

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ¹ Goldsworthy, W.W.; Clen, R.G.; *Anal. Chem.* (1971), *43*, 1718.
- ² Goldsworthy, W.W.; Clen, R.G.; *Anal. Chem.* (1972), *44*, 1360.
- ³ Ammann, R.; Desbarres, J.; *J. Electroanal. Chem.* (1962), *4*, 121.
- ⁴ Kendall, D.R.; *Anal. Chem.* (1972), *44*, 610.
- ⁵ Linear Integrated Circuits – RCA Solid State (1982).

NOTA TÉCNICA

O USO DA MESA DIGITALIZADORA EM PESQUISA

Julien Françoise Coleta Boodts e Otávio Luiz Bottecchia

*Departamento de Química – F.F.C.L. Ribeirão Preto – USP;
Av. Bandeirantes, 3900; 14049 – Ribeirão Preto (SP).*

(Recebido em 1/9/88)

ABSTRACT

The use of a digitizing device to extract numerical values from a graph already recorded is examined and several applications are suggested. Data extracted from experimental polarograms and cyclic voltammograms by means of the digitizing device as well as by classical means (ruler, mechanical integrating device e.g. planimeter) were compared. It is shown that the results obtained by the digitizing device are as good as, or of better quality than, the ones obtained through the use of a classical measuring device, and this with much less physical effort.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de computadores como ferramenta auxiliar na confecção de desenhos e projetos vem se tornando cada vez mais popular na medida em que avançam os progressos na área da computação gráfica. Os programas, também conhecidas como os "softwares", destinados a este tipo de aplicação são os chamados CAD's (Computer Aided Design). Eles foram concebidos para serem usados principalmente por engenheiros, projetistas e arquitetos, ou seja, profissionais que fazem uso intenso de desenhos. Como consequência de uma produção em escala crescente, estes recursos se tornaram cada vez mais acessíveis, apesar do seu preço ainda continuar num patamar relativamente alto (~150 OTN's).

O propósito deste trabalho é demonstrar como um destes recursos gráficos pode ser utilizado no cotidiano do pesquisador. É muito comum na pesquisa a obtenção de valores numéricos de uma determinada propriedade por meio de registros gráficos experimentais, p.ex. cromatogramas,

polarogramas, espectros u.v. -visível, etc., onde um sinal de interesse (p.ex. a corrente vindo de um detector) é função de um outro parâmetro qualquer (p.ex. tempo, potencial, comprimento de onda, etc.). Normalmente, os valores numéricos dos parâmetros de interesse são lidos com uma régua e isto com uma precisão de $\pm 0,2$ mm vezes o fator de escala correspondente. Esta operação, entretanto, é extremamente tediosa quando se necessita extrair, com precisão, um número elevado de pontos de um ou de vários destes gráficos. Uma solução para este problema seria o uso de um conversor analógico/digital o qual, além de tirar o tédio da obtenção dos dados, aumentaria a precisão dos mesmos. No entanto, além do seu elevado custo, estes conversores só podem ser adaptados a equipamentos bastante específicos. Muitos equipamentos modernos já vem de fábrica com estes conversores incorporados (ou então os oferecem como um acessório opcional), permitindo o seu interfaceamento direto com o micro-computador. Nesta transferência direta de dados o número de pontos bem como a precisão são bastante elevados, com a vantagem adicional do tempo gasto para a transferência e armazenamento ser extramente reduzido.

No entanto, é comum existir nos laboratórios equipamentos, de excelente qualidade, desprovidos de interfaceamento com o micro-computador. Neste caso o "output" do equipamento é uma representação gráfica cuja interpretação exige a extração de pares de dados experimentais (x, y). Uma outra situação frequentemente encontrada pelo pesquisador é quando o mesmo necessita extrair informações numéricas de gráficos publicados na literatura. Neste caso, a extração dos dados experimentais a partir de um registro gráfico existente, por meio da mesa digitalizadora, se constitui num alternativo bastante simples e cômodo.

