição e temperatura) e as acções de controlo deverão ser tomadas como resposta a diferenças entre os valores estimados e os valores pretendidos.

Bibliografia

Kernighan, Brian W. e Ritchie, Dennis M., "The C programming Language, Second Edition", 1978, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey

Matthies, Kurt W.G. e Hogan, Thom, "Macintosh C Programming by Example", 1991, Microsoft Press, Redmond, Washington

Huxham, Fred A., Burnard, David e Takatsuka, Jim, "Using the Macintosh ToolBox With C", Second Edition, 1989, Sybex, San Francisco

"ForeRunner User Manual", Second Edition, 1988, Data Translation

"Inside Macintosh", volumes I a V, Addison-Wesley Publishing Company, Inc.



FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



0000101466