

8

**UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA - INSTITUTO SUPERIOR
TÉCNICO**
***TECHNICAL UNIVERSITY OF LISBON - INSTITUTO SUPERIOR
TÉCNICO***

INSTITUIÇÃO / INSTITUTION: Instituto Superior Técnico (Projectos 8.1 - 8.5)
Centro de Microsistemas do IST - *Grupo de
Electrónica Molecular* (Projecto 8.6)

MORADA / ADDRESS: Av. Rovisco Pais
1096 Lisboa Codex
Tel: (01) 8419237 / 8419225 (Projectos 8.1)
(01) 8417234 (Projecto 8.3)
(01) 7783594 / 8417765 (Projecto 8.4)
(01) 8417262 (Projecto 8.5)
Fax: (01) 3536985 / 3524372 (Projectos 8.1)
(01) 804589 (Projecto 8.3)
(01) 7783594 / 8499242 (Projecto 8.4)
(01) 8417290 (Projecto 8.5)

DOMÍNIO DA ELECTROQUÍMICA / ELECTROCHEMICAL AREA

- Electroquímica Molecular (projecto 8.1) / *Molecular Electrochemistry (project 8.1)*
- Electroanálise (projecto 8.2) / *Electroanalysis (project 8.2)*
- Electroquímica de materiais e tecnologia electroquímica (incluindo corrosão e protecção dos materiais) (projectos 8.3 e 8.4) / *Materials electrochemistry and electrochemical technology (including corrosion and protection of materials) (projects 8.3 and 8.4)*
- Electrólitos Poliméricos. Sensores (Projecto 8.5) / *Polymer electrolytes. Sensors (Project 8.5)*

PROJECTOS DE INVESTIGAÇÃO EM ELECTROQUÍMICA / PROJECTS ON ELECTROCHEMICAL RESEARCH

- 8.1 - Electroquímica molecular de compostos de coordenação / *Molecular electrochemistry of coordination compounds.*
- 8.2 - Estudo de mecanismos nas águas naturais por métodos electroquímicos / *Studies of mechanisms in natural waters by electrochemical methods.*
- 8.3 - Corrosão, protecção e desenvolvimento de novos materiais / *Corrosion, protection and development of advanced materials.*
- 8.4 - Electroquímica de materiais / *Electrochemistry of materials.*
- 8.5 - Electrólitos poliméricos. Sensores. / *Polymer electrolytes. Sensors.*

INFORMAÇÃO RELEVANTE SOBRE OS PROJECTOS / RELEVANT INFORMATION ON THE PROJECTS

Projecto 8.1 - ELECTROQUÍMICA MOLECULAR DE COMPOSTOS DE COORDENAÇÃO / MOLECULAR ELECTROCHEMISTRY OF COORDINATION COMPOUNDS

CONSTITUIÇÃO DA EQUIPA / TEAM COMPOSITION

RESPONSÁVEL / RESPONSIBLE TEAM MEMBER: Armando J. L. Pombeiro

OUTROS MEMBROS / OTHER TEAM MEMBERS: M. Fernanda N.N. Carvalho, M. Amélia N.D.A. Lemos, M. Fátima C. Guedes da Silva, Sílvia S.P.R. Almeida, Luísa M.D. Ribeiro, M. Teresa A. Ribeiro, M. Estela S. Dória, Ana Viana, Cristina M.P. Ferreira, Simon Rumble, Annette Limberg

DESCRIÇÃO DO PROJECTO / DESCRIPTION OF THE PROJECT

ÁREA CIENTÍFICA PRINCIPAL DO PROJECTO E INTERACÇÃO COM OUTRAS ÁREAS / MAIN SCIENTIFIC AREA AND INTERACTION WITH OTHER AREAS: Electroquímica Molecular. Química de Coordenação (Inorgânica, Bioinorgânica e Organometálica) / *Molecular Electrochemistry. Coordination Chemistry (Inorganic, Bioinorganic and Organometallic Chemistry)*

OBJECTIVOS

- Investigação, por métodos electroquímicos, das propriedades de compostos de coordenação e de compostos orgânicos, designadamente de tipo redox e electrónicas; estudo de efeitos estruturais e de ligando no potencial redox; estabelecimento de expressões com vista à quantificação electroquímica e à previsão de propriedades óxido-redutoras e doadoras / aceitadoras electrónicas de centros metálicos e ligandos.
- Activação por transferência electrónica, de moléculas (coordenadas a centros metálicos) com significado biológico ou industrial, tais como, alcinos, alcenos, isonitrilos, nitrilos, cianamidas, diazoto, dióxido e monóxido de carbono, halogenados orgânicos, di-hidrogénio, e espécies derivadas (e.g., carbinos, carbenos, η^2 -vinilos, etc.).
- Desenvolvimento de processos electrocatalíticos e de electrossíntese.
- Estudos dos mecanismos de processos electroquímicos e de reacções químicas.

AIMS

- *Investigation, by electrochemical methods, of the properties of coordination and organic compounds, namely of the redox and electronic type; study of ligand and structural effects on their redox potential; development of expressions for electrochemical quantification or prediction of redox and electron donor/acceptor properties of metal sites and ligands.*
- *Activation, by electron transfer, of molecules (coordinated of metal centres) with biological or industrial interest, such as, alkynes, alkenes, isocyanides, nitriles, cyanamides, dinitrogen, carbon dioxide and monoxide, organohalides, dihydrogen and derived species.*
- *Development of electrocatalytic and electrosynthetic processes.*
- *Study of the mechanisms of electrochemical processes and of chemical reactions.*

SUMÁRIO

• *Propriedades óxido-redutoras e estruturais (relações)*

Por aplicação de técnicas de VC e EPC ao estudo das propriedades redox de uma variedade de complexos foram estabelecidas correlações entre o potencial redox e a estrutura e composição, propriedades espectroscópicas e a constante σ_p de Hammett (ou constantes relacionadas). Para diversos ligandos e centros metálicos, foram estimados os valores de parâmetros electroquímicos medidores do carácter aceitador/doador electrónico do ligando, da riqueza electrónica e polarisabilidade do centro metálico; a definição destes parâmetros e a sua correlação foram estendidos a vários tipos de centros metálicos e foram derivadas expressões que permitem prever o potencial redox dos complexos correspondentes.

Os complexos estudados podem apresentar quer elevada riqueza electrónica (sintetizados no nosso Grupo e compreendendo usualmente centros fosfinicos de Mo, W, Re ou Fe com ligandos insaturados de significado biológico ou industrial, ou derivados - ver acima) quer riqueza electrónica modesta ou fraca (sendo então, com frequência, preparados por outros Grupos - ver secção "GRUPOS COM QUE COLABORA")

• *Reacções induzidas por transferência electrónica*

As reacções detectadas podem agrupar-se do seguinte modo:

- (i) Desidrogenação de ligandos, envolvendo a ruptura heterolítica anódica de ligações N-H (aminocarbino, CNHR, de Re; aminocarbino de Pd ou Pt), a ruptura catódica de ligações N-H (aminocarbino ou cianamidas de Re) ou a ruptura catódica homolítica de ligações C-H- (η^2 -vinilos de Re) ou metal(M)-H (hidretos de Re ou de Fe).
- (ii) Desprotonação metálica por ruptura anódica heterolítica de ligações M-H em complexos hidretos de Re, Fe, Pd ou Pt.
- (iii) Ruptura catódica de ligações insaturadas, de tipo C=C (diaminoacetilenos de Mo ou W) ou M=C (carbenos de Pt).
- (iv) Ruptura catódica de outras ligações, do tipo C-O (dioxocarbino de Pt) ou M-halogenéneo (halogenetos de Mo, Pt, etc).
- (v) Adição electrófila catódica, e.g., a conversão de um isonitrilo em amina por protonação dos primeiros induzida catodicamente.
- (vi) Adição nucleófila anódica, e.g., envolvendo a fluorinação de um centro de ferro induzida anodicamente.
- (vii) Isomerização geométrica (cis \rightarrow trans) anódica de complexos octaédricos e nitrílicos de Re.
- (viii) Reacções de electrocatálise de coordenação através do uso de complexos como mediadores de transferência electrónica em processos anódicos (e.g., oxidação electrocatalítica de tióis biológicos por complexos de V) ou catódicos (e.g., redução electrocatalítica de halogenetos orgânicos por complexos de Mo).

• *Mecanismos de processos de eléctrodo*

Por aplicação de métodos de simulação digital de VC, por vezes em condições não-convencionais, foi possível estabelecer os mecanismos de alguns dos processos acima referidos, em particular de tipo (ii) (ECC), (vi) (ECEC), (vii) (ECEC em quadrado, etc.) e (viii) (tipo Michaelis-Menten).

Por VC convencional, foram ainda estudados os mecanismos de algumas reacções de substituição de N_2 por outros substratos insaturados (isonitrilos ou CO).

SUMMARY

- *Redox structural relationships*

The application of CV and CPE techniques to the study of the redox properties of a variety of complexes has allowed the recognition of correlations between the redox potential and the structure and composition, I.R. and other spectroscopic data, and the Hammett's σ_p or related constants. For a number of ligands and metal centres, we have estimated the values of electrochemical parameters which measure the net electron acceptor/donor character of the ligand, the electron-richness and polarisability of the metal site; the definition of these parameters and their relationship were extended to various types of metal centres, and expressions were derived in order to allow the prediction of the redox potential of the corresponding complexes.

The investigated complexes can either be electron-rich species (prepared in our Group and commonly comprising Mo, W, Re or Fe phosphinic centres with unsaturated ligands of biological or industrial significance - see above) or present a moderate or low electron-rich character (then being usually synthesized by other Groups - see section "COLLABORATION GROUPS").

- *Reactions induced by electron transfer*

The observed reactions can be grouped in the following way:

- Ligand dehydrogenation, involving the anodic and heterolytic cleavage of N-H bonds (aminocarbynes, CNHR, of Re; aminocarbenes of Pd or Pt), the cathodic cleavage of N-H bonds (Re-aminocarbynes or -cyanamides) or the cathodic and homolytic rupture of C-H bonds (η^2 -vinyls of Re) or metal(M)-H bonds (Re or Fe hydrides).
- Metal deprotonation by anodic and heterolytic cleavage of M-H bonds in hydride complexes of Re, Fe, Pd, or Pt.
- Cathodic cleavage of unsaturated C=C or M=C bonds (diaminoacetylenes of Mo or carbenes of Pt, respectively).
- Cathodic cleavage of other bonds, of the C-O or M-halide type (Pt-dioxocarbenes, or Mo or Pt halides, respectively).
- Cathodic electrophilic addition, e.g., the conversion of an isocyanide into an amine by cathodically induced protonation of the former.
- Anodic nucleophilic addition, e.g., involving the anodically induced fluorination of an iron centre.
- Anodic cis/trans complex isomerization of octahedral nitrile complexes of Re.
- Reactions of coordination electrocatalysis, by using complexes as electron-transfer mediators in anodic or cathodic processes (e.g., electrocatalytic oxidation of biological thiols by V complexes, or electrocatalytic reduction of organic halides by Mo complexes).

- *Mechanisms of electrode processes*

The application of digital simulation methods to CV, performed in some cases in non-conventional conditions, has allowed the establishment of the mechanisms of some of the

above mentioned processes, in particular of the type (ii) (ECC), (vi) (ECEC), (vii) (square ECEC, etc.) and (viii) (Michaelis-Menten type).

In addition, the mechanisms of some displacement reactions of N₂ by other unsaturated species (isocyanides or CO) have been investigated by conventional CV.

EQUIPAMENTO ESPECIALIZADO / RELEVANT EQUIPMENT

Potenciostatos/galvanostatos EG&G PAR 273A e 173, programador universal EG&G PARC 175, potenciostato HI-TEK DT 2101, gerador de ondas HI-TEK PPRI, osciloscópios digitais Hewlett Packard 54510A e Gould OS 4100, Sistema de ultramicroelectrodos, bipotenciostato Bruker E 350, rotor ASR e controlador Pine Instr. Co., diversos computadores e registadores XY, criostato / *Potentiostat/galvanostat EG&G PAR 273A and 173, universal programmer EG&G PARC 175, potentiostat HI-TEK DT 2101, wave form generator HI-TEK PPRI, digital scopes Hewlett Packard 54510A and Gould OS 4100, ultramicroelectrodes system, bipotentiostat Bruker E 350, rotator ASR and speed control Pine Instr. Co., various computers and XY recorders, cryostat.*

PUBLICAÇÕES REPRESENTATIVAS / REPRESENTATIVE PUBLICATIONS

- A.J.L. Pombeiro (Ed.), J. McCleverty (co-ed.), "Molecular Electrochemistry of Inorganic, Bioinorganic and Organometallic Compounds", NATO ASI Series, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1993 (and contributions therein).
- A.J.L. Pombeiro, "Molecular Electrochemistry of Complexes with Activated Isocyanide, Nitrile and Alkyne-Derived Ligands", *Anales de Química*, 1993, 89, 428-436.
- M.A.N.D.A. Lemos, M.F.C. Guedes da Silva and A.J.L. Pombeiro, "Electron-Transfer Activation of the Aminocarbyne and the Hydrogen Isocyanide Complexes *trans*-[ReCl(CNH_n)(Ph₂PCH₂CH₂PPh₂)₂][BF₄]_{n-1} (n = 2 or 1). Interconversion of Coordinated CNH₂ and CNH", *Inorg. Chim. Acta*, 1994, 226, 9-16.
- M.A.N.D.A. Lemos and A.J.L. Pombeiro, "Electrochemical Behaviour of *trans*-[FeH(CNR)(dppe)₂]⁺. Kinetic Parameters Determined by Digital Simulation of Cyclic Voltammetry", *J. Organometal. Chem.*, 1992, 438, 159-165.
- M.E.N.P.R.A. Silva, A.J.L. Pombeiro, J.J.R. Fraústo da Silva, R. Herrmann, M. Deus and R.E. Bozak, "Redox Potential and Substituent Effects in Ferrocene Derivatives: II", *J. Organometal. Chem.*, 1994, 480, 81-90.
- M.F.C. Guedes da Silva, J.J.R. Fraústo da Silva, A.J.L. Pombeiro, C. Amatore, J. -N. Verpeux, "Rates and Mechanism of Oxidative Two-Electron Transfer Induced *cis*- to *trans*-Isomerization for the Nitrile Complex [ReCl(NCC₆H₄Me-4)(Ph₂PCH₂CH₂PPh₂)₂]", *Organometallics*, in press.

GRUPOS COM QUE COLABORA / COLABORATION GROUPS

Prof. J.J.R. Fraústo da Silva and Dr. J.A.L. Silva (Lisbon) (V complexes as Amavadinone models), Drs. I. Santos, A. Paulo and A. Pires de Matos (Lisbon) (Re polypyrazolylborates), Dr. C. Amatore (Paris) (ultramicroelectrodes and mechanistic studies), Dr. C.J. Pickett and Dr. R.L. Richards (Sussex), Prof. R. Michelin (Padova) (Pd and Pt complexes with carbenes, indoles, etc.; Cr, Mo or W polycarbonyls with isocyanides, carbenes, etc.), Prof. P. Gili (Tenerife) (Fe, Co, Ni or Cu complexes with Schiff base ligands), Dr. R. Herrman (Munich)

(Cr polycarbonyls with ferrocenyl-isocyanides ferrocene derivatives, camphor-derived species), Prof. P. Sobota (Wroclaw) (bimetallic halide complexes with catalytic significance), Prof. S. Maiorana (Milan) (polycarbonyls with carbenes) and Dr. G.R. Stephenson (East Anglia) (Fe cyclohexadienyls).

Projecto 8.2 - ESTUDO DE MECANISMOS NAS ÁGUAS NATURAIS POR MÉTODOS ELECTROQUÍMICOS / STUDIES OF MECHANISMS IN NATURAL WATERS BY ELECTROCHEMICAL METHODS.