2. TEORIA

A mesa digitalizadora pode ser descrita como uma superfície plana, sobre a qual é possível deslizar um cursor transparente (chamado "mouse") a ela interconectado, e cuja posição (x,y) relativa a esta superfície pode ser enviada a um computador num instante especificado. Desta forma, de um gráfico com sua ordenada e abscissa coincidentes com as da mesa podem-se extrair pares de dados (x, y) cujos valores, tomados frente ao sistema de eixos da mesa digitalizadora, são também corretos considerando-se o sistema de eixos do gráfico experimental. Neste caso, a precisão da medida depende da precisão com que se consegue executar o alinhamento dos eixos da mesa digitalizadora com os eixos do gráfico experimental, além do erro cometido no posicionamento do "mouse" sobre o ponto cuja leitura é desejada. A grandeza do último erro é intrínseco ao equipamento.

Certamente, a imposição de se alinhar com precisão milimétrica os dois sistemas de eixos (o da mesa digitalizadora e o do gráfico) não é uma tarefa fácil, além de introduzir uma nova fonte de erro. Tais limitações podem ser evitadas colocando-se o problema de forma bastante genérica e com o mínimo de restrições, da maneira que se segue: Dado um ponto P qualquer, $P = (\alpha, \beta)$, relativo a um sistema de coordenadas S (as coordenadas da mesa digitalizadora), determinar as novas coordenadas (α', β') de P relativas a um outro sistema de coordenadas S' (as do gráfico) colocado sobre S , com origem e eixos não necessariamente coincidentes (Ver figura 1).

A solução para o problema é conseguida através da seguinte seqüência de etapas: Define-se o ponto $U = (X_{\text{origem}}, Y_{\text{origem}})$ medido em relação a S , como o ponto onde os eixos de S' se interceptam. Naturalmente $(X'_{\text{origem}}, Y'_{\text{origem}}) = (0, 0)$. O valor de U poderia ser determinado diretamente a partir do "mouse". Entretanto, este procedimento não é aconselhável visto que a conversão de S para S' depende fundamentalmente da precisão do valor de U , de forma que qualquer erro experimental na sua medida comprometerá todos os demais valores. Um método alternativo é calcular o valor de U a partir das equações das retas x' e y' . Estas equações podem ser obtidas por uma regressão linear de alguns pontos distribuídas sobre x' e y' e lidas diretamente com o "mouse" da mesa digitalizadora. Desta forma, espera-se que eventuais erros de leitura inerentes ao equipamento e à acuidade visual do experimentador sejam compensados estatisticamente.

Deste modo pode-se definir:

$$a - \text{Para a reta } x': y = a_1x + b_1 \quad (1)$$

onde: x e y são os dados em relação a S e $a_1 = \text{tg}\theta$ (figura 1)

$$b - \text{Para a reta } y': y = a_2x + b_2 \quad (2)$$

onde: $a_2 = \text{tg}(\theta + \pi/2)$.

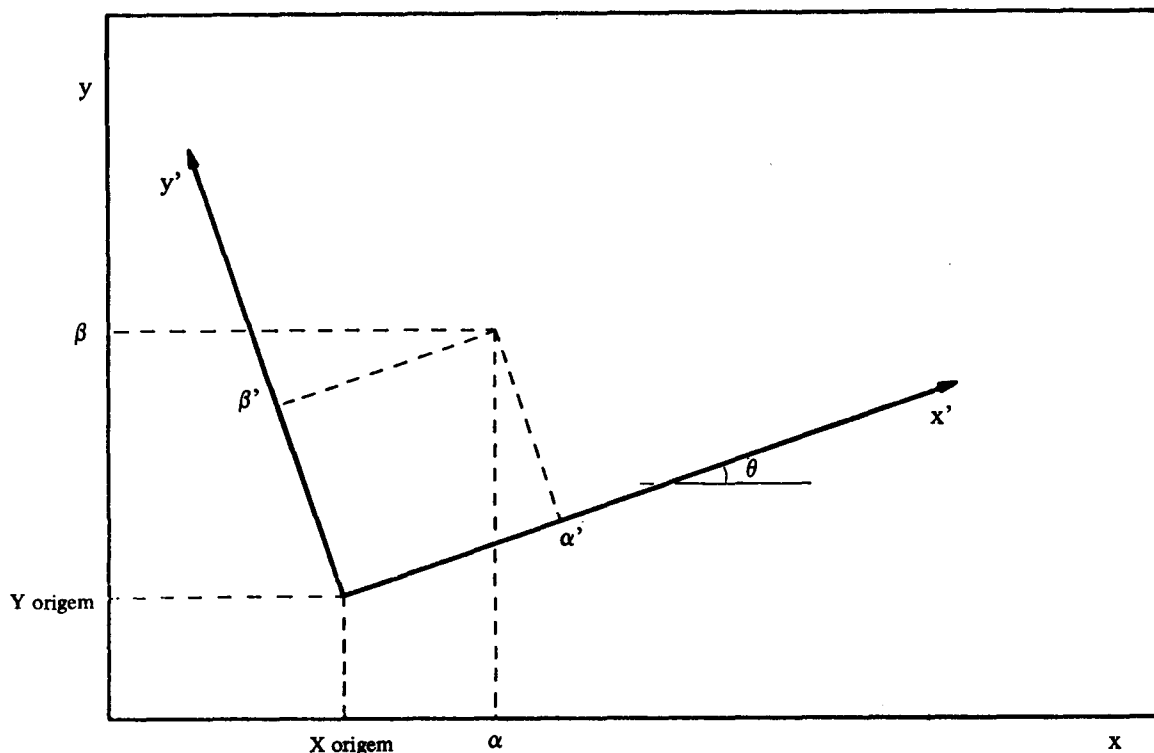


Figura 1. Sistema de eixos: (a) da mesa digitalizadora: x,y ; (b) do gráfico experimental: x', y' .

Quando x' e y' se interceptam, pode-se igualar as equações (1) e (2), obtendo:

$$X_{\text{origem}} = (b_2 - b_1)/(a_1 - a_2) \quad (3)$$

$$Y_{\text{origem}} = a_1 X_{\text{origem}} + b_1$$

Visto que o valor de θ obtido através de a_1 não deve diferir do obtido através de a_2 , pode-se atribuir qualquer diferença observada à erros indeterminados. Deste modo, sugere-se que o valor de θ seja tomado como sendo a média entre as tangentes obtidas de a_1 e a_2 . Considerando que $\text{tg}(\theta + \pi/2) = -\text{cotg } \theta$, segue-se que $a_2 = -1/\text{tg } \theta$, sendo a média dada por

$$\text{tg } \theta = [a_1 - (1/a_2)]/2 \quad (4)$$

Através de identidades trigonométricas e da equação (4), pode-se determinar o seno e o cosseno do ângulo θ . Em seguida é definida a matriz de transformação da seguinte forma:

$$M = \begin{cases} \begin{bmatrix} \cos \theta & \text{sen } \theta \\ -\text{sen } \theta & \cos \theta \end{bmatrix} & \text{se } \theta \geq 0 \\ \begin{bmatrix} \cos \theta & -\text{sen } \theta \\ \text{sen } \theta & \cos \theta \end{bmatrix} & \text{se } \theta < 0 \end{cases} \quad (5)$$

Assim, dadas as coordenadas (α, β) em relação a S, as coordenadas (α', β') expressos em relação a S' são calculadas pela seguinte expressão matricial¹:

$$\begin{bmatrix} \alpha' \\ \beta' \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} \alpha - X_{\text{origem}} \\ \beta - Y_{\text{origem}} \end{bmatrix}$$

ou, abreviadamente:

$$P(S') = MCP(S) - U \quad (6)$$

A equação (6) é sempre válida desde que os eixos de cada sistema de coordenadas sejam ortogonais.

3. PROCEDIMENTO

O procedimento genérico proposto a seguir permite a leitura dos dados da curva experimental.

1. Fixa-se o registro da curva experimental sobre a mesa digitalizadora.
2. Lêem-se, através do código "1" do "mouse", de cinco a dez pontos distribuídos aleatoriamente no eixo x.
3. Usando-se o código "2" do "mouse", repete-se o passo dois para o eixo y.

4. Usando-se o código "3" do "mouse", lê-se o número de pontos desejado da curva experimental.
5. Caso a curva experimental possua uma linha de base a qual não coincide com o eixo x (p.ex. um polarograma), pode-se usar o código "4" do "mouse" para ler a linha de base.

Foi escrito um program comunicador mesa-micro, em BASIC para IBM PC e compatíveis, a qual tem como função transmitir o par de coordenados mais o código que permite a sua identificação ("1" para o eixo x, "2" para o eixo y, etc.), adquiridos através da mesa digitalizadora (da marca Digigraf, modelo Da Vinci), para o micro e estocá-los num arquivo apropriado para uso posterior. Um segundo programa executa então a parte matemática descrita na teoria, transformando os pares de dados x,y nas unidades do gráfico experimental.