CONSTITUIÇÃO DA EQUIPA / TEAM COMPOSITION*

RESPONSÁVEL / RESPONSIBLE TEAM MEMBER: Maria de Lurdes T.S. Simões Gonçalves (CQE, IST)

OUTROS MEMBROS / OTHER TEAM MEMBERS: Ana Maria Almeida Mota (CQE, IST), Margarida Maria Correia dos Santos (CQE, IST), António Lopes Conceição (CQE, IST), Maria Fernanda Vilhenas (CQE - part-time), Sofia Capelo / CQE, IST) J.P. Pinheiro (CQE, IST, actualmente docente da Universidade do Algarve), Cidália Botelho (Fac. Eng. Porto, projecto em colaboração com R. Boaventura - Fac. Eng. Porto), Maria João Madureira (IPIMAR, CQE, IST, projecto em colaboração com C. Vale - IPIMAR), Paulo Cruz (CQE, IST)

DESCRIÇÃO DO PROJECTO / DESCRIPTION OF THE PROJECT

ÁREA CIENTÍFICA PRINCIPAL DO PROJECTO E INTERACÇÃO COM OUTRAS ÁREAS / MAIN SCIENTIFIC AREA AND INTERACTION WITH OTHER AREAS: Applications of voltammetric methods to the study of mechanisms in several types of natural waters. Relationship with bioavailability and toxicity

OBJECTIVOS / AIMS

The objectives of this project include studies of

- a) *Mechanisms in solution in natural waters* (natural medium and models) by electrochemical methods, including determination of stability constants and rate constants of chemical reactions coupled with the electrochemical processes (homogeneous and heterogeneous ligands). Thermodynamic and kinetic characterization of mechanisms in the presence of ligands that can stabilize less stable oxidation states of metal ion such as Cu(I), produced electrochemically at the interface.
- b) *Interfacial processes in natural waters* by electrochemical methods, including adsorption of organics and complexes on hydrophobic interfaces. Determination of equilibrium constants and rate constants of adsorption and of the surface area of the molecule at the interface (e.g. humics, fulvics, purines, pyrimidines, nucleosides and nucleotides). Interaction of heavy metals with particles (biogenic such as unicellular algae, suspended particles existing in rivers sediments and estuaries).

* CQE - Centro de Química Estrutural

IST - Instituto Superior Técnico

UNL - Universidade Nova de Lisboa

- c) *Developing of electroanalytical methods* including the possibilities of voltammetric methods in the presence of particles, of anodic stripping voltammetry of heavy metals in the presence of ligands, possibilities of modified electrodes to avoid adsorption, of microelectrodes to study environmental processes and the use of gradient FIA titrations in analytical chemistry.

SUMÁRIO / SUMMARY

D.C. Polargraphy, A.C. voltammetry, normal and differential pulse polarography, square wave voltammetry as well as cyclic voltammetry and anodic stripping voltammetry have been used to study *adsorption mechanisms* on interfaces and *complexes in solution* in natural water conditions.

Equilibrium constants of complexes with well-characterized ligands, of biological origin and with homologous compound groups including suspended particles humic and fulvic acids have been determined; *the kinetic aspect* being also considered.

PUBLICAÇÕES REPRESENTATIVAS / REPRESENTATIVE PUBLICATIONS

- A.M. Almeida Mota, M.L.S. Simões Gonçalves, J. Buffle, "Adsorption Kinetics of PEG 8000 on Mercury Electrodes - Part I", *Colloids and Surfaces*, 90, 271 (1994).
- A.M. Almeida Mota, M.L.S. Simões Gonçalves, J.P. Farinha, J. Buffle, "Adsorption of Polyethyleneglycols With Different Molecular Weights on Mercury Electrode - Part II" *Colloids and Surfaces*, 90, 279 (1994).
- A.M. Almeida Mota, J.P. Pinheiro, M.L.S. Simões Gonçalves, "Adsorption of Humic Acid on a Mercury / Aqueous Solution Interface, *Water Res.*, 28, 1285 (1994).
- J.P. Pinheiro, A.M. Almeida Mota, M.L.S. Simões Gonçalves, "Complexation Study of Humic Acids With Cadmium(II) and Lead(II), *Anal. Chim. Acta*, 284, 525 (1994).
- M.M. Correia dos Santos, S. Capelo, M.L.S. Simões Gonçalves, "Kinetics of Dissociation of Copper(II) Proline Complex by Cyclic Voltammetry with Nafion-Coated Electrode", *J. Electroanal. Chem.*, 364, 171 (1994).
- C. Botelho, R. Boaventura, M.L.S. Simões Gonçalves, "Interaction of Lead(II) With Natural River Water. Part II - Particulate Matter", *Sci. Total Environm.*, 149, 69 (1994).
- A.L. Conceição, M.L.S. Simões, M.M. Correia dos Santos, "Rapid Determination of Complexing Stability by Gradient flow Injection Titration", *Anal. Chim. Acta*, 302, 97 (1995).

GRUPOS COM QUE COLABORA / COLLABORATION GROUPS

Colaboration with: W. Stumm and L. Sigg (EAWAG - Technical University of Zurich, Switzerland), J. Buffle (University of Geneve, Switzerland), Herman Vann Leeuwen (Wageningen University, The Netherlands), M. Antónia Sampayo and C. Vale (Instituto Nacional de Investigação das Pescas, Fisheries Institute), Maria João Bebião (Universidade do Algarve).

**Projecto 8.3 - CORROSÃO, PROTECÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE NOVOS MATERIAIS /
CORROSION, PROTECTION AND DEVELOPMENT OF ADVANCED MATERIALS.**

CONSTITUIÇÃO DA EQUIPA / TEAM COMPOSITION

RESPONSÁVEIS / RESPONSIBLE TEAM MEMBERS: Mário Ferreira e Alda Simões

OUTROS MEMBROS / OTHER TEAM MEMBERS: João Salvador Fernandes, Teresa Moura e Silva, Fátima Montemor, Ruiguo Li, Maria Manuela Pontinha, Maria Júlia Justo Ferreira, António Castela, José Eduardo Rito, Sara Rosário

DESCRIÇÃO DO PROJECTO / DESCRIPTION OF THE PROJECT

ÁREA CIENTÍFICA PRINCIPAL DO PROJECTO E INTERACÇÃO COM OUTRAS ÁREAS / MAIN SCIENTIFIC AREA AND INTERACTION WITH OTHER AREAS: Ciência e Engenharia de Superfícies/Materiais / Surface-Materials Science and Engineering

OBJECTIVOS

Este programa inclui vários projectos que pretendem entender o comportamento face à corrosão de metais nus e revestidos com diversas aplicações (estruturais, aeronáuticas, medicina, química, etc.). Os estudos incidem quer sobre materiais mais convencionais quer sobre novos materiais obtidos por implantação iónica, tratamentos laser, deposição física em fase vapor, entre outros. A procura de tecnologias limpas para tratamento de superfícies é, igualmente, uma das preocupações do grupo.

AIMS

The programme includes different projects that intend to study the corrosion behaviour of bare and coated metals for various applications (structural, aeronautics, medicine, chemistry, etc.). The studies are carried out on more conventional materials and on advanced materials obtained by ion implantation, laser treatment, PVD, etc. The search for clean technologies for surface treatments is also an aim of this programme.

SUMÁRIO

- Estudos de passivação e corrosão localizada em aços inoxidáveis;
- Corrosão atmosférica de metais em atmosferas rurais, marinhas e industriais;
- Estudos de degradação de materiais pintados;
- Desenvolvimento e estudo da corrosão de biomateriais usados em cirurgia operatória;
- Desenvolvimento e estudo da degradação de ligas de alumínio tratadas por laser e implantadas iónicamente;
- Desenvolvimento e estudo da degradação de ligas à base de Ni e Co para registo magnético;
- Degradação de betões armados;
- Desenvolvimento de processos de tratamento de superfícies químicos e electro-químicas sem acção.

SUMMARY

- Passivation and localized corrosion of stainless steels;
- Atmospheric corrosion in rural, marine and industrial atmospheres;
- Degradation of painted metals;
- Development and corrosion studies of biomaterials used in operator surgery;
- Development and degradation studies of aluminium alloys with modified surface by Laser treatments and ion implantation;
- Development and degradation studies of Ni-Co alloys used for magnetic recording;
- Degradation of reinforced concrete;
- Development of non-pollutant surface treatment processes.

EQUIPAMENTO ESPECIALIZADO / RELEVANT EQUIPMENT

Analísadores de resposta de frequência, montagem fotoelectroquímica, microscópios, espectroscopia auger e de fotoelectrões de raios X (XPS) / *Frequency response analysers, photoelectrochemical measurements set-up, microscopes, Auger and XPS spectroscopies.*

PUBLICAÇÕES REPRESENTATIVAS / REPRESENTATIVE PUBLICATIONS

- J.C.S. Fernandes and M.G.S. Ferreira, "Corrosion Behaviour of Tungsten-Implanted Aluminium in Carbonate and Sulphate Solutions", *Surf. Coat. Technol.*, 56, 75-79 (1992).
- T. Moura e Silva, J.M. Monteiro, M.G.S. Ferreira and J.M. Vieira, "Corrosion Behaviour of AISI 316L Stainless Steel Alloys in Diabetic Serum", *Clinical Materials*, 12, 103-106 (1993).
- M.F. Montemor, A.M.P. Simões, M.M. Salta and M.G.S. Ferreira, "The Assignment of the Electrochemical Behaviour of Flyash-Containing Concrete by Impedance Spectroscopy", *Corros. Sci.*, 35, 1571-1578 (1993).
- R. Li, M.G.S. Ferreira, A. Almeida, R. Vilar, K. Watkins and W. Steen, "Localized Corrosion of Laser Surface Alloyed 7175-T7351 Aluminium Alloy with Chromium", *Modification of Passive Films (E.F.C. No. 12)*, ed. P. Marcus, B. Baroux and M. Keddam The Institute of Materials, London, 308-315 (1994).
- A.M.G. Pacheco and M.G.S. Ferreira, "Probing the Atmospheric Corrosion Rate Dependence on Temperature with Printed-Circuit Iron Cells", *Corros. Sci.*, 36, 797-813 (1994).
- G. Lorang, M. Da Cunha Belo, A.M.P. Simões and M.G.S. Ferreira, "Chemical Composition of Passive Films on AISI 304 Stainless Steel", *J. Electrochem. Soc.*, 141 (1994).

GRUPOS COM QUE COLABORA / COLLABORATION GROUPS

CECUL, INETI, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Universidade de Liverpool, UMIST (Manchester), CNRS (Vitry-Sur-Seine), Universidade de Pádua e Indústrias Nacionais e Estrangeiras Diversas.

Projecto 8.4 - ELECTROQUÍMICA DE MATERIAIS / *ELECTROCHEMISTRY OF MATERIALS*

CONSTITUIÇÃO DA EQUIPA / *TEAM COMPOSITION*

RESPONSÁVEL / *RESPONSIBLE TEAM MEMBER*: César A. C. Sequeira

OUTROS MEMBROS / *OTHER TEAM MEMBERS*: Paulo S. D. Brito, Luís F.F.T.T.G. Rodrigues, Luís P.S. Araújo, Ana Cristina P.R.P. Carrasco, Rui M.M. Antunes, Maria João C. Plancha, P.A.G.C. Sequeira, Stephan R. Bennett, Erik V. Buuren, Siobhan McGrellis, Tadeusz Firlag e Janusz Kaczorowski

DESCRIÇÃO DO PROJECTO / *DESCRIPTION OF THE PROJECT*

ÁREA CIENTÍFICA PRINCIPAL DO PROJECTO E INTERACÇÃO COM OUTRAS ÁREA / *MAIN SCIENTIFIC AREA AND INTERACTION WITH OTHER AREAS*: Electroquímica de Materiais. Ciência de Materiais. Electrometalurgia. Cinética e Termodinâmica. Electrónica. / *Electrochemistry of Materials. Materials Science. Electrometallurgy. Kinetics and Thermodynamics. Electronics.*

OBJECTIVOS

A actividade científica de César Sequeira e seus colaboradores tem-se centrado, nos últimos cinco anos, nos seguintes tópicos:

- Corrosão tipo pitting causada por microorganismos em canalizações de cobre usadas para distribuição de água potável;
- Efeito de matérias orgânicas na corrosão bacteriana de instalações geotérmicas;
- Mecanismos de adsorção de poluentes de águas industriais em fixadores sólidos inorgânicos;
- Baterias de alumínio/ar;
- Baterias sólidas de electrólito polimérico;
- Electrodeposição em camada fina de metais de elevado ponto de fusão;
- Química e electroquímica de complexos heteronucleares de d-metais em meio fundido.

AIMS

César Sequeira and his coworkers are currently working on the following topics:

- New types of corrosion impairing the reliability of copper in potable water caused by microorganisms;
- Role and control of organic matters in microbial corrosion in geothermal plants;
- Mechanisms of sorption of priority pollutants from aqueous solutions onto new inorganic sorbents;
- Development of environment-friendly metal/air batteries, and all-solid-state polymeric batteries;
- Technologies for deposition of functional coating and thin films of high melting point metal;
- Chemistry and electrochemical of the heteronuclear complexes of d-metal in molten salts.

SUMÁRIO

- Redução catódica do titânio em cloretos fundidos de sódio e potássio contendo hexafluorotitanato de potássio e outros compostos de titânio;
- Comportamento corrosivo de cerâmicos em sais fundidos;
- Preparação e caracterização electroquímica de polímeros iónicos, nomeadamente, redes de polímeros cruzados;
- Construção de nova bateria de alumínio/ar. Proposta e estudo de novos eléctrodos de Al/solução alcalina e O₂/solução alcalina. Cinética de redução de O₂;
- Electrodeposição em camada fina de hexacianoferratos e estudo da sua capacidade de fixação de poluentes inorgânicos de águas industriais;
- Efeito das bactérias (SRB), biofilmes e traços orgânicos na corrosão geotérmica;
- Aspectos físicos-químicos e biológicos da corrosão do cobre em água potável.

SUMMARY

- Cathodic reduction of titanium in molten chlorides of sodium and potassium containing potassium hexafluorotitanate and other titanium species;
- Corrosion behaviour of ceramics in molten salts;
- Preparation and electrochemical characterization of ionic polymers, namely, interpenetrating polymer networks;
- Design of new aluminium/air battery, using alkaline electrolytes. Study of new Al and O₂ electrodes, with particular emphasis on the kinetics of the O₂ reduction;
- Electrodeposition of thin layers of hexacyanoferrates and study of their fixation properties of inorganic pollutants from aqueous solutions;
- Effect of SRB and common bacteria which form biofilms, and organic matter, on geothermal corrosion;
- Physico-chemical and biological aspects of copper corrosion in potable water.

EQUIPAMENTO ESPECIALIZADO / RELEVANT EQUIPMENT

Analisador de resposta de frequência, microcomputadores e interfaces, potenciostatos e geradores de sinais, forno de alta temperatura, caixa de luvas / *Frequency response analyser, microcomputers and interfaces, potentiostat and signal generators, high temperature furnace, gloves box*

PUBLICAÇÕES REPRESENTATIVAS / REPRESENTATIVE PUBLICATIONS

- M. J. C. Plancha, C. M. Rangel and C. A. C. Sequeira, "AC Conductivity of Polymer Complexes Formed by Polyethylene Oxide) and Nickel Chloride", *Solid State Ionics*, 58, 3-7 (1992).
- C. A. C. Sequeira, "Effect of Low Level Conduction on the Oxygen Permeability of Calcium-Stabilized Zirconia", *Elektrokhimiya*, 29 (12), 1446-1454 (1993).
- C. A. C. Sequeira, "Electroanalytical Study of the Reduction of K₂WCl₆ in Molten LiCl-KCl Eutectic", *J. Electrochem. Soc.*, 140, 2526-2529 (1993).
- P. S. D. Brito and C. A. C. Sequeira, "Cathodic Oxygen Reduction on Noble Metal and Carbon Electrodes", *J. Power Sources*, 52, 1-16 (1994).

- C. A. C. Sequeira, (Ed.), "Environmental Oriented Electrochemistry", Elsevier Science B. V., Amsterdam, The Netherlands, 1994.
- C. A. C. Sequeira, "AC Impedance Spectroscopy Measurement in Microbial Corrosion", Bioextraction and Biodeterioration of Metals, eds. C. C. Gaylarde and H. A. Videla, Cambridge University Press, Cambridge, U. K., pp. 307-325 (1995).