4. APLICAÇÕES

4.1. Determinação de parâmetros físico-químicos a partir de polarogramas e voltamogramas cíclicos.

Recentemente, Boodts *et al.*,^{2,3} aplicaram com sucesso o algoritmo de Gauss-Newton à interpretação dos parâmetros eletroquímicos individuais ($E_{1/2}$, α , i_d). A qualidade dos resultados obtidos depende, basicamente:

- 1) da precisão com que os pontos experimentais são lidos do polarograma;
- 2) do uso de um número elevado de pares de dados experimentais, i, E (≈ 25 quando duas e ≈ 50 quando três ondas individuais estão presente no polarograma composto;
- 3) da separação dos potenciais de meia-onda, $\Delta E_{1/2}$;
- 4) da razão das correntes das ondas individuais, f [$= i_{d,1}/(i_{d,1} + i_{d,2})$ ou $i_{d,x}/(i_{d,1} + i_{d,2} + i_{d,3})$].

As duas últimas limitações são inerentes ao algoritmo de Gauss-Newton sendo que o uso da mesa digitalizadora não pode, em princípio, nelas introduzir uma melhoria. Desta forma examinou-se a influência da mesa digitalizadora sobre a precisão e a velocidade de aquisição dos pares de dados experimentais i, E a partir dos polarogramas experimentais. Para tal prepararam-se misturas de In(III) + Cd(II) em 1M NaCl (pH = 2,8) e registraram-se os polarogramas. Dos polarogramas registrados extraiu-se, por meio da mesa digitalizadora, o número de pares de dados experimentais i, E necessários à interpretação com o algoritmo de Gauss-Newton. Visto que as condições experimentais usadas neste trabalho são idênticas aquelas usadas nos trabalhos anteriores^{2,3} pode-se estabelecer uma comparação direta entre os resultados de ambos trabalhos (ver Tabela I).

Tabela I. Comparação dos resultados obtidos pelo tratamento de Gauss-Newton² de uma série de polarogramas compostos, lidos com a régua e a mesa digitalizadora.

$f = [i_{d,2}/(i_{d,1} + i_{d,2})]$			In(III)				Cd(II)			
			$E_{1/2}/V$ (a)		$(RT/nF) 10^3/V$ (b)		$E_{1/2}/V$ (a)		$(RT/nF) 10^3/V$ (b)	
Teórico	Régua	Mesa	Régua	Mesa	Régua	Mesa	Régua	Mesa	Régua	Mesa
0,0472	0,0295	0,0627	-0,545	-0,547	19,8	20,2	-0,585	-0,588	32,7	14,3
0,375	0,346	0,371	-0,546	-0,543	21,2	20,2	-0,588	-0,585	30,8	29,9
0,643	0,642	0,646	-0,545	-0,544	20,2	20,9	-0,590	-0,589	30,8	29,5
0,769	0,757	0,757	-0,546	-0,546	20,1	19,6	-0,590	-0,588	29,9	29,9
0,864	0,856	0,856	-0,545	-0,545	21,3	21,1	-0,590	-0,588	30,3	31,1
0,925	0,914	0,922	-0,546	-0,544	20,1	20,8	-0,590	-0,588	30,1	28,9

(a) Valores experimentais do $E_{1/2}$ obtidos com soluções puras. In(III): -0,545 V; Cd(II): -0,590 V (vs Ag/AgCl, Cl⁻ (sat))

(b) Valores teóricos: In(III): 0,0197 V; Cd(II): 0,0296 V.

Da Tabela I verifica-se que a interpretação dos dados, obtidos com uma leitura através da mesa digitalizadora, leva a resultados de qualidade igual ou superior aqueles obtidos a partir da interpretação de dados obtidos através da leitura do polarograma com uma régua de alta qualidade (p.ex. com menor divisão de 0,5 mm). No entanto, o maior benefício obtido foi na velocidade da leitura de polarogramas. Em média, o tempo necessário à extração dos dados experimentais dos polarogramas é reduzido em um fator de 10, resultando não só numa considerável economia de tempo como também num desgaste físico acentuadamente menor.