GRUPOS COM QUE COLABORA / COLLABORATION GROUPS

Senior collaborators: C.M. Rangel (Materials Technology Department, INETI, Portugal), F. Colin (I.R.H. Génie de l'Environnement, Nancy, France), A. Pourbaix (Cebelcor, Belgium), W.R. Fischer (Märkische Fachhochschule, Iserlohn, Germany), A.H.L. Chamberlain (University of Surrey, U.K.), D.J. Jones (University of Montpellier II, France), C. Loos-Neskovic (Laboratoire Pierre Süe, Saclay, France), M. Fedoroff (Centre d'Études de Chimie Metallurgique, Vitry-sur-Seine, France), M.J. Hudson (Univ. Reading, U.K.), K.A. Matis (Aristotle University, Greece), P. Pomonis (Univ. Ioannina, Greece), C.R. Thcocharis (Univ. of Cyprus), M.J. Gonzalez Carlos (Instituto de Química Orgânica General, Spain), V. Danck (Slovak Academy of Dakota School of Mines and Technology, U.S.A.), G.H.W. Milburn (Napier University Ventures Ltd., Scotland), Z.K. Brzozowski (Warsaw Univ. Technology, Poland), J. M. Vergnaud (Univ. St. Étienne, France).

INFORMAÇÃO OU COMENTÁRIOS ADICIONAIS / ADDITIONAL INFORMATION OR COMMENTS

Industrial Relevance: Metal Extraction, Refining and Recovery, Corrosion and Protection, Energy Storage and Conversion, Effluent Treatment, Microelectronics

PROJECTO 8.5 -ELECTRÓLITOS POLIMÉRICOS. SENSORES / POLYMER ELECTROLYTES. SENSORS

CONSTITUIÇÃO DA EQUIPA / TEAM COMPOSITION

RESPONSÁVEL / RESPONSIBLE TEAM MEMBER: Luís Alcácer

OUTROS MEMBROS / OTHER TEAM MEMBERS: J.M.F. Morgado, A.C. Ribeiro, J.A. Ayllon, Ana Charas, Ana Paula Simão e Marta Oliveira

DESCRIÇÃO DO PROJECTO / DESCRIPTION OF THE PROJECT

SUMMARY

The research and development activities carried out by the Molecular Electronics Group focused on two related lines of actual research with well defined objectives (projects on materials development and devices), and prospective work aiming at the definition of new projects in agreement with a pre-established global strategy for the IST Centre for Microsystems.

a) MATERIALS

Basic and applied research on materials has been pursued on crystalline molecular conductors and semiconductors and on both electronic and ionic conducting polymers (polymer electrolytes).

- *Crystalline Molecular Conductors and Semiconductors (L.Alcácer, J.M.F. Morgado, H. Novais, T. Duarte, L. Veiros, D. Ferreira)*

The research activities in this area have been centered in charge-transfer complexes which exhibit high electrical conductivities and peculiar magnetic properties. Such properties are due to interactions (electron transfer) between molecules along a stacking axis, similar to the analogous interactions between atoms in conventional metals and semiconductors. Electron-electron interactions are particularly important in these materials and can be adjusted by chemical modification of the intervening molecules.

The effect of increasing the anion-anion and anion-cation interactions in molecular materials with conducting and magnetic chains, by substitution of the sulfur atom in the dithiolate moiety with selenium which has more spatially extended atomic orbitals was one of the main topics recently pursued by the Group. The synthesis of several selenium derivatives was accomplished and single crystals of the molecular conductors were grown. Their crystal structures were determined, their energy bands were calculated and their properties were studied in detail. From this study conclusions could be drawn relative to the effect of the substitution of sulfur atoms for the bulkier selenium atoms in particular molecules. The substitution of the sulfur atoms for the bulkier selenium atoms are expected to increase molecular interactions thereby reducing the inherent instabilities of these low dimensional systems. Two previously known families have been chosen as model compounds for sulfur/selenium substitution: $(\text{Perylene})_2\text{M}(\text{mnt})_2$, where $\text{mnt}=\text{maleonitriledithiolate}$ and $\text{M}=\text{transition metal}$, and $(\text{TMTSF})_2\text{M}(\text{tds})_2$, where $\text{TMTS}=\text{tetramethyltetraselenafulvalene}$, $\text{tds}=\{\text{bis}(\text{trifluoromethyl})\text{-ethylene}\}\text{diselenolate}$ and $\text{M}=\text{Ni, Pt and Cu}$. The selenium complex $\text{Au}(\text{i-mns})_2^-$ has been synthesized and single crystals of the compound $(\text{Perylene})_2\text{Au}(\text{i-mnt})_2$ were obtained. It shows electrical properties similar to those of the sulfur analog, $(\text{Perylene})_2\text{Au}(\text{i-mnt})_2$. The main difference is the observation of a higher resistivity minimum temperature for the selenium based compound.

Other system studied was $(\text{CPP})_2(\text{I}_3)_{1-\delta}$ where $\text{CPP}=\text{1,2,7,8-Tetrahydrodicyclopenta}\{\text{cd:lm}\}\text{perylene}$. The objective was to relate the modification of the perylene molecule with the electrical and magnetic properties. This turned out to be an interesting molecular conductor much more stable than the corresponding $(\text{Perylene})_2\text{I}_3$ family of well known compounds. The iodine chain is locked in the structure. The study of its commensurability is still a matter of study.

- *Polymer Electrolytes Containing Multivalent Cations (L. Alcácer, M. Puga, J.M.F. Morgado, M. Assunção, L. Dias Carlos)*

Polymer electrolytes, exemplified by poly(ethylene-oxide)-metal salt complexes, can act as solid film flexible electrolytes, with applications in high energy density batteries, sensors, smart windows, electrochromic display devices, etc.

Recently, polymer electrolytes containing copper and rare earth cations have been thoroughly investigated by our group. The research included thin film preparation, morphological and structural characterization by Differential Scanning Calorimetry, DSC, Scanning Electron Microscopy, SEM, ionic conductivity measurements, as well as photoluminescence spectroscopy in the case of some of the rare-earth containing polymers. The rare-earth containing polymers exhibit highly efficient photoluminescence which make them potential candidates for applications as phosphors in flat panel displays.

- *Polymer Electrolytes for Sensor Applications (L. Alcácer, A.C. Ribeiro)*

New ionic conducting polymeric materials in the form of thin film or gel, using three types of polymer basis were investigated: i) Sodium (and potassium) polyacrylonitrile; ii) Polyacrylonitrile (PAN) and similar polymers; iii) cellulose derivatives, namely hydroxypropylcellulose. Ionic conductivity were obtained through the addition of simple salts, such as sodium or potassium chloride. A series of the most promising were selected for further investigation as potential candidates for applications in chemical sensors.

b) DEVICES

- *Chemical Sensors: Potentiometric Electrochemical Sensors (L. Alcácer, A.C. Ribeiro)*

This project aims at the development of a prototype of a pH sensor for medical application installed in a plastic catheter. Polymer electrolytes in the form of thin films or gels, as described above, were used to produce prototypes of plastic reference electrodes to be incorporated in pH catheter sensors for medical applications.

- *Polymer LEDs (Ana Charas, Ana Paula Simão)*

Preliminary work was done related to the preparation of device structures (e.g. LEDs) involving some conducting polymers, namely soluble polyanilines as electrode materials and several electroluminescent polymers (e.g. MEHPPV).

EQUIPAMENTO ESPECIALIZADO / RELEVANT EQUIPMENT

Electron Spin Resonance equipment, glove box (< 5 ppm H₂O and O₂), laminar flux wet and dry clean workstations, HP impedance analyser, SOLARTRON frequency response analyser with electrochemical interface, electrochemical system, METTLER Differential Scanning Calorimeter with optical microscope and photographic facilities, vacuum evaporator, wide range of chemical facilities for the synthesis and preparation of materials, equipment for the preparation of thin films and for growing crystals of organic conductors and semiconductors

PUBLICAÇÕES REPRESENTATIVAS / RELEVANT PUBLICATIONS

- L. Alcácer, "Magnetic, ESR and NMR Properties", Chapter 8 in *Organic Conductors. Properties and Applications*; J.P. Farges (Editor), Marcel Dekker, New York (1994).

- Morgado, L. Alcácer e M. Almeida, "Electrical Resistivity and Thermoelectric Power of $(\text{TMTSF})_2\text{M}(\text{tds})_2$, M=Pt, Cu and Ni; Evidence for the Existence of Two Different Phases", *Solid State Communications*, 89, 9, 755 (1994).
- Vasco da Gama, Rui T. Henriques, Manuel Almeida e Luís Alcácer, "Magnetic Properties of the Low-Dimensional Systems $(\text{pER})_2\text{M}(\text{mnt})_2$ (M=Cu and Ni)", *J. Phys. Chem.*, 98, 997 (1994).
- J. Morgado, I.C. Santos, R.T. Henriques, M. Fourmigué, P. Matias, L.F. Veiros, M.J. Galhorda, M. T. Duarte, L. Alcácer e M. Almeida, "Molecular Metals Based on 1,2,7,8-Tetrahydrodicyclopenta{*cd:lm*}perylene and Iodine, $(\text{CPP})_2(\text{I}_3)_{1-\delta}$ ", *Chem. of Materials*, 6, 2309 (1994).
- L.D. Carlos, M. Assunção e L. Alcácer, "Luminescence of Polymer Electrolytes Containing Europium (III)", *J. Mat. Res.*, 10, nº 1, Jan 1995.

COLABORADORES / COLLABORATORS

H. Novais (IST), T. Duarte (IST), M. Assunção (Universidade de Aveiro), L. Vieiros (IST), D. Ferreira (IST) e L. Dias Carlos (Universidade de Évora)

INSTITUIÇÃO / INSTITUTION: Departamento de Química - Faculdade de Ciências de Lisboa
CECUL - Centro de Electroquímica e Cinética da Universidade de Lisboa
CITECMAT - Centro de Investigação em Tecnologia e Ciência de Materiais

MORADA / ADDRESS: *Projectos 9.1 - 9.6:*
R. da Escola Politécnica, 58
1294 Lisboa Codex
Tel. (01) 606138
Fax. (01) 609352
Projecto 9.7:
Calçada Bento da Rocha Cabral, 14
1200 Lisboa
Tel: (01) 3859628
Projectos 9.5 - 9.9:
R. Ernesto de Vasconcelos, Bloco C1, 5º piso
1700 Lisboa
Tel: (01) 7573141 ext.1047 (Projectos 9.5 e 9.6)
(01) 7500075 (Projectos 9.8 e 9.9)
Fax: (01) 7599404

DOMÍNIO DA ELECTROQUÍMICA / ELECTROCHEMICAL AREA

- Electrocatálise (Projecto 9.1) / *Electrocatalysis (Project 9.1)*
- Corrosão (Projecto 9.2) / *Corrosion (Project 9.2)*
- Electroanálise (Projectos 9.3 e 9.5) / *Electroanalysis (Project 9.3 and 9.5)*
- Bioelectroquímica. Sensores bioelectroquímicos (Projecto 9.4) / *Bioelectrochemistry Bioelectrochemical sensors (Project 9.4)*
- Electroquímica interfacial - Cinética electródica (Projectos 9.6 e 9.7) / *Interfacial electrochemistry - Electrode Kinetics (Projects 9.6 and 9.7)*
- Electroquímica de sólidos. (Projecto 9.8) / *Electrochemistry of solids (Project 9.8)*
- Electrodeposição (Projecto 9.9) / *Electrodeposition (Project 9.9)*

PROJECTOS DE INVESTIGAÇÃO EM ELECTROQUÍMICA / PROJECTS ON ELECTROCHEMICAL RESEARCH

- 9.1 - Electrooxidação e electroadsorção de álcoois em eléctrodos à base de platina / *Electrooxidation and electroadsorption of alcohols on Pt based metal electrodes.*
- 9.2 - Biocorrosão de metais e ligas / *Biocorrosion of metals and alloys.*
- 9.3 - Metodologias de referência em potenciometria / *Reference methodologies in potentiometry.*
- 9.4 - Desenvolvimento de imunossensores electroquímicos / *Electrochemical immunosensors.*

- 9.5 - Desenvolvimento de técnicas voltamétricas com eléctrodos hidrodinâmicos - aplicação a estudos de nutrição vegetal / *Development of voltammetric techniques with hydrodynamic electrodes - application to plant nutrition studies.*
- 9.6 - Preparação e caracterização de novos materiais condutores / *Preparation and characterization of new conducting materials.*
- 9.7 - Mecanismos envolvidos em processos de interface S/L e L/L / *Mechanisms involved in S/L and L/L interfacial processes.*
- 9.8 - Estudo de novos óxidos com actividade electrocatalítica relativamente à reacção de evolução do oxigénio / *Study of novel oxides for oxygen evolution.*
- 9.9 - Electrodeposição de sulfuretos semicondutores: sua utilização em dispositivos fotovoltaicos / *Electrodeposition of transition metal sulphides semiconductors for photovoltaic devices.*

INFORMAÇÃO RELEVANTE SOBRE OS PROJECTOS / RELEVANT INFORMATION ON THE PROJECTS

Projecto 9.1 - ELECTROOXIDAÇÃO E ELECTROADSORÇÃO DE ÁLCOOIS EM ELÉCTRODOS À BASE DE PLATINA / ELECTROOXIDATION AND ELECTROADSORPTION OF ALCOHOLS ON Pt BASED METAL ELECTRODES.

Projecto 9.2 - BIOCORROSÃO DE METAIS E LIGAS / BIOCORROSION OF METALS AND ALLOYS.

CONSTITUIÇÃO DA EQUIPA / TEAM COMPOSITION

RESPONSÁVEL / RESPONSIBLE TEAM MEMBERS: Inês Fonseca

OUTROS MEMBROS / OTHER TEAM MEMBERS: M. Irene S. Lopes, Ana Rosa Lino, Luís F. Alexandrino Proença, Valter Luís Rainha

DESCRIÇÃO DO PROJECTO / DESCRIPTION OF THE PROJECT

ÁREA CIENTÍFICA PRINCIPAL DO PROJECTO E INTERACÇÃO COM OUTRAS ÁREAS / MAIN SCIENTIFIC AREA AND INTERACTION WITH OTHER AREAS: Electrocatalise. Novos Materiais. Corrosão. Bioelectroquímica / *Electrocatalysis. New materials for fuel cells. Corrosion. Bioelectrochemistry*

OBJECTIVOS

Projecto 9.1:

- (i) Caracterizar e modificar interfaces de interesse tecnológico, nomeadamente Pt, Pt-Ir e Ir em meio aquoso perclórico e sulfúrico,
- (ii) Obter informação cinética e mecanística sobre a oxidação de álcoois, tais como: metanol, etanol, D-sorbitol e D-manitol nos eléctrodos caracterizados em (i).

Projecto 9.2:

Obtenção de informação cinética termodinâmica e mecanística sobre a biocorrosão de aços induzida por bactérias redutoras de sulfato:

- (i) Em meios aquosos de lacato/sulfato e lacato/nitrato na ausência e na presença de bactérias;
- (ii) Análise superficial das amostras e dos produtos de corrosão após exposição das amostras.

AIMS

Project 9.1:

- (i) Characterization and modification of interfaces of technological interest namely, Pt, Pt-Ir and Ir in perchloric and sulfuric aqueous media;
- (ii) Acquisition of kinetic and mechanistic data on the oxidation of alcohols such as methanol, ethanol, D-sorbitol and D-manitol on the interfaces already characterized.

Project 9.2:

To obtain kinetic, thermodynamic and mechanistic data on the biocorrosion of mild steel induced by sulfate reducing bacteria, SRB:

- (i) In lacate/sulfate and lacate/nitrate aqueous media in the absence and in the presence of bacteria;
- (ii) Superficial analysis of the steel samples and of the corrosion products on exposed electrodes.

SUMÁRIO

Projecto 9.1:

Caracterizar e modificar interfaces de interesse tecnológico para o desenvolvimento de células de combustível procurando relacionar os vários "estados" da superfície com a sua actividade para a oxidação electroquímica de álcoois, nomeadamente do metanol, etanol, D-manitol, D-sorbitol.

Projecto 9.2:

Obtenção de informação cinética, termodinâmica e mecanística sobre a biocorrosão de aços induzida por bactérias redutoras de sulfato, nomeadamente pela estirpe *Desulfovibrio desulfuricans* ATCC 27774, em meios aquosos de lacato/sulfato e lacato/nitrato. Correlacionar os dados obtidos por via electroquímica com os de análise superficial das amostras expostas aos meios em estudo.

SUMMARY

Project 9.1:

Characterization and modification of interfaces of technological interest for the development of fuel cells, trying to correlate the various superficial states with their electroactivity for the electrooxidation of alcohols, namely of methanol, ethanol, D-sorbitol and D-manitol.

Project 9.2:

The goal is to obtain kinetic, thermodynamic and mechanistic data for the biocorrosion processes of mild steel induced by sulfate reducing bacteria namely by the estirpe *Desulfovibrio desulfuricans* ATCC 27774 in aqueous-lacate/sulfate and lacate/nitrate media. Correlate the electrochemical data with surface analysis.

EQUIPAMENTO ESPECIALIZADO / RELEVANT EQUIPMENT

Gerador de ondas PARC modelo 175, potenciostato/galvanostato PARC modelo 173, osciloscópio NIC 310, registador x-y-t Philips PM 8143, sistema informatizado de aquisição e tratamento de dados - Autolab / GPES 3.2, multímetro HP 34401A ligado por uma interface RS-232 a um PC IBM XT modelo 80286 (aquisição automática de dados).

PUBLICAÇÕES REPRESENTATIVAS / REPRESENTATIVE PUBLICATIONS

- Inês T.E. Fonseca, C.A.C. Sequeira (ed.), "The Electrocatalytic Oxidation of Alcohols in the Development of Fuel Cells", in "Chemistry and Energy", Vol. I, Elsevier Science Publishers B.V., pp. 47-63, 1991.
- Inês T.E. Fonseca, A. Cristina S. Marin and Ana Correia de Sá, "The Effect of SO_4^{2-} on the Electrochemical Behaviour of Cu in Neutral Medium", *Electrochim. Acta*, 37, 2541 (1992).
- Inês T.E. Fonseca, A.I. Correia de Sá, "Espectros de Redução na Caracterização dos Processos de Passivação e Transpassivação do Sistema Cobre/Sulfato", *Corrosão e Protecção de Materiais*, 12, 20 (1993).
- J.M. Léger, F. Hahn, B. Beden, C. Lamy, M.F. Bento, I. Fonseca, M.I.S. Lopes, "Electrodeposition of Sorbitol at Platinum Electrodes: Effect of the Superficial Structure", *J. Electroanal. Chem.*, 336, 253-267 (1993).
- M.I. Lopes, I. Fonseca, P. Olivi, B. Beden, F. Hahn, J.M. Léger, C. Lamy, "Integrated Electromodulated IR Reflectance Spectroscopy Bands, Part II: Methanol Adsorbates at Polycrystalline Platinum and Pt(111) Single-Crystal Electrodes in Acid Medium", *J. Electroanal. Chem.*, 346, 415-432 (1993).
- I. Fonseca, A.R. Lino, V.L. Rainha, "Biocorrosion of Mild Steel by Sulfate Reducing Bacteria", em publicação pelo Instituto de Materiais, U.K., 1995.

GRUPOS COM QUE COLABORA / COLLABORATION GROUPS

Universidade de Poitiers, França (C. Lamy/B. Beden), Universidade de Alicante, Espanha (A. Aldaz), Instituto de Química-Física Rocasolano, Madrid, Espanha (C. Gutiérrez), Instituto Superior Técnico, Portugal (M. Ferreira), ITQB, Oeiras (A. Rosa Lino), Portsmouth, U.K. (I. Beech)

INFORMAÇÃO ADICIONAL / ADDITIONAL INFORMATION

Inês Fonseca é Secretária Nacional da Sociedade Internacional de Electroquímica (ISE) (1994-1996)

**Projecto 9.3 - METODOLOGIAS DE REFERÊNCIA EM POTENCIOMETRIA / REFERENCE
METHODOLOGIES IN POTENTIOMETRY.**

CONSTITUIÇÃO DA EQUIPA / TEAM COMPOSITION

RESPONSÁVEIS / RESPONSIBLE TEAM MEMBERS: M. Filomena G.F.C. Camões e M. José F. Rebelo

OUTROS MEMBROS / OTHER TEAM MEMBERS: M. José Guiomar H.M. Lito, Cristina M.R.R. Oliveira, Isabel C. Santos, Ricardo Bettencourt Silva, Ana Maria Rodrigues Gomes

DESCRIÇÃO DO PROJECTO / DESCRIPTION OF THE PROJECT

ÁREA CIENTÍFICA PRINCIPAL DO PROJECTO / MAIN SCIENTIFIC AREA: Química Electroanalítica / *Electroanalytical Chemistry*

INTERACÇÃO COM OUTRAS ÁREAS / INTERACTION WITH OTHER AREAS: Química-Física, Química Clínica, Química Ambiental / *Physical Chemistry, Clinical Chemistry, Environmental Chemistry*

DESCRIÇÃO

O projecto visa efectuar medidas isopiésticas em soluções simples e mistas constituintes de soluções tampão de referência (hidrogenofalato de potássio, ácido acético e acetato de sódio, contendo ou não KCl) de molde a obter dados suficientes que permitam o cálculo rigoroso de valores de pH de soluções tampão de referência com base em actividades iónicas definidas pelo modelo teórico de Pitzer, $\text{pH}(S)$. Comparar-se-ão os valores obtidos por duas vias:

- A via convencional, onde o coeficiente de actividade γ_{Cl} em soluções tampão dado por Bates-Guggenheim é substituído por γ_{Cl} de Pitzer.
- A via computacional em que os vários γ_i de Pitzer serão substituídos nas relações de equilíbrio.

O estabelecimento de valores $\text{pH}(S)$ é essencial para a posterior determinação operacional de pH de soluções desconhecidas. Com esta finalidade proceder-se-á também à padronização, por via potenciométrica de materiais tidos como de referência para a preparação de soluções padrão, sejam eles comerciais ou obtidos por processo de purificação desenvolvido para o efeito.

Paralelamente e dado o importante contributo, tantas vezes negligenciado, do potencial de junção líquida em medidas electroquímicas, serão efectuados estudos tendentes a recomendação sobre o referido efeito, de molde a diminuir a incerteza associada actualmente aos cálculos de especiação envolvendo constantes de estabilidade.

Serão preparadas membranas para fabrico de eléctrodos selectivos de iões pelos métodos já estabelecidos e de composição modificada, tanto no que respeita ao ionóforo como ao plastificante, para melhorar a sua selectividade e biocompatibilidade. Serão também preparados eléctrodos de referência com diferentes formas de estabelecer a junção líquida.

Eléctrodos selectivos e eléctrodos de referência serão utilizados em sistemas estáticos e em fluxo, em soluções sem e com proteínas de diferentes origens com a finalidade de se esclarecer a contribuição das mesmas nos vários pontos em que podem exercer a sua

influência. Assim, poderá prever-se, nas várias aplicações que têm as medidas com ESI, qual a contribuição do potencial de junção líquida. As medidas a realizar serão potenciométricas.

Determinações analíticas em fluxo serão optimizadas pela sua associação a processos de separação cromatográfica. Na sequência de trabalho anteriormente desenvolvido, pretende-se optimizar a detecção electroquímica e a técnica de gradiente de pH em electroforese capilar. A associação das capacidades separativas da electroforese capilar às características dos processos electroquímicos de tratamento e de análise acarretará benefícios de interesse ambiental e bioquímico, na análise de ácidos orgânicos de forma geral e aminoácidos em particular. De modo semelhante se procederá à optimização da separação e detecção de K^+ , Na^+ e NH_4^+ .

DESCRIPTION

Isopiestic measurements will be performed in single and multiple solutions of standard buffer mixtures (KHPht; HAC; NaAc; with and without KCl) in order to obtain sufficient data for the calculation of reference pH values, $pH(S)$ based on ionic activity coefficients γ , calculated from the Pitzer model electrolyte solutions. Comparison will be made between $pH(S)$ values obtained:

- conventionally, with Bates-Guggenheim γ_{Cl}
- conventionally, with Pitzer γ_{Cl}
- computing K_a with Pitzer γ_i

The correct assignment of $pH(S)$ values is essential for further operational determination of unknown solutions. With this purpose, also, potentiometric standardization will be performed, of new reference materials, may they be of commercial origin or the result of purification process.

The important contribution of the liquid junction potential in electrochemical measurements which is so often neglected will be studied in order to give recommendations concerning the mentioned effect of the liquid junction potential. It is intended to decrease the uncertainty at present associated to the speciation calculations which involve stability constants.

Membranes to be used in ISE will be prepared by the methods already established. Modifications related to the ionophore and the plasticizer will also be done on membranes in order to improve their selectivity and biocompatibility.

Reference electrodes with different forms of making the liquid junction will also be prepared.

Both ISE and reference electrodes will be used in batch and in flow mode, in solutions without and with added albumin of different sources aiming at the resolution of different contributions to the global cell potential. Hopefully it will be then possible to account the liquid junction potential contribution in the various applications of potentiometry with ISE.

Analytical flow measurements will be optimized through inclusion of chromatographic separation; following previous work, we intend to implement electrochemical detection and pH gradient technique in capillary electrophoresis(CE). The separation capacities of CE associated to the characteristics of electrochemical detection, will be strongly beneficial to the analysis of carboxylic acids, aminoacids, as well as that of K^+ , Na^+ , NH_4^+ , of considerable interest in environmental and biochemical studies.

OBJECTIVOS

São objectivos deste projecto prosseguir os estudos sobre actividades iónicas em soluções tampão padrão, com vista à implementação de novo e mais rigoroso processo de atribuição de valores de pH de referência. Tal passa por determinações potenciométricas e isopiésticas que dêem informação sobre interacções específicas entre espécies químicas em solução.

Igualmente se pretende obter informação que valide metodologias de padronização de substâncias tampão de pH e processos de calibração de eléctrodos.

Pretende-se discriminar membranas sensoras a utilizar em ESI que revelem interesse quer pelo comportamento do material sensor propriamente dito (ionóforo) quer pela composição da matriz respectiva (PVC ou poliuretano...). Uma vez testados os eléctrodos e reconhecida a sua utilidade, em medidas em estado estacionário, proceder-se-á à sua adaptação a medidas em fluxo.

Na sequência de trabalho anteriormente desenvolvido, pretende-se otimizar a detecção electroquímica e a técnica de gradiente de pH em electroforese capilar, o que se reflectirá na avaliação isenta de interferências de diferentes espécies químicas.

AIMS

This project aims at pursuing the studies on ionic activities in standard buffer solutions in order to implement a new and more accurate procedure for the assignment of reference pH values. In order to do this, potentiometric and isopiestic measurements which give information on specific interactions in chemical species in solution will be performed.

Similarly it is intended to get data which validates methodologies of standardization of pH buffer solutions and procedures of electrodes calibration.

It is intended to discriminate between the protein effect on the sensor membrane of ion selective electrode (ISE) and the liquid junction with the electrolyte of the reference electrode.

Sensor membranes to be used in ISE which evidence good behaviour on what respects the sensor materials itself (ionophore) or the corresponding matrix (PVC or polyurethane...) will be prepared. The electrodes thus prepared will be used in batch and in flow.

Following previous work, we intend to implement electrochemical detection and pH gradient technique conveniently optimized for particular systems.

SUMÁRIO

O projecto visa conduzir estudos fundamentais e laboratoriais para o desenvolvimento e optimização da potencimetria, correctamente aplicável à vasta gama de sistemas de interesse analítico, sejam eles particularmente ambientais (chuvas ácidas, estudos de especiação...) ou fisiológicos (efeito de proteínas nos potenciais de membrana e de junção líquida). Enunciam-se os tópicos sobre os quais incidirão os trabalhos:

- Estudo de soluções de referência de actividade iónica avaliada experimentalmente (técnicas isopiésticas e potenciométricas) e por técnicas computacionais assentando em modelos teóricos de soluções electrolíticas (pH, pNa, pK, pCa). Estabelecimento de metodologias de padronização.
- Prossecução de estudos efectuados neste laboratório sobre aspectos fundamentais e aplicados de potenciais de junção líquida, focando-se principalmente as suas aplicações em Química Ambiental e em Química Clínica, nomeadamente no efeito de proteínas em determinações com eléctrodos selectivos de iões. Procurar-se-á também esclarecer o

efeito das mesmas em membranas sensoras usadas nos eléctrodos selectivos, variando a sua composição no sentido de obter uma melhor selectividade e biocompatibilidade.

- Design de experiências em estado estacionário e em fluxo sem e com separação electroforética prévia. Para esta última pretende-se o desenvolvimento de módulos de detecção electroquímica e de técnica de gradiente de pH.

SUMMARY

This project involves fundamental and laboratory studies for the development and optimization of potentiometry. It is aimed at a correct application to a large range of systems of analytical interest, either environmental (acid rains, speciation studies...) or physiological (protein effects on membrane potentials and liquid junction potentials). The following topics will be particularly dealt with:

- Study of reference solutions with ionic activity evaluated experimentally (isopiestic and potentiometric techniques) and by computational techniques, based on theoretical models of electrolytic solutions (pH; pNa; pK; pCa). Establishment of standardization methodologies.
- Pursuiment of studies on fundamental and applied aspects of liquid junction potentials already initiated in this laboratory with particular incidence on Environmental and Clinical Chemistry (e.g. protein effect on determination with ion selective electrodes). The interference of proteins with the sensor membrane used in ion selective electrodes will also be studied, varying the composition of the membrane in order to get improved selectivity and biocompatibility.
- Design of stationary and flow experiments without and with previous electrophoretic separation, for which electrochemical detection and pH gradient technique is to be optimized.

PUBLICAÇÕES REPRESENTATIVAS / REPRESENTATIVE PUBLICATIONS

- M.J. Guiomar H.M. Lito, M. Filomena G.F.C. Camões, M. Isabel A. Ferra, Arthur K. Covington, "Calculation of Reference pH Values for Standard Solutions from the corresponding acid Dissociation Constants", *Anal. Chim. Acta*, 239 (1990), 129-137.
- Cristina M.R.R. Oliveira, M. José F. Rebelo, M. Filomena G.F.C. Camões, "Study of Liquid Junction Potentials with Mixed Bridge Solution", *Port. Electrochim. Acta*, 11 (1993), 125-28.
- M. Filomena Camões, Alain P. Bernard, "FIA - Analyse par injection en Flux Continu", *Les techniques de l'Ingenieur*, Paris, 4 (1992) 1510, 1511.
- Ricardo B. Silva, M. Filomena Camões, "Electroforese Capilar", *Boletim SPQ* (in press).
- A.K. Covington, M.J.F. Rebelo, "Determination of pH Values over the Temperature Range 5-60 °C for some operational Reference Standard Solutions and Values of the Conventional Residual Liquid Junction Potentials", *Anal. Chim. Acta*, 200 (1987) 245-60.
- A.K. Covington, M.J.F. Rebelo, "Reference Electrodes and Liquid Junction effects in Ion-Selective Electrodes Potentiometry", *Ion-Selective Electrode Rev.* 5 (1983) 93-128.

GRUPOS COM QUE COLABORA / COLLABORATION GROUPS

Universidade da Beira Interior (Prof. M. Isabel A. Ferra), Universidade Newcastle-Upon-Tyne U.K. (Prof. A.K. Covington), Universidade Budapeste, Hungria (Prof. E. Pungor, Dr. Klára Toth), IUPAC.

**Projecto 9.4 - DESENVOLVIMENTO DE IMUNOSENSORES ELECTROQUÍMICOS /
ELECTROCHEMICAL IMUNOSENSORS.**

CONSTITUIÇÃO DA EQUIPA / TEAM COMPOSITION

RESPONSÁVEL / RESPONSIBLE TEAM MEMBER: Maria José Ferreira Rebelo
OUTROS MEMBROS / OTHER TEAM MEMBERS: Maria Cristina Coelho

DESCRIÇÃO DO PROJECTO / DESCRIPTION OF THE PROJECT

ÁREA CIENTÍFICA PRINCIPAL / MAIN SCIENTIFIC AREA: Bioelectroquímica / *Bioelectrochemistry*
INTERACÇÃO COM OUTRAS ÁREAS / INTERACTION WITH OTHER AREAS: Imunologia / *Immunology*

OBJECTIVOS

Optimização de metodologias de imobilização do antígeno e/ou anticorpo.
Desenvolvimento de testes de diagnóstico baseados em anticorpos, de maior simplicidade que os já existente, que combinem a grande especificidade e sensibilidade de imunoensaiaos com a versatilidade e baixo preço de biosensores electroquímicos.