Considerando que vários estudos na área de eletroquímica e eletroanalítica envolvem a interpretação de um número elevado de polarogramas, o uso da mesa digitalizadora não só assegura uma alta qualidade dos resultados como também resulta numa considerável economia de tempo. Alguns exemplos destes estudos, frequentemente encontrados na literatura, são:

1 - A determinação de constantes de estabilidade de complexos pelo método de DeFord e Hume⁴. Neste método o pesquisador, quando usa a polarografia, deve determinar o potencial de meia-onda em função da concentração do ligante o que, caso o sistema seja complexo, leva a um número elevado de polarogramas a serem interpretados.

2 - A investigação do mecanismo eletródico⁵ de um sistema orgânico em função do pH requer a análise de trinta ou mais polarogramas.

3. A análise de voltamogramas cíclicos por convolução⁶ requer a leitura de aproximadamente 50 pares de dados i, E de cada curva experimental, sendo a precisão dos dados lidos um fator decisivo para a qualidade final dos parâmetros eletroquímicos obtidos.

4.2. Integração de uma curva: determinação da carga de um voltamograma cíclico.

O método padrão para se caracterizar a superfície de eletrodos revestidos por óxidos condutores (p.ex. (Ti)/TiO₂/RuO₂) é de se registrar um voltamograma cíclico, entre 0,4 e 1,4 V vs RHE, numa solução 1 M HClO₄ ou 0,5 M H₂SO₄^{7,8} e determinar as cargas anódica e catódica em função do parâmetro de interesse (p.ex. a temperatura de preparo do eletrodo). A carga é obtida integrando-se a curva de i vs E no intervalo de potencial desejado. Usando-se um planímetro (Salmoiraghi modelo 236, Milão, Itália) e um quadrado de 25 cm² de área como padrão obteve-se como resultado $25,2 \pm 0,2$ cm². Executando-se a mesma calibração mas usando-se a mesa digitalizadora para adquirir os dados e executando-se a integração com o método dis-

Tabela II. Área debaixo da curva de voltamogramas cíclicos obtidos em HClO₄ 1 M com eletrodos de (Ti)IrO₂ preparados em diversas temperaturas. Condições experimentais: Intervalo do potencial varrido: 0,4 a 1,4 V (E.R.H.); $\nu = 20$ mV s⁻¹.

T/°C	Planímetro		Mesa Digitalizadora	
	A_a/cm^2	A_c/cm^2	A_a/cm^2	A_c/cm^2
300	89,7 ± 0,3	88,3 ± 0,2	87,15 ± 0,15	87,69 ± 0,05
330	124,5 ± 0,3	123,8 ± 0,4	123,29 ± 0,10	124,28 ± 0,11
360	66,1 ± 0,2	65,7 ± 0,3	66,57 ± 0,03	63,97 ± 0,03
400	75,7 ± 0,3	73,8 ± 0,5	75,61 ± 0,15	72,64 ± 0,11
450	46,8 ± 0,4	46,5 ± 0,3	46,52 ± 0,05	44,37 ± 0,10
500	34,2 ± 0,3	33,4 ± 0,4	33,88 ± 0,16	32,34 ± 0,05

creto de Simpson⁹ obteve-se um valor de $25,27 \pm 0,05 \text{ cm}^2$ (média de dez medidas), ou seja, a reprodutibilidade intrínseca da mesa é superior. A fim de verificar se o ganho de reprodutibilidade se mantém com sistemas reais, registrou-se uma série de voltamogramas cíclicos, no intervalo do potencial de 0,4 a 1,4 V vs RHE, em 1M HClO₄ com eletrodos de (Ti)/TiO₂/IrO₂ preparados em várias temperaturas de cozimento do óxido. A área debaixo da curva (diretamente proporcional à carga) foi então lida com o planímetro e por meio da mesa digitalizadora. No caso da mesa digitalizadora extraiu-se, em média, de 40 a 50 pares de dados de i vs t os quais foram então integrados pelo método discreto de Simpson. Os resultados obtidos estão reunidos na Tabela II.

5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Normalmente o pesquisador considera a mesa digitalizadora como um meio cômodo de transferir (ou desenhar) figuras para um micro-computador através do uso de um CAD/CAM. Infelizmente, estes aplicativos tem um preço bastante elevado, além do seu uso ser relativamente complexo, implicando num tempo de aprendizagem relativamente longo. Considerando que estes programas, além de serem dispendiosos, se destinam à tarefas bem mais complexas, não se justifica a sua aquisição para as aplicações propostas neste trabalho.

Por outro lado, a simples transmissão dos dados amostrados numa codificação acessível por um programa escrito em BASIC é suficiente para as aplicações aqui propostas. O acesso à mesa digitalizadora é conseguido conectando-a, no caso de se utilizar um IBM-PC ou compatível, ao canal assíncrono do micro-computador. O segmento de programa que permite a recepção dos dados é bastante simples. O reproduzido a seguir está por nós sendo utilizado com uma mesa digitalizadora Digigraf, Da Vinci, prestando-se em princípio a qualquer outra, bastando para tal compatibilizar os parâmetros dos comandos BASIC com as características técnicas da mesa.

```
OPEN "COM1:1200,E,7,2" AS #1 LEN = 13
FIELD 1,11 AS A$, 2 AS CRLF$
COM(1) ON
```

```
GET 1,13
```

```
CLOSE
```

Apesar de não ser objetivo deste trabalho discutir os detalhes da programação, um breve comentário se impõe. O comando OPEN ativa o acesso ao canal externo de comunicação assíncrono. Cada vez que um código do "mouse" é pressionado, treze bytes são enviados ao micro e recebidos

pelo comando GET. A informação é armazenada nas memórias definidas pelo comando FIELD. Terminada a transmissão, desvia-se o controle para o comando CLOSE, que desativa o canal de comunicação.

Alterações adicionais são facilmente introduzidas a posteriori conforme cada interesse particular. Um exemplo disto seria descontar automaticamente a linha de base de um espectro u.v. -visível. Um outro, intensamente utilizado neste grupo de pesquisa, é a subtração da corrente capacitiva de um polarograma. Visto que a corrente capacitiva é uma função linear do potencial, uns poucos pontos extraídos da linha base podem ser manipulados por regressão linear.

A mesa digitalizadora se constitui numa ferramenta de grande utilidade para o pesquisador, especialmente em situações onde um número elevado de dados devam ser extraídos de uma grande quantidade de registros experimentais. Além das aplicações já sugeridas neste trabalho uma outra situação com a qual o pesquisador se defronta com uma certa frequência é a de ter que extrair valores numéricos de gráficos publicados na literatura. Também esta situação é facilmente resolvida através da mesa digitalizadora e isto com uma precisão bastante aceitável.

Uma comparação dos dados das Tabelas I e II demonstra que a mesa digitalizadora fornece resultados, quando comparados aos meios clássicos (régua, planímetro), de qualidade idêntica ou superior. De fato, usando-se como padrão um retângulo de 25 cm^2 , demarcado em papel milimetrado, obtém-se com o planímetro uma precisão de 2 em 250 enquanto que a mesa fornece uma precisão de 5 em 2500.

Finalmente, uma das grandes vantagens do uso da mesa digitalizadora que mereça, ao nosso ver, ser salientada é a velocidade com que os dados são extraídos dos gráficos, e isto com um desgaste físico acentuadamente menor. De fato, não raramente observamos uma economia de tempo, de 10 vezes quando se compara o tempo necessário para extrair os dados de um conjunto de gráficos com a mesa digitalizadora com o necessário através do uso de um instrumento de leitura tradicional.

6. REFERÊNCIAS

- 1 Perlis, S.; "Theory of Matrices", Addison-Wesley Publishing Company Inc., Reading (1958), p. 214.
- 2 Degrève, L.; Bottecchia, O.L.; Boodts, J.F.C.; *J. Electroanal. Chem.* (1986), 206, 81.
- 3 Boodts, J.F.C.; Bottecchia, O.L.; Degrève, L.; *J. Electroanal. Chem.* (1987) 223, 79.
- 4 De Ford, D.D.; Hume, D.N.; *J. Am. Chem. Soc.* (1951), 73, 5321.
- 5 Fry, A.J.; "Synthetic Organic Electrochemistry", Harper & Row Publ., Londres (1972) chap. 3.
- 6 Imbeaux, J.C.; Savéant, J.M.; *J. Electroanal. Chem.* (1973), 44, 169.
- 7 Ardizzone, S.; Carugati, A.; Trasatti, S.; *J. Appl. Electrochem.* (1981) 8, 135.