AIMS

Optimization of methodologies of immobilization of antigens and/or antibodies.
Development of diagnostical tests based on antibodies, which combine the great specificity and sensitivity of immunoassays with the versatility and low price of electrochemical biosensors.

SUMÁRIO

As reacções de anticorpos com antígenos são de elevada afinidade e especificidade e são usadas em imunoensaiaos. RIA (Radioimmunoassay) tem sido muito desenvolvido, mas os inconvenientes de radioisótopos levaram à implementação de outros métodos baseados na mesma reacção.

Os imunossensores electroquímicos usam enzimas conjugados com o antígeno ou o anticorpo. Esses enzimas marcadores catalizam uma reacção de oxiredução que é detectada pelo eléctrodo apropriado, podendo ser usados em maios opticamente opacos. Estes imunoeléctrodos têm uma larga gama de aplicação, desde detecção de moléculas de interesse em diagnóstico clínico, bactérias, até poluentes ambientais - pesticidas, toxinas, etc.

Melhoramentos em imobilização, material de eléctrodo, processos regenerativos, entre outros, serão estudados.

SUMMARY

Reactions of antibodies and antigens have high affinity, specificity and are used in immunoassays. RIA (Radioimmunoassays) has been largely used, but the inconvenience of using radioisotopes led to the implementation of alternative methods based on the same reaction.

Electrochemical immunosensors make use of enzymes conjugated to the antibody or the antigen. These marker enzymes catalyze a redox reaction which is detected by the appropriate electrode. Imunoelectrodes have advantage of being usable in optically opaque solutions. Imunoelectrodes can be applied in detecting molecules of interest in clinical diagnosis, bacteria, environment pollutants, such as pesticides, toxins, etc.

Improvements in immobilization procedures, electrode material, regenerative processes, etc, will be studied.

EQUIPAMENTO ESPECIALIZADO

Autolab (a adquirir).

PUBLICAÇÕES REPRESENTATIVAS / REPRESENTATIVE PUBLICATIONS

- M.J.F. Rebelo, "Eléctrodos selectivos de iões e suas aplicações clínicas", *Bol. Soc. Port. Quim.*, 42(2) (1990), 69.
- M.J.F. Rebelo, "Reference Method for the determination of ionized calcium in human blood serum and plasma", R.M. 380 BCR project (1988-1992).
- M.J.F. Rebelo, "Biosensors Electroquímicos", *Química*, 53 (1994) 43.
- Maria J.F. Rebelo, Dario Compagnone, George G. Guilbault, Glenn Lubrano, "Alcohol Measurements in Beverages", *Anal. Let.*, 27(15) (1994) 3027.

GRUPOS COM QUE COLABORA / COLLABORATION GROUPS

Universidade de Florença (Prof. Marco Mascini), Universidade de New Orleans (Prof. George G. Guilbault).

**Projecto 9.5 - PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE NOVOS MATERIAIS CONDUTORES /
PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF NEW CONDUCTING MATERIALS.**

CONSTITUIÇÃO DA EQUIPA / TEAM COMPOSITION

RESPONSÁVEL / RESPONSIBLE TEAM MEMBER: Luísa Maria Abrantes

OUTROS MEMBROS / OTHER TEAM MEMBERS: J.P. Correia, A.P. Ricardo, V. Pereira, M.C. Rouxinol

DESCRIÇÃO DO PROJECTO / DESCRIPTION OF THE PROJECT

ÁREA CIENTÍFICA PRINCIPAL / MAIN SCIENTIFIC AREA: Electroquímica Interfacial - Cinética Electródica / *Interfacial Electrochemistry - Electrode Kinetics*

INTERACÇÃO COM OUTRAS ÁREAS / INTERACTION WITH OTHER AREAS: Electrosíntese. Electrocatálise. Ciência dos Materiais. Electrónica / *Electrosynthesis. Electrocatalysis. Materials Science. Electronics*

OBJECTIVOS

Subprojecto 1: Investigação em polímeros condutores

Subprojecto 2: Preparação e estudo de novas ligas e materiais compósitos

AIMS

Subproject 1: Research on conductive polymers

Subproject 2: Preparation and study of new alloys and composite materials

SUMÁRIO

Subprojecto 1:

- Preparação electroquímica de polímeros condutores e estudo do seu comportamento redox, recorrendo a ultramicroeléctrodos e a técnicas ópticas (deflecção de feixe laser, elipsometria e espectroscopia de fotocorrente).
- Estudo das propriedades electrocatalíticas e da influência nas propriedades semicondutoras conferidas pela inserção de partículas metálicas na matriz polimérica. Investigação sobre o comportamento de eléctrodos modificados para a electrohidrogenação de compostos orgânicos.

Subprojecto 2:

- Preparação de novas ligas e de materiais compósitos por deposição electroquímica e por electroless. Optimização de condições experimentais. Caracterização de propriedades e estudo do comportamento desses materiais.

SUMMARY

Subproject 1:

- Electrochemical preparation of conductive polymers and study of their redox behaviour using ultramicroelectrodes and optical techniques (probe beam deflection, ellipsometry and photocurrent spectroscopy).
- Study of the electrocatalytic properties and effect on the semiconductor properties conferred by the insertion of metallic particles in the polymeric matrix. Research on modified electrodes behaviour for the electrohydrogenation of organic compounds.

Subproject 2:

- Preparation of new alloys and polymer/metallic oxide composites using electrochemical and electroless deposition processes. Optimization of experimental conditions. Properties characterization and study of these materials behaviour.

EQUIPAMENTO ESPECIALIZADO / RELEVANT EQUIPMENT

Técnicas electroquímicas correntes, impedância electroquímica, eléctrodo rotativo de disco e anel, técnicas ópticas (elipsometria, espectroscopia de fotocorrente e efeito miragem) / *Usual electrochemical techniques, electrochemical impedance, rotating ring-disc electrode, optical techniques (ellipsometry, photocurrent spectroscopy and probe beam deflection).*

PUBLICAÇÕES REPRESENTATIVAS / REPRESENTATIVE PUBLICATIONS

Subprojecto 1:

- L.M. Abrantes, J.P. Correia, "Photoelectrochemical Studies of Polymer Films - Poly(3-Methylthiophene) and Poly(3-Methylthiophene)/Cu Systems", *Electrochim. Acta*, aceite.
- L.M. Abrantes, J.P. Correia, M.C. Rouxinol, "Incorporações Electroless de Metais em Polimeros Condutores", *Livro de Actas do Materiais '95*, aceite.
- L.M. Abrantes, J.P. Correia, "Polymer Films Containing Metal Particles - Noble Metals in Polyaniline", *Materials Science Forum*, aceite e em impressão.
- L.M. Abrantes, J.P. Correia, "On the Electrochemical Synthesis of Poly-3-Methylthiophene", *Port. Electrochim. Acta*, 11 (1993) 63-66.
- F. Chao, M. Costa, E. Museux, E. Levart, L.M. Abrantes, "An Ellipsometric Study on the Electropolymerization of Poly-3-Methylthiophene under Various Conditions", *Elektrokhimiya* 29 (1993) 57-62.
- F. Chao, M. Costa, E. Museux, E. Levart, L.M. Abrantes, "Étude par Ellipsometrie de l'Électropolimerisation dans différentes conditions du Poly-Methyl-3-thiophene (PMeT)", *J. Chim. Phys.* 89 (1992) 1009-1018.

Subprojecto 2:

- A.P. Ricardo, L.M. Abrantes, "On the Preparation and Electrocatalytic Properties of Ni-Electroless Deposits", Surface Modification Technologies VIII, *Proceedings of the eighth International Conference on Surface Modification Technologies*, Ed. T.S. Sudarshan, M. Jeandin, J.J. Stiglich, W. Reich, The Institute of Materials 617, London (1995) 918-923.
- A.P. Ricardo, L.M. Abrantes, "Anodic Oxidation of DMAB and Influence of Additives in Electroless Plating", *Port. Electrochim. Acta*, 9 (1991) 113-116.

GRUPOS COM QUE COLABORA / COLLABORATION GROUPS

Instituto de Electroquímica Frumkin (Moscovo), Universidade de Bern, Universidade do País de Gales (Bangor), Laboratoire d'Electrochimie des Interfaces du CNRS (Meudon), Laboratoire d'Electrochimie Moléculaire du CENG (Grenoble), Universidade Claude Bernard Lyon I.

INFORMAÇÃO ADICIONAL / ADDITIONAL INFORMATION

Participação nos Projectos: "Redox Chemistry and Catalysis in the Microenvironment of Electrode Surfaces" (Programa COST), "Equilibrium and Transport Electrochemical Process in Conducting Polymers Coated Electrodes" (Programa INTAS), "Eléctrodos Modificados com Polímeros Electronicamente Condutores" (Protocolo JNICT/British Council).

**Projecto 9.6 - MECANISMOS ENVOLVIDOS EM PROCESSOS DE INTERFACE S/L E L/L /
MECHANISMS INVOLVED IN S/L AND L/L INTERFACIAL PROCESSES.**

CONSTITUIÇÃO DA EQUIPA / TEAM COMPOSITION

RESPONSÁVEL / RESPONSIBLE TEAM MEMBER: Luísa Maria Abrantes

OUTROS MEMBROS / OTHER TEAM MEMBERS: A.P.Paiva, M.C.Oliveira, H.Tomás, M.C.Costa, M.I.Trindade

DESCRIÇÃO DO PROJECTO / DESCRIPTION OF THE PROJECT

ÁREA CIENTÍFICA PRINCIPAL / MAIN SCIENTIFIC AREA : Electroquímica Interfacial. Cinética Electródica / *Interfacial Electrochemistry. Electrode Kinetics*

INTERACÇÃO COM OUTRAS ÁREAS / INTERACTION WITH OTHER AREAS: Tratamento de Superfícies. Biomateriais. Electrohidrometalurgia. Protecção Ambiental / *Surface Treatment. Biomaterials. Electrohydrometallurgy. Environmental Protection.*

OBJECTIVOS

Subprojecto 1: Investigação sobre o mecanismo do processo Electroless.

Subprojecto 2: Biodegradação controlada de biomateriais metálicos.

Subprojecto 3: Pré-tratamento de minérios sulfuretados. Processamento de matérias primas secundárias e tratamento de resíduos.

Subprojecto 4: Estudo de processos de purificação e recuperação metálica de soluções.

AIMS

Subproject 1: Research on the Electroless mechanism.

Subproject 2: Controlled biodegradation of metallic biomaterials.

Subproject 3: Pre-treatment of sulphide ores. Processing of secondary raw materials and treatment of residues.

Subproject 4: Study of processes for the purification and metal recovery from solutions.

SUMÁRIO

Subprojecto 1:

- Estudo das condições de adsorção e oxidação de agentes redutores no processo Electroless. Investigação relativa à influência da natureza e orientação cristalográfica dos substratos no mecanismo reaccional.

Subprojecto 2:

- Estudos electroquímicos de biodegradação de biomateriais metálicos empregues como eléctrodos em meios biológicos simulados. Definição de condições experimentais que permitam biodegradação controlada adequada para investigação de biocompatibilidade.

Subprojecto 3:

- Oxidação anódica de sulfuretos metálicos. Electrolixiviação de minérios sulfuretados, matérias-primas secundárias e resíduos. Electrohidrometalurgia de matérias-primas com metais preciosos, em meios não cianídricos. Processos electroquímicos em meios cloretados.

Subprojecto 4:

- Interpretação do processo de Extração por Solventes e investigação de novas vias processuais - cementação directa de meios orgânicos carregados com metais, electrólise bifásica, troca iónica electroassistida.

SUMMARY

Subproject 1:

- Study of the conditions for adsorption and oxidation of the reductive agents used in the Electroless process. Research on the influence of the nature and the crystallographic orientation of the substrates in the reactional mechanism.

Subproject 2:

- Electrochemical studies of the biodegradation of metallic biomaterials used as electrodes in simulated biologic media. Establishment of experimental conditions allowing controlled biodegradation required for biocompatibility investigation.

Subproject 3:

- Anodic oxidation of metallic sulphides. Electroleaching of sulphide ores, secondaries and residues. Electrohydrometallurgy of precious metals raw materials using non-cyanide media. Electrochemical processing in chloride solutions.

Subproject 4:

- Research on the understanding of solvent extraction process and study of new processes - direct cementation from metal loaded organic media, two-phase electrolysis and electrochemical ion exchange.

EQUIPAMENTO ESPECIALIZADO / RELEVANT EQUIPMENT

Ver projecto 9.6 / See Project 9.6

PUBLICAÇÕES REPRESENTATIVAS / REPRESENTATIVE PUBLICATIONS

Subprojecto 1:

- L.M. Abrantes, M.C. Oliveira, E. Vieil, "A Probe Beam Deflection Study of the Hypophosphite Oxidation on a Nickel Electrode", *Electrochim. Acta*, submetido.

- L.M. Abrantes, M.C. Oliveira, "Progress in the understanding of the Hypophosphite Ion Oxidation on Nickel Single Crystals", *Electrochim. Acta*, aceite (1995).
- L.M. Abrantes, J.P. Correia, M.C. Oliveira, "Electrochemical Study on the Auto-Oxidation of Hypophosphite Ion", *J. Electroanal. Chem.*, aceite (1995).
- L.M. Abrantes, J.P. Correia, "On the Mechanism of Electroless Ni-P Plating", *J. Electrochem Soc.*, 141 (1994) 2356-2360.
- L.M. Abrantes, M.C. Oliveira, J.P. Bellier, J. Lecoer, "Electrooxidation of Hypophosphite Ions on Nickel Single Crystal Electrodes", *Electrochim. Acta*, 39 (11/12) (1994) 1915-1922.
- L.M. Abrantes, A.P. Ricardo, "Electrocatalytic Behaviour of Different Substrates for the Electrooxidation of DMAB in Electroless Metal Deposition", *Port. Electrochim. Acta*, 11 (1993) 63-66.

Subprojecto 2:

- H. Tomás, G.S. Carvalho, M.H. Fernandes, A.P. Freire, L.M. Abrantes, "Effects of Co-Cr Corrosion Products and Corresponding Separate Metal Ions on Human Osteoblast-like Cell Cultures", *J. Mat. Science: Mat. in Medicine*, submetido.
- H. Tomás, G.S. Carvalho, M.H. Fernandes, A.P. Freire, L.M. Abrantes, "The Use of Rat, Rabbit or Human Bone Marrow derived Cells for Cytocompatibility Evaluation of Metallic Elements", *J. Mat. Sci.: Mat. in Medicine*, submetido.
- H.P. Tomás, A.P. Freire, L.M. Abrantes, "Activity of Plasma Proteins Regarding Biomaterials Corrosion - pH effects", *Materials Science and Implant Orthopaedic Surgery, II*, Ed. R.Kossowsky e N.Kossowsky, NATO/ASI Series Volume 294 (1995) 61-71.
- H. Tomás, A.P. Freire, L.M. Abrantes, "Cast Co-Cr Alloys and Pure Chromium in Proteinaceous Media: an Electrochemical Characterization", *J. Mat. Sci.: Mat. in Medicine*, 5 (1994) 446-451.
- L.M. Abrantes, M.H. Maurício, "Degradação de Ligas Metálicas Usadas em Cirurgia Ortopédica", *Bol. Soc. Port. Quim.*, nº44/45 (Série II) Junho/Setembro (1991) 67-71.
- M.F. Viegas, L.M. Abrantes, J. Lecouer, "Metal Materials Biodegradation: A Chronoamperometric Study", *J. Mat. Sci.: Mat in Medicine*, 1 (1990) 105-109.