Boggio, R.; Carugati, A.; Lodi, G.; Trasatti, S.; *J. Appl. Electrochem.* (1985) 15, 335.

Reverchon, A.; Ducamp, M.; *'Matemática su Personal Computer'*, Vol. 1, Ed. Tecniche Nouve, Milão, (1986) chap. 6.

7. AGRADECIMENTOS

J.F.C.B. agradece ao PADCT/FINEP pelo auxílio financeiro recebido. O.L.B. agradece o CNPq pela bolsa de Doutorado. Os autores agradecem ao Prof. Dr. L. Degreuve pelas úteis discussões.

NOTA TÉCNICA

CONSTRUÇÃO DE UMA CÂMARA SECA

Roque Rodrigues, Alfredo J. Zara e Luis O.S. Bulhões

*Laboratório Interdisciplinar de Eletroquímica e Cerâmica –
Departamento de Química – UFSCar; C. Postal 676; 13650 – São Carlos (SP).*

(Recebido em 22/6/88; cópia revisada em 7/12/88)

INTRODUÇÃO

As primeiras câmaras secas foram desenvolvidas para possibilitar o manuseio de substâncias higroscópicas, como tetracloreto de titânio ou zircônio que apresentam apreciáveis mudanças na composição química quando em contato com o ar.

É encontrado na literatura diversos projetos de construção de câmaras secas¹⁻⁴ cujas características, tais como, dimensões e quantidades residuais de água e oxigênio na atmosfera interior, dependem da finalidade pela qual esta foi construída. Diferentes tipos de câmaras secas são disponíveis comercialmente cujo custo depende do grau de sofisticação das mesmas.

A presente nota técnica descreve com detalhes a montagem de uma câmara seca para a realização de medidas eletroquímicas em meio não aquoso e manipulação de compostos higroscópicos.

DESCRIÇÃO DA MONTAGEM

A Figura 1, mostra os detalhes dos principais componentes da câmara seca. Basicamente, a câmara seca é composta de dois compartimentos cilíndricos construídos em aço inoxidável com 3 mm de espessura. O primeiro denominado de câmara principal Fig. 1 (1) com 570 mm de diâmetro interno e 600 mm de comprimento, o segundo denominado de antecâmara Fig. 1(2) com 225 mm de diâmetro interno e 300 mm de comprimento. Uma das vantagens de utilizar

o aço inoxidável na construção da câmara está associado à possibilidade de atingir pressões da ordem de $1,33 \times 10^{-1}$ Pa, o que permite reduzir substancialmente o conteúdo de água e oxigênio na atmosfera interior.

Nas extremidades deste tubo circular, foram soldadas duas flanges de aço de 15 mm de espessura utilizando-se de solda de argônio. A finalidade destas flanges é a de permitir a conexão das tampas laterais fixas Fig. 1(11) à câmara principal. Em cada flange foi torneada uma cavidade de 3 mm de profundidade e 6 mm de largura, para acomodar os anéis de vedação. Todos os anéis de vedação são de borracha nitrílica e foram adaptados entre as flanges, comprimidos por parafusos passantes de aço inoxidável.

No corpo principal encontra-se adaptado um visor circular de 184 mm de diâmetro; de vidro com 18 mm de espessura, sendo este disco fixado de forma semelhante as das flanges. Ficando o anel de vedação comprimido entre a superfície do vidro e uma flange de acrílico, sendo todo o conjunto fixado com parafusos do tipo allen.

As luvas colocadas na câmara principal são de butil-isopropeno (VAC – Vacuum Atmospheres Company-USA), e apresentam um vão livre de 170 mm e foram fixadas com flanges de forma análoga aos anéis de vedação.

A fonte de iluminação interna foi adaptada externamente à câmara, não sofrendo desta forma, os efeitos do vácuo quando do processo de retirada de gás da câmara principal. O uso de lâmpadas de filamento foi desprezada, pois a dissipação térmica destas lâmpadas, proporcionaram temperaturas internas na faixa de 30 a 35°C; temperaturas estas, consideradas inconvenientes. O problema de iluminação foi