Subprojecto 3:

- L.M. Abrantes, L.V. Araújo, M.D. Levi, "Voltammetric Studies on Copper Deposition/Dissolution Reactions in Aqueous Chloride Solutions", *Minerals Engineering*, aceite e em impressão (1995).
- L.M. Abrantes, M.C. Costa, "Electrooxidation as a Pre-treatment for Gold Recovery", *Hydrometallurgy*, aceite e em impressão (1995).
- L.M. Abrantes, M.C. Costa, A.P. Paiva, "Pre-treatment by Electrolytic or Oxidative Leaching for recovery of Gold and Silver from Refractory Sulphide Concentrates", *Hydrometallurgy '94, Proceedings of the International Symposium on Hydrometallurgy*, Ed. Institution of Mining and Metallurgy, SCI, Chapman & Hall, London (1994) 409-423.
- A.P. Paiva, L.V. Araújo, L.M. Abrantes, "The Electrochemical Characterization of Chloride Leach Solutions and the Selectivity of Solvent Extraction for Silver Recovery", *Proceedings of EPD Congress 1994*, Ed. G.Warren, The Minerals, Metals and Materials Society, Denver (1993) 231-242.
- L.M. Abrantes, L.V. Araújo, "Anodic Dissolution of Chalcopyrite Concentrates in Aqueous Chloride Solutions", *Hydrometallurgy - Fundamentals, Technology and Innovation, Proceedings of the Milton E. Wadsworth (IV) International Symposium of Hydrometallurgy*, Ed. J.B.Hiskey and G.W.Warren, Soc. for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc., Littleton, Colorado (1993) 957-969.

- L.M. Abrantes, L.V. Araújo, "An Electrochemical Study of the Behaviour of Chalcopyrite in Acid and Alkaline Solutions", *Port. Electrochim. Acta*, 11 (1993) 67-71.

Subprojecto 4:

- A.P. Paiva e L.M. Abrantes, "Sulfur-Phosphorus Ligands in the Solvent Extraction of Silver", *Proceedings of EPD Congress 1994*, Ed. G.Warren, The Minerals, Metals and Materials Society, Denver (1993) 243-255.
- A.P. Paiva e L.M. Abrantes, "Molecular Features in the Solvent Extraction of Silver", *Proceedings of the International Solvent Extraction Conference, ISEC 93, Solvent Extraction in the Process Industries*, Vol.3, Ed. D.H.Logsdail, M.J.Slater, SCI Elsevier Applied Science, London (1993) 1377-1382.
- A.P. Paiva, H.C. Pereira, L.M. Abrantes, "Electroreductive Stripping of Silver in the (C₆H₅)₃P-Na₂S₂O₃ Two-phase System", *Separation Science and Technology* 28 (13&14) (1993) 2097-2102.
- A.P. Paiva, L.M. Abrantes, "Solvent Extraction on Silver Recovery from Chloride Leach Solutions", *Proceedings of EPD Congress 1993*, Ed. J.P.Hager, The Minerals, Metals and Materials Soc., Denver (1992) 157-168.
- L.M. Abrantes, L.V. Araújo, "Two-phase Electrolysis in Copper Extraction from a Chalcopyrite Concentrate", *Proceedings of the 2nd International Conference on Hydrometallurgy*, Vol.2, Ed. C.Jiayong, Y.Songqing, D.Zuoqing, Changsha, Int. Academic Publisher, Beijing (1992) 601-606.
- A.P. Paiva, J.C. Pereira, L.M. Abrantes, "Sobre a Extração com Solventes em Hidrometalurgia", *Bol. Soc. Port. Quím.*, nº 43 (Série II) Março (1991) 13-19.

GRUPOS COM QUE COLABORA / COLABORATION GROUPS

Laboratoire d'Electrochimie des Interfaces du CNRS (Meudon), Laboratoire d'Electrochimie Moléculaire du CENG (Grenoble), Universidade Claude Bernard de Lyon I, L'Ecole Supérieure de Physique et de Chemie Industrielle (Paris).

INFORMAÇÃO ADICIONAL / ADDITIONAL INFORMATION

Participação nos projectos:

"Récuperation de metaux précieux en milieu chlorum dilué: Extraction par solvant et Échange d'ions électroassisté" (convénio JNICT/Embaixada de França), "Efeito Miragem no Estudo de Processos Electroquímicos" (idem), "Factores que determinam a selectividade na Extração da Prata por Solventes Orgânicos" (convénio JNICT/CNRS).

Investigação Aplicada:

L.M. Abrantes é Director Responsável da área de Electroquímica - Hidrometalurgia e Revestimentos e Filmes Finos do Instituto de Ciência Aplicada e Tecnologia (ICAT) da Faculdade de Ciências de Lisboa.

Principais Projectos: "Hidroelectrometalurgia de concentrados mineralúrgicos de Sulfuretos Metálicos" (Programa PEDIP), "Revestimento e Filmes Finos preparados por Electroless" (idem); "Lead Recovery from Lead Oxide Secondaries" (Programa Brite Euram).

Publicações:

- G. Diaz, C. Frias, L.M. Abrantes, A. Aldaz, K. van Deelen e R. Couchinho, "Lead-Acid Battery Recycling by the Placid Process - A Global Approach", *Proceedings of*

the third International Symposium on Recycling of Metals and Engineered Materials, TMS, Alabama, EUA, aceite para publicação (1995).

- G. Diaz, C. Frias, L.M. Abrantes, A. Aldaz, K. van Deelen e R. Couchinho, "Development of the Placid Process", *Proceedings of the Canmet-CEU-USBM, Workshop*, Denver, EUA, em publicação (1995).

Projecto 9.7 - DESENVOLVIMENTO DE TÉCNICAS VOLTAMÉTRICAS COM ELÉCTRODOS HIDRODINÂMICOS - APLICAÇÃO A ESTUDOS DE NUTRIÇÃO VEGETAL / DEVELOPMENT OF VOLTAMMETRIC TECHNIQUES WITH HYDRODYNAMIC ELECTRODES - APPLICATION TO PLANT NUTRITION STUDIES.

CONSTITUIÇÃO DA EQUIPA / TEAM COMPOSITION

RESPONSÁVEIS / RESPONSIBLE TEAM MEMBERS: Maria Manuela Rocha e Maria Pereira Mendes Neto

DESCRIÇÃO DO PROJECTO / DESCRIPTION OF THE PROJECT

ÁREA CIENTÍFICA PRINCIPAL / MAIN SCIENTIFIC AREA: Electroanálise / *Electroanalysis*
INTERACÇÃO COM OUTRAS ÁREAS / INTERACTION WITH OTHER AREAS: Poluição Ambiental, Nutrição Vegetal / *Environmental Pollution. Plant Nutrition*

OBJECTIVOS

- Desenvolvimento de sensores electroquímicos para determinação de metais pesados em matrizes aquosas, em concentrações submicromolares.
- Apoio a estudos de toxicidade e tolerância de várias espécies vegetais a metais pesados.
- Caracterização da interacção metal pesado-complexo coloidal do solo por via electroquímica.

AIMS

- Development of electrochemical sensors for the determination of heavy metals in aqueous matrices, at trace levels.
- Toxicity and tolerance studies of several plants to heavy metals.
- Characterization of the heavy metal - colloidal soil complex interaction by electrochemical methods.

SUMÁRIO

Actualmente tem havido, em vários sectores, uma crescente necessidade de novos métodos e sensores para a determinação de elementos vestigiais.

A detecção electroquímica de metais pesados em concentrações ultravestigiais em solução aquosa tem sido o objectivo do nosso trabalho de investigação.

A contaminação por metais pesados é um sério problema ambiental dado o facto de poderem ser altamente tóxicos mesmo a muito baixas concentrações e, ainda, ao facto da libertação destes metais nas reservas ambientais estar sistematicamente a aumentar.

Temos vindo a desenvolver métodos voltamétricos com um sensor hidrodinâmico baseado no eléctrodo "wall-jet" com filme de mercúrio, empregando técnicas de redissolução e aplicado em onda quadrada (determinação de molibdénio, níquel, chumbo e cádmio em simultâneo) e em terminação linear de potencial (cobre e chumbo).

Temos aplicado estes potenciais à determinação automatizada daqueles metais pesados, em sistemas naturais tais como solos e plantas de reconhecido interesse.

SUMMARY

In recent years there has been an increasing demand for the development of new methods and sensors for the determination of trace elements in various fields.

The electrochemical detection of trace levels of heavy metals in aqueous solutions has been the aim of our research work.

Contamination with heavy metals is a serious environmental problem because they may be highly toxic even at very low concentrations, and release of such elements is increasing into natural resources.

We have developed voltammetric methods with an hydrodynamic sensor based on the wall-jet mercury film electrode and the technique employed is stripping voltammetry as a result of its inherent sensitivity. The stripping step is performed by square wave voltammetry (determination of molybdenum, nickel, lead and cadmium simultaneously) and linear sweep voltammetry (copper and lead).

We have already reported applications in the determination of the referred heavy metals in natural systems such as soils and plants.

EQUIPAMENTO ESPECIALIZADO / RELEVANT EQUIPMENT

Eléctrodos hidrodinâmicos: eléctrodo rotativo de disco e anel e eléctrodo wall-jet. Interface electroquímica / *Hydrodynamic electrodes: rotating ring-disc electrode and wall-jet electrode. Interface rack.*

PUBLICAÇÕES REPRESENTATIVAS / REPRESENTATIVE PUBLICATIONS

- Maria M.P.M. Neto, Maria M.G.S. Rocha, Christopher M.A. Brett, "Square Wave Adsorptive Stripping Voltammetry of Mo(VI) in Continuous Flow at a Wall-Jet Mercury Film Electrode Sensor", *Talanta*, 41, 1597-1601, 1994.
- Maria M.G.S. Rocha, Maria M.P.M. Neto, Maria O. Torres, Amarilis de Varennes, "Efeito de Alguns Metais Pesados na Composição Mineral de *Alyssum pintodasilvae*", *Proceedings da 4ª Conferência Nacional sobre Qualidade do Ambiente*, Vol. III, 105-109, 1994.
- Maria M.P.M. Neto, Maria M.G.S. Rocha e Amarilis de Varennes, "Tolerância da Tremocilha ao Chumbo e Cádmio", *Proceedings da 4ª Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente*, Vol. I, H84-H89, 1994.
- Maria M.P.M. Neto, Amarilis de Varennes, "Determination of Lead in White Lupin by Anodic Stripping Voltammetry", *Plant and Soil*, 154, 1-5, 1993.
- Christopher M.A. Brett, Maria M.P.M. Neto, "Voltammetric Studies and Stripping Voltammetry of Mn(II) at the Wall-Jet Ring-Disc Electrode", *J. Electroanal. Chem.*, 258, 345-355, 1989.

GRUPOS COM QUE COLABORA / COLLABORATION GROUPS

Secção Autónoma de Química Agrícola do Instituto Superior de Agronomia

**Projecto 9.8 - ESTUDO DE NOVOS ÓXIDOS COM ACTIVIDADE ELECTROCATALÍTICA
RELATIVAMENTE À REACÇÃO DE EVOLUÇÃO DO OXIGÉNIO / STUDY OF
NOVEL OXIDES FOR OXYGEN EVOLUTION.**

CONSTITUIÇÃO DA EQUIPA / TEAM COMPOSITION

RESPONSÁVEL / RESPONSIBLE TEAM MEMBER: Maria Isabel da Silva Pereira

OUTROS MEMBROS / OTHER TEAM MEMBERS: Ana Berta Lopes Correia Tavares

DESCRIÇÃO DO PROJECTO / DESCRIPTION OF THE PROJECT

ÁREA CIENTÍFICA PRINCIPAL DO PROJECTO E INTERACÇÃO COM OUTRAS ÁREAS / MAIN
SCIENTIFIC AREA AND INTERACTION WITH OTHER AREAS: Electroquímica. Electrocatalise. Química
do Estado Sólido / *Electrochemistry. Electrocatalysis. Solid State Chemistry*

OBJECTIVOS

Pesquisa de novos óxidos mistos com características adequadas à sua utilização como
electrodos em processos de interesse tecnológico tais como a electrólise da água.

AIMS

Search of novel mixed oxides with suitable characteristics to be used as anodes in
processes such as the water electrolysis.

SUMÁRIO

Síntese e caracterização estrutural, morfológica, eléctrica e electroquímica de novos
óxidos mistos com actividade electrocatalítica, relativamente à reacção de evolução do
oxigénio. São objecto de estudo, óxidos derivados da espinela NiCo_2O_4 , por substituição
parcial do Ni e/ou Co por outros catiões. A actividade electrocatalítica dos novos óxidos é
avaliada através de técnicas potencioestáticas de estado estacionário.

SUMMARY

Synthesis, structural, morphological, electrical and electrochemical characterization of
novel mixed oxides with electrocatalytic activity towards the oxygen evolution reaction. These
studies concern the oxides derived from the NiCo_2O_4 spinel type oxide, by partial replacement
of Ni and/or Co by other cations. The electrocatalytic activity of the new materials is evaluated
by potentiostat steady state measurements.

EQUIPAMENTO ESPECIALIZADO / RELEVANT EQUIPMENT

Osciloscópio digital Nicolet, modelo NIC-310, potenciostato/galvanostato PARC modelo 263, instalação para espectroscopia de fotocorrente

PUBLICAÇÕES REPRESENTATIVAS / REPRESENTATIVE PUBLICATIONS

- M.I. da Silva Pereira, L.M. Peter, "Studies of Two Dimensional Electrocrystallization: The CdS/Cd(Hg) System", *J. Electroanal. Chem.*, 140, (1982), 103.
- G. Larramona, C. Gutiérrez, M.I. da Silva Pereira, M.R. Nunes, F.M.A. da Costa, "Characterization of the mixed Perovskite $BaSn_{1-x}Sb_xO_3$ by Electrolyte Electroreflectance, Diffuse Reflectance and XPS", *J. Chem. Soc. Faraday Trans. 1*, 85, (1989), 907.
- H.M.C.S. Carapuça, M.I. da Silva Pereira, F.M.A. da Costa, "Effect of the Preparation Procedure on the Surface Properties of $NiCo_2O_4$ Electrodes", *Mat. Res. Bull.*, 25, (1990), 1183.
- J.A. Caram, C. Gutiérrez, G. Pimenta, M.I. da Silva Pereira, "Cyclic Voltammetry and Potential Modulated Reflectance Spectroscopic Study of an Iron Electrode in Alkaline Sulphide Solutions", *J. Electroanal. Chem.*, 344, (1993), 199.
- M.I. da Silva Pereira, F.M.A. da Costa, Ana C. Tavares, "Electrochemical Behaviour of $NiCo_{2-x}Rh_xO_4$ Spinel System", *Electrochim. Acta*, 39, (1994), 1571.

GRUPOS COM QUE COLABORA / COLABORATION GROUPS

University of Bath, U.K. (Prof. Laurence Peter), University of Milan, Itália (Prof. Sérgio Trasatti), University of Simon Bolivar, Caracas, Venezuela (Prof. B. Scharifker), Université Bordeaux I, Laboratoire de Chimie du Solide du CNRS (Dr. A. Wattiaux), Instituto de Química-Física Rocasolano, Madrid, Espanha (Prof. C. Gutiérrez), Departamento de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa (Doutora Margarida Godinho).

Projecto 9.9 - ELECTRODEPOSIÇÃO DE SULFURETOS SEMICONDUTORES: SUA UTILIZAÇÃO EM DISPOSITIVOS FOTOVOLTAICOS / ELECTRODEPOSITION OF TRANSITION METAL SULPHIDES SEMICONDUCTORS FOR PHOTOVOLTAIC DEVICES.

CONSTITUIÇÃO DA EQUIPA / TEAM COMPOSITION

RESPONSÁVEIS / RESPONSIBLE TEAM MEMBERS: Maria Isabel da Silva Pereira e Fernanda Madalena Costa

OUTROS Membros / OTHER TEAM MEMBERS: Anabela Beatriz Madeira Gomes e Maria Helena Mendonça

DESCRIÇÃO DO PROJECTO / DESCRIPTION OF THE PROJECT

ÁREA CIENTÍFICA PRINCIPAL DO PROJECTO E INTERACÇÃO COM OUTRAS ÁREAS / MAIN SCIENTIFIC AREA AND INTERACTION WITH OTHER AREAS: Electroquímica. Electrocatálise. Química do Estado Sólido / *Electrochemistry. Electrocatalysis. Solid State Chemistry*

OBJECTIVOS

Optimização dos métodos de preparação de películas finas de sulfuretos de metais de transição, tendo em vista a sua utilização como materiais fotossensíveis.

AIMS

Electrodeposition of semiconductors thin films. Optimization of the preparation methods in order to obtain good quality fotoactive materials.

SUMÁRIO

Preparação de películas finas de sulfuretos metálicos utilizando diferentes métodos electroquímicos. Caracterização estrutural e morfológica dos filmes. Estudo do seu comportamento por espectroscopia de fotocorrente.

SUMMARY

Preparation of transition metal sulphides thin films by different electrochemical methods. Structural and morphological characterization. Study of the films fotoactivity by photocurent spectroscopy.

EQUIPAMENTO ESPECIALIZADO / RELEVANT EQUIPMENT

Ver Projecto 9.8 / See Project 9.8

PUBLICAÇÕES REPRESENTATIVAS / REPRESENTATIVE PUBLICATIONS

Ver Projecto 9.8 / See Project 9.8

GRUPOS COM QUE COLABORA / COLLABORATION GROUPS

Ver Projecto 9.8 / See Project 9.8

10

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA
NEW UNIVERSITY OF LISBON

INSTITUIÇÃO / INSTITUTION: Universidade Nova de Lisboa

MORADA / ADDRESS: Departamento de Química - Faculdade de Ciências e Tecnologia
2825 Monte de Caparica
Tel: (01) 2954464, Ext: 0932
Fax: (01) 2954461
E mail: jgmChelium.fct.unl.pt

DOMÍNIO DA ELECTROQUÍMICA / ELECTROCHEMICAL AREA

- Bioelectroquímica / *Bioelectrochemistry*

PROJECTOS DE INVESTIGAÇÃO EM ELECTROQUÍMICA / PROJECTS ON ELECTROCHEMICAL RESEARCH

10.1 - Electroquímica de Metaloproteínas / *Electrochemistry of the Metalloproteins.*

INFORMAÇÃO RELEVANTE SOBRE OS PROJECTOS / RELEVANT INFORMATION ON THE PROJECTS

Projecto 10.1 ELECTROQUÍMICA DE METALOPROTEÍNAS / ELECTROCHEMISTRY OF THE METALLOPROTEINS.

CONSTITUIÇÃO DA EQUIPA / TEAM COMPOSITION

RESPONSÁVEL / RESPONSIBLE TEAM MEMBER: José J.G. Moura
OUTROS MEMBROS / OTHER TEAM MEMBERS: Mauro Scharf, Carla Susana Ascenso

DESCRIÇÃO DO PROJECTO / DESCRIPTION OF THE PROJECT

ÁREA CIENTÍFICA PRINCIPAL / MAIN SCIENTIFIC AREA: Bioelectroquímica / *Bioelectrochemistry*

OBJECTIVOS

Estudos electroquímicos de metaloproteínas, enzimas e de compostos modelos inorgânicos envolvidos em processos redox. Determinação dos potenciais redox e cinéticas de transferência do electrão. Estudo da influência de parâmetros externos e ligandos nas velocidades de transferência de carga. Acoplamento de técnicas electroquímicas a outras técnicas (UV-Visível, RPE). Desenvolvimento de sensores electroquímicos usando sistemas enzimáticos (biosensores). Simulação computacional do comportamento electroquímico de sistemas multi-redox.

AIMS

Electrochemical studies of the metalloproteins, enzymes and inorganic models compounds involved in redox processes. Determination of the redox potential, and kinetics of the electron

transfer. Studies on the influence of the external parameter and ligands on the electron transfer kinetics. Coupling of electrochemical techniques with the UV/Visible and EPR spectroscopies. Development of the electrochemical sensors using enzymatic systems (biosensors). Simulation of the electrochemical behaviour of multi-redox systems.

SUMÁRIO

As bactérias redutoras do sulfato desempenham um papel importante nos ciclos do enxofre, hidrogénio e nitrogénio. Uma extensa lista de proteínas são isoladas a partir destes organismos, principalmente metaloproteínas, tais como citocromos mono e multihémicos, proteínas com centros ferro-enxofre simples tipo rubredoxinas e complexas (ferredoxinas) com centros [2Fe-2S], [3Fe-4S] e [4Fe-4S], além de proteínas contendo níquel (hidrogenases) e molibdénio (óxido-redutase do aldeído). Estas proteínas têm sido extensamente caracterizadas por espectroscopias de UV-Visível, EPR, NMR E Mössbauer. Através de técnicas electroquímicas (CV, DPV, SWV) são estudadas as propriedades redox destas proteínas e o seu envolvimento nos processos de transferência electrónica. Uma série de eléctrodos sólidos são testados. Para aumentar a resposta faradáica são estudados vários modificadores e promotores para maximizar a interacção proteína/eléctrodo. As proteínas que apresentam propriedades catalíticas são objecto de grande interesse, de modo a otimizar as condições para a sua utilização na construção de biosensores.

SUMMARY

The sulphate reducing bacteria play a fundamental role in the biocycle of sulphur, nitrogen, and hydrogen. A wide range of proteins, mainly metalloproteins, are isolated from these organism, such as mono and multi-hemes cytochromes, simple iron-sulphur proteins rubredoxins type, ferredoxins ([2Fe-2S], [3Fe-4S] and [4Fe-4S] centres), and nickel (hydrogenase) and molybdenum(aldehyde oxido reductase) containing proteins. These proteins were well characterized by UV-Visible, EPR, NMR and Mössbauer spectroscopies. By electrochemical experiments (CV, DPV, SWV) we study the redox properties of these enzymes and their role in electron transfer processes. A range of solid electrodes are tested. To increase the faradaic response, we study the effect of some promoters and modifiers. These tools are used to maximize the protein/electrode interactions. The proteins that show catalytic properties are explored in order to optimize conditions for biosensors construction.

EQUIPAMENTO ESPECIALIZADO / RELEVANT EQUIPMENT

Potentiostat/Galvanostat EG&G PAR (modelo 273), software EG&G PAR M270, potentiostat ECO-CHEMIE AUTOLAB (modelo PSTAT 10), software ECO-CHEMIE GPES 2.

PUBLICAÇÕES REPRESENTATIVAS / REPRESENTATIVE PUBLICATIONS

- C. Moreno, A. Campos, M. Teixeira, J. LeGall, M.I. Montenegro, I. Moura, C. Van Dijk, J.J.G. Moura, "Simulation of Electrochemical Behaviour of the Multi-redox Systems Current Potential Studies on Multiheme Cytochromes", *Fur. J. Biochem.* 212, 385-393 (1991).

- C. Moreno, C. Costa, I. Moura, J. LeGall, M.I. Montenegro, M.Y. Liu, W.Y. Payne, C. Van Dijk, J.J.G. Moura, "Electrochemical Studies of Heaxaheme Nitrite Reductase from *Desulfovibrio desulfuricans* ATCC 27774", *Eur. J. Biochem.* 212, 79-86 (1992).
- C. Moreno, R. Franco, I. Moura, J. LeGall, J.J.G. Moura, "Voltammetric Studies of the Catalytic Electron Transfer Process between the *Desulfovibrio gigas* Hydrogenase and small Proteins isolated from the same Genus", *Eur. J. Biochem.* 217, 981-989 (1993).
- C. Moreno, A.L. Macedo, I. Moura, J. LeGall, J.J.G. Moura, "Redox Properties of *Desulfovibrio gigas* [3Fe-4S] and [4Fe-4S] Ferredoxins and Heterometal Cubane Type Clusters formed within 3Fe-4S core Square Wave Voltammetric Studies", *J. Inorg. Biochem.* 53, 219-234 (1994).
- M. Scharf, C. Moreno, C. Costa, C. Van Dijk, W.Y. Payne, J. LeGall, I. Moura, J.J.G. Moura, "Electrochemical Studies on Nitrite Reductase - Towards a Biosensor", Submitted to *BBRC*.

**INSTITUTO NACIONAL DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA
INDUSTRIAL (INETI) - INSTITUTO DE TECNOLOGIA
INDUSTRIAL (Lumiar)**

***NATIONAL INSTITUTE OF ENGINEERING AND INDUSTRIAL
TECHNOLOGY (INETI) - INSTITUTE OF INDUSTRIAL
TECHNOLOGY (Lumiar)***

INSTITUIÇÃO / INSTITUTION: Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial (INETI / IMP)

MORADA / ADDRESS: Paço do Lumiar, 22
1699 LISBOA CODEX
Tel: (01) 7164211
Fax: (01) 7166568

DOMÍNIO DA ELECTROQUÍMICA / ELECTROCHEMICAL AREA

- Corrosão e Tratamentos de Superfície / *Corrosion and Surface Treatments*

PROJECTOS DE INVESTIGAÇÃO EM ELECTROQUÍMICA / PROJECTS ON ELECTROCHEMICAL RESEARCH

- Toxicity Reduction of Organic Effluents by Electrochemical Treatment -1993-1995.
- Detecção, Identificação e Monitorização da Corrosão em Circuitos de Refrigeração em Centrais Térmicas - 1992-1995.
- New types of Corrosion Impairing the Reliability of Copper in Ppotable Waters Caused by Microorganism - 1992-1995 (Sub-Contrato).
- Baterias de Electrólito Polimérico - 1991-1994.
- The Development of an Implantation Process as Applied to the Improvement of Service life and Reliability of Rolling Bearings in Gas Turbine Engines - 1990-1994.
- Caracterização do Estado Superficial e do Encruamento na Corrosão sob Tensão do Aço St37 - 1990-1993.

INFORMAÇÃO RELEVANTE SOBRE OS PROJECTOS / RELEVANT INFORMATION ON THE PROJECTS

Projecto 11.1 CORROSÃO E TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE / CORROSION AND SURFACE TREATMENTS

CONSTITUIÇÃO DA EQUIPA / TEAM COMPOSITION

RESPONSÁVEL / RESPONSIBLE TEAM MEMBER: C.M. Rangel

OUTROS MEMBROS / OTHER TEAM MEMBERS: M.H. Simplício, T.I. Paiva, M.L. Urmal, M.J. Plancha, M.A. Travassos, A.G. Santos, A.I. Sá, A. Moreira

DESCRIÇÃO DO PROJECTO / DESCRIPTION OF THE PROJECT

ÁREA CIENTÍFICA PRINCIPAL DO PROJECTO E INTERACÇÃO COM OUTRAS ÁREAS / MAIN SCIENTIFIC AREA AND INTERACTION WITH OTHER AREAS: Electroquímica de Materiais. Corrosão / *Electrochemistry of Materials. Corrosion*

OBJECTIVOS

- Novos Materiais
- Monitorização Industrial
- Energia e Ambiente

AIMS

- New Materials
- Industrial Monitoring
- Energy and Environment

SUMÁRIO

Novos Materiais:

- Tratamento de superfície para o aumento do tempo de serviço de ferramentas de aço.
- Novas ligas superficiais e optimização dos tratamentos de superfície para ligas de alumínio.
- Tratamento de superfície por “shot peening” e o efeito de tensões residuais.

Monitorização Industrial:

- Monitorização da corrosão em tempo real para sistemas de arrefecimento.
- Análise de fractura e implementação de sistemas inteligentes para selecção de materiais e diagnóstico de corrosão.
- Optimização de inibidores para utilização em poços geotérmicos.
- Inibição da dezincificação de cartridges de latão.

Energia e Ambiente

- Novas superfícies catalíticas para o tratamento electroquímico de efluentes industriais.
- Novos polímeros para uso em baterias.

SUMMARY

New Materials

- Surface treatment for the improvement of service life of tools steels
- New superficial alloys and optimization of surface treatments for aluminium alloys
- Surface treatment by shot peening and the effect of residual stresses

Industrial Monitoring

- Corrosion Monitoring in real time for cooling systems
- Failure analysis and implementation of expert systems for materials selection and corrosion diagnosis
- Optimization of inhibitors for use in geothermal wells
- Inhibition of dezincification of cartridge brass

Energy and Environment

- New catalytic surfaces for the electrochemical treatment of industrial effluents
- New polymers for use in batteries

EQUIPAMENTO ESPECIALIZADO / RELEVANT EQUIPMENT

Conventional Equipment for AC and DC Electrochemistry.

PUBLICAÇÕES REPRESENTATIVAS / REPRESENTATIVE PUBLICATIONS

- C.M. Rangel, M.H. Simplicio, A.C. Consiglieri and others, "The Effect of the Angle of Beam Incidence on the Aqueous Corrosion of M50 Steel Substrates", *Surface and Coating Technology*, 51, 483 (1992).
- C.M. Rangel, L.F. Cruz, "Zinc Dissolution in Lisbon Tap Water", *Corros. Sci.*, 33, 1479 (1992).
- C.M. Rangel, M.A. Travassos, "The Passivation of Aluminium in Lithium containing Carbonat Solutions", *Corros. Sci.*, 33, 327 (1992).
- C.M. Rangel, J. De Damborenesa, M.H. Simplicio, A.I. de Sá, "Zinc/Polyphosphates as Corrosion Inhibitors for Zinc in Near Neutral Waters", *Brit. Corros. Jornal.*, 27, n°3 (1992).
- M.J. Plancha, C.M. Rangel, C.A.C. Sequeira, "AC Conductivity of Polymer Complexes formed by Poly (Ethylene Oxide) and Nickel Chloride", *Solid State Ionics*, 58, 3 (1992).
- B. Torp, B.R. Nielsen, C.M. Rangel, M.F. Silva, "Improvement of Rolling Contact Fatigue Life of Ion Implanted M50 Steel", *Nuclear Instruments and Methods in Physical Research*, B80/81, 246 (1993).

GRUPOS COM QUE COLABORA / COLABORATION GROUPS

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FEUP), Instituto Superior Técnico (IST), CNRS, Universidade Nova de Lisboa (UNL), UMIST, RHP Bearings, EA Technology.

INFORMAÇÃO OU COMENTÁRIOS ADICIONAIS / ADDITIONAL INFORMATION OR COMMENTS

Master Course in Corrosion Science and Engineering (Protocol INETI-UMIST).

INSTITUIÇÃO / INSTITUTION: Universidade do Algarve
Unidade de Ciências Exactas e Humanas (Projecto 12.1)
Unidade de Ciências e Tecnologias dos Recursos Aquáticos (Projectos 12.2 e 12.3)

MORADA / ADDRESS: Campus de Gambelas
8004 Faro
Tel: (089) 87166 (Projecto 1); (089) 800 900 (Projectos 2 e 3)
Fax: (089) 818560 (Projecto 1); (089) 818 353 (Projectos 2 e 3)

DOMÍNIO DA ELECTROQUÍMICA / ELECTROCHEMICAL AREA

- Fotoelectroquímica (Projecto 12.1) / *Photoelectrochemistry (Project 12.1)*
- Electroquímica analítica (Projectos 12.2 e 12.3) / *Analytical Electrochemistry (Projects 12.2 and 12.3)*

PROJECTOS DE INVESTIGAÇÃO EM ELECTROQUÍMICA / PROJECTS ON ELECTROCHEMICAL RESEARCH

- 12.1 - Deposição de compostos semi-condutores sobre vidro / *Deposition of semiconductors on glass.*
- 12.2 - Estudos comparativos da indução de metalotioninas em moluscos das costas do Atlântico Norte (financiado pela NATO) / *Comparative studies of metallothionein induction in molluscs from North Atlantic shores (funded by NATO).*
- 12.3 - Impacte da qualidade ambiental nas ameijoas da Ria Formosa (Projecto STRIDE/C/AMB/32/92) / *Impact of environmental quality on Ria Formosa's cockles (Project STRIDE/C/AMB/32/92).*

INFORMAÇÕES RELEVANTES SOBRE OS PROJECTOS / RELEVANT INFORMATION ON THE PROJECTS

Projecto 12.1 DEPOSIÇÃO DE COMPOSTOS SEMICONDUTORES SOBRE VIDRO / DEPOSITION OF SEMICONDUCTORS ON GLASS.

CONSTITUIÇÃO DA EQUIPA / TEAM COMPOSITION

RESPONSÁVEL / RESPONSIBLE TEAM MEMBER: Abílio Marques da Silva

DESCRIÇÃO DO PROJECTO / DESCRIPTION OF THE PROJECT

ÁREA CIENTÍFICA PRINCIPAL DO PROJECTO E INTERACÇÃO COM OUTRAS ÁREAS / MAIN SCIENTIFIC AREA AND INTERACTION WITH OTHER AREAS: Fotoelectroquímica / *Photoelectrochemistry*

OBJECTIVOS / *AIMS*

Depósito de óxidos, sulfuretos, etc., de metais sobre lâminas de vidro. Estudo das suas propriedades físicas e fotoelectroquímicas.

SUMÁRIO / *SUMMARY*

A deposição por spray e formação de compostos por acção do calor é estudada de modo à obtenção de camadas finas, homogéneas e de diâmetro de partícula controlada, à superfície de lâminas de vidro.

As propriedades semicondutoras são estudadas por voltametria cíclica.

EQUIPAMENTO ESPECIALIZADO / *RELEVANT EQUIPMENT*

Potenciostato, espectrofotómetro UV-visível

PUBLICAÇÕES REPRESENTATIVAS / *REPRESENTATIVE PUBLICATIONS*

- "O efeito de tunel na junção semicondutor-electrólito".
- "Cinética de eléctrodos semicondutores".
- "Formation of semiconducting iron pyrite by spray pyrolysis".

Projecto 12.2 - ESTUDOS COMPARATIVOS DA INDUÇÃO DE METALOTIIONINAS EM MOLUSCOS DAS COSTAS DO ATLÂNTICO NORTE / *COMPARATIVE STUDIES OF METALLOTHIONEIN INDUCTION IN MOLLUSCS FROM NORTH ATLANTIC SHORES*

Projecto 12.3 - IMPACTE DA QUALIDADE AMBIENTAL NAS AMEIJÓAS DA RIA FORMOSA / *IMPACT OF ENVIRONMENTAL QUALITY ON RIA FORMOSA'S COCKLES*

CONSTITUIÇÃO DO GRUPO / *GROUP COMPOSITION*

RESPONSÁVEL / *RESPONSIBLE TEAM MEMBER*: Maria João A. F. Bebiano

OUTROS MEMBROS / *OTHER TEAM MEMBERS*: Alexandra Cravo, Luisa Barreira, Dina Simes, Filomena Rita, Miguel Madureira

DESCRIÇÃO DO PROJECTO / *DESCRIPTION OF THE PROJECT*

ÁREA CIENTÍFICA PRINCIPAL DO PROJECTO E INTERACÇÃO COM OUTRAS ÁREAS / *MAIN SCIENTIFIC AREA AND INTERACTION WITH OTHER AREAS*: Poluição Marinha. Bioquímica. Química Ambiental. Toxicologia. *Marine Pollution. Biochemistry. Environmental Chemistry. Toxicology.*

OBJECTIVOS

A acumulação de metais em organismos aquáticos está muito dependente da especiação química destes compostos em águas naturais. Além disso quando acumulados em excesso os

organismos aquáticos têm tendência a induzirem mecanismos de desintoxicação (como seja a síntese das metalotioninas).

O conhecimento de todos estes mecanismos, usando a electroquímica como ferramenta analítica, irá permitir estabelecer modelos de qualidade destes organismos visando a protecção da saúde pública

AIMS

The accumulation of metals by aquatic organisms is highly dependent on the chemical speciation of these compounds in natural waters. Once within the organisms they tend to detoxify the metals by the induction of metallothioneins or other mechanisms. By using electrochemical methods we intend to study these mechanisms in order to protect the quality of these species and ultimately the human health.

SUMÁRIO

A especiação do cádmio, cobre e cromo serão realizadas por voltametria de redissolução anódica e catódica, utilizando amostras colhidas na Ria Formosa. Estas técnicas serão também utilizadas para quantificar a distribuição subcelular destes metais em invertebrados marinhos de interesse comercial.

Além disso utilizar-se-á a Polarografia diferencial com impulsos para quantificar a concentração de metalotioninas em invertebrados marinhos.

Este estudo tem como objectivo estudar o efeito da temperatura e da variação sazonal na acumulação destes metais e na indução das metalotioninas em invertebrados marinhos.

SUMMARY

Cadmium, copper and chromium speciation in seawater will be carried out using Anodic and Cathodic Stripping Voltametry. These techniques will also be used to quantify the subcellular distribution of these metals in different tissues of economically important marine invertebrates.

Differential Pulse Polarography will also be used to quantify metallothionein concentrations.

The aim of this study is to study the effect of temperature, spacial and seasonal variation of metal accumulation and metallothionein induction in marine invertebrates.

EQUIPAMENTO ESPECIALIZADO / *RELEVANT EQUIPMENT*

Polarógrafo Methrom VA 646 e respectivo posto polarográfico, Espectrofotómetro de UV-Visível, Centrífuga, Digestor de Micro Ondas.

PUBLICAÇÕES REPRESENTATIVAS / *REPRESENTATIVE PUBLICATIONS*

- M.J. Bebianno e W.J Langston, "Quantification of metallothioneins in marine invertebrates using differential pulse polarography", *Port. Electrochim. Acta*, 7, 59-64 (1989).
- M.J. Bebianno e W.J Langston., "Metallothionein induction in *Mytilus edulis* exposed to cadmium", *Marine Biology*, 108, 91-96 (1991).

- M.J. Bebianno, W.J. Langston e K. Simkiss, "Metallothionein induction in *Littorina littorea* (mollusca: prosobranchia) on exposure to cadmium", *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 72, 329-342 (1992)
- M.J. Bebianno e W.J. Langston, "Cadmium induction of metallothionein synthesis in *Mytilus galloprovincialis*", *Comp. Biochem. Physiol.*, 103C, No. 1, 79-85 (1992).
- M.J. Bebianno, J.A. Nott e W.J. Langston, "Cadmium metabolism in the clam *Ruditapes decussata*: the role of metallothioneins", *Aquatic Toxicology*, 27, 315-334 (1993).
- M.J. Bebianno, M.A.P. Serafim e M.F. Rita, "Involvement of metallothionein in cadmium accumulation and elimination in the clam *Ruditapes decussata*", *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 53, 726-732 (1994).

GRUPOS COM QUE COLABORA / COLLABORATION GROUPS

Instituto Superior Técnico, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Instituto Português de Investigação Marinha, Plymouth Marine Laboratory (U.K.), School of Ocean Sciences - Universidade de Bangor (U.K.), Universidade de Brunel (U.K.), CSIC-Universidade de Barcelona (Espanha), Universidade de Nantes (França)

ANEXO I
ENCONTROS CIENTÍFICOS - LIÇÕES PLENÁRIAS

ANNEXE I
SCIENTIFIC MEETINGS - PLENARY LECTURES

ENCONTROS CIENTÍFICOS

LIÇÕES PLENÁRIAS

1ª Reunião Nacional de Electroquímica (*reunião informal, Universidade de Aveiro, 1980*)

2ª Reunião Nacional de Electroquímica (*Universidade de Coimbra, Junho de 1981*)

- D. Pletcher (Southampton, U.K.), "The Electrochemistry of Square Planar Complexes".
- W. Stumm (Zurique, Suíça), "The Electrochemistry of the Hydrone Oxide / Electrolyte Interface".
- M. Whitfield (Plymouth, U.K.).

3ª Reunião Nacional de Electroquímica (*Academia das Ciências, Lisboa, Junho de 1982*)

- H.W. Nürnberg (Juelich, RFA), "Potentialities and Applications of Modern Voltammetric Methods in Environmental Chemistry of Toxic Metals".
- M. Fleischmann (Southampton, U.K.), "Electrochemistry at the Molecular Level".
- E. Pungor (Budapeste, Hungria), "Applications of Electroanalytical Detectors in Flow-Through Analysis".
- C. Ferreira de Miranda (Évora), "Métodos Electroquímicos de Análise".
- A. Pombeiro (Lisboa), "Electroquímica de Complexos de Metais de Transição".

4ª Reunião Nacional de Electroquímica (*Universidade do Minho, Braga, Maio de 1983*)

- M.L. Gonçalves (Lisboa), "Polarografia com Impulsos de Corrente Alternada (Aplicações Analíticas)".
- J. Grimshaw (Belfast, Irlanda), "Some Bond Cleavage Reactions of Radical-Anions".
- M.I. C. Ferreira (Braga), "Conversão Fotoelectroquímica de Energia".
- W.J. Albery (London, U.K.), "The Development and Applications of the Ring-Disk Electrode".
- A.A. Vlcek (Praga, Checoslováquia), "Multistep Electrode Processes of Coordinated Compounds".
- D.S. Busch (Columbus, Ohio, USA), "Mechanism of Reduction of Coordinated Dioxygen Molecule and Autooxidation Oxygen Carriers".

1º Encontro da Sociedade Portuguesa de Electroquímica (*Universidade de Coimbra, Novembro de 1984*)

- Cabani (Pisa, Itália), "Thermodynamic Properties of Polar and Non-Polar Solutes in Aqueous Solutions".
- A.F. Silva (Porto), "The Electrode-Solution Interface".
- R. Rossinsky (Exeter, U.K.), "Recent Developments in Modified Electrodes: Organic, Organometallic and Inorganic Films".

- W.J. Albery (Londres), "Photoelectrochemical Devices for Solar Energy Conversion".
- I. Montenegro (Braga), "The Advantages of Microelectrodes in the Study of Electrochemistry".
- C. Brett (Coimbra), "Advances in the Study of Electrode Kinetics".
- J. Pickett (Sussex, U.K.), "Electrochemistry and Nitrogen Fixation".
- C.A. Sequeira (Lisboa), "DC Conductivity Measurements in Solid State Conductors".

2º Encontro da Sociedade Portuguesa de Electroquímica (Ofir, Abril de 1986)

- M. Ferreira (Lisboa), "Aplicações Tecnológicas de Electroquímica. O Caso da Corrosão e Protecção de Materiais".
- M. Smith (Braga), "Polymeric Electrolytes: an Overview of the Literature".
- G.J. Moody (Cardif, U.K.), "The Development and Application of Lithium Ion-Selective Electrodes for Clinical Purposes".
- L.M. Peter (Southampton, U.K.), "Characterization of Semiconductors by Optical and Electrochemical Methods".
- A.G. Fogg (Loughborough, U.K.), "Glassy Carbon Electrodes and Their Use in Flow Injection System".
- Y. Marcus (Jerusalém, Israel), "The Thermodynamics of Ion-Hydration and its Interpretation in Terms of a Common Model".
- J. Osteryoung (Buffalo, N. York, USA), "Analytical Pulse Voltammetry".
- G.J. Kakabadse, (Manchester, U.K.), "Recent Advances in Direct Potentiometry".

3º Encontro da Sociedade Portuguesa de Electroquímica (Açoteias, Algarve, Outubro de 1987)

- D.R. Rorabacker (Detroit, USA), "Structure-Reactivity Relationships in Homogeneous Electron Transfer Reactions".
- M. Sluyters-Rehbach (Utrecht, Holanda), "The Multi-Step Character of Electrode Reactions: Effects of Solvation, Complexation and Double-Layer Interactions".
- J.D.R. Thomas (Cardif, U.K.), "Membrane Electrodes of Herbicidal and Pharmaceutical Interest".
- J. Przyluski (Warsaw, Polónia), "Electrochemistry of Conductive Polymers".
- A. Hamelin (Meudon, França), "Influence of the Surface Structures of Metal Electrodes on Double Layer Parameters and the Reaction Kinetics".

4º Encontro da Sociedade Portuguesa de Electroquímica (Estoril, Março de 1989)

- J. McCleverty (Birmingham, U.K.), "Photochemical and Optical Activity in Molybdenum Chemistry Towards Molecular Electronics".
- A. Hammett (Oxford, U.K.), "In-Situ Spectroelectrochemical Techniques in Electrochemistry".
- C. Paliteiro (Coimbra), "The Electroreduction of Oxygen".
- A.A.S.C. Machado (Porto), "Estudos da Influência da Temperatura nas Propriedades de Resposta de ESIS".
- J.D.R. Thomas (Cardif, U.K.), "Enzyme Electrodes for Flow Injection Analysis".
- C. Lamy (Poitiers, França), "Application de la Spectroscopie Infrarouge de Reflexion à l'Electrocatalyse".

- M.A. Barbosa (Porto), "Electrochemical Processes in Biomaterials Degradation"
- M.I. S. Pereira (Lisboa), "Novel Oxide Materials for Electrochemistry"

5º Encontro da Sociedade Portuguesa de Electroquímica e 1º Encontro Ibérico de Electroquímica (Universidade de Aveiro, Abril de 1991)

- G. Milazzo (Roma, Itália), "Two Centuries of Bioelectrochemistry Since Luigi Galvani up to Now".
- J. Barthel (Regensburg, RFA), "Physical Chemistry of Ionic Solutions".
- I. Fonseca (Lisboa), "Characterization and Modification of Electrode Surfaces by Electrochemical Methods".
- C. Amatore (Paris, França), "Fast Techniques in Electrochemistry: an Easy Access to the Nanosecond Time-Scale".
- J.M. Costa (Barcelona, Espanha), "Non-Equilibrium Electrochemical Phenomena".
- L.M. Abrantes (Lisboa), "Electronically Conducting Polymers".
- C. Gutierrez (Madrid, Espanha), "Estudio de Especies Quimisorbidas en Electrocatalisis Mediante Espectroscopia UV-Visible de Reflectancia Modulada em Potencial".

6º Encontro da Sociedade Portuguesa de Electroquímica (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Outubro de 1992)

- T.A. Kaden (Basileia, Suíça), "Model Complexes for Biologically Active Copper".
- C.M. Rangel (Lisboa), "Environmental Degradation of Surface Modified Metals".
- H.A.O. Hill (Oxford, U.K.), "The Marriage Between Chemistry and Electrochemistry".
- Z.V. Todres (Moscovo, Rússia), "Organic, Chemical and Electrochemical Redox Reactions. Comparison of the Results".
- A.A. Barros (Porto), "Adsorption Stopping Voltammetry".
- M.H. Abraham (London, U.K.), "The Characterization of Solvents Using the Kamlet-Taft Solvatochromic Parameters".

7º Encontro da Sociedade Portuguesa de Electroquímica e 3º Encontro Ibérico de Electroquímica (Universidade do Algarve, Faro, Outubro de 1995)

- V. Lobo (Coimbra), "Diffusion and Thermal Diffusion in Electrolyte Solutions".
- J. M. Pingarron (Madrid, Espanha), "Amperometric Enzyme Electrodes on Organic Phase and Reversed Micelles Media".
- M. A. Queirós (Braga), "Electrochemical Reactions of Ligands on Molybdenum and Tungsten Complexes".
- M. A. Lemos (Lisboa), "Digital Simulation for Electrochemical Processes. The Sherlock Holmes Magnifying Glass".
- J. P. Sousa (Porto), "Microeletrodes on Metallic Electrodeposition and Biodegradation Studies".
- P. Sanchez Batanero (Valhadolid, Espanha), "Caraterizacion de Substancias Solidas Mediante El Electrodo de Pasta de Carbono".
- J. J. Moura (Lisboa), "Electrochemistry of Metalloproteins".

ANEXO II

**ESTATUTOS DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE
ELECTROQUÍMICA**

ANNEXE II

***BY-LAWS OF THE PORTUGUESE ELECTROCHEMICAL
SOCIETY***

**ESTATUTOS *
DA
SOCIEDADE PORTUGUESA DE ELECTROQUÍMICA**

**CAPÍTULO PRIMEIRO
NATUREZA, SEDE E FINS**

Artº 1º

A Sociedade Portuguesa de Electroquímica constitui uma associação científica, sem fins lucrativos e dotada de personalidade jurídica, para o desenvolvimento da Electroquímica em Portugal.

Artº 2º

A actividade da Sociedade Portuguesa de Electroquímica exerce-se em todo o território nacional e pode estender-se a países estrangeiros sob formas comuns previstas de cooperação internacional designadamente acordos culturais e científicos.

Artº 3º

- 1- A Sociedade Portuguesa de Electroquímica tem a sua sede no Departamento de Química, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, em Coimbra, podendo a localização desta ser alterada por deliberação da Assembleia Geral.
- 2- Para a melhor realização dos seus objectivos terá a associação dependências ou delegações em qualquer parte do território nacional onde as actividades de índole electroquímica o justifiquem, devendo a associação pôr à sua disposição uma fracção do orçamento para fazer face às despesas de manutenção e a iniciativas de interesse para a associação.

Artº 4º

São objectivos da Sociedade Portuguesa de Electroquímica:

- a) Incentivar a investigação científica em Electroquímica
- b) Promover o estudo e o ensino da Electroquímica, suas aplicações e relações com outras ciências.

* Revisão de acordo com a deliberação da Assembleia Geral extraordinária realizada em Faro em Outubro de 1995

Artº 5º

Na prossecução dos objectivos a Sociedade Portuguesa de Electroquímica exerce a sua acção, designadamente, sob as formas seguintes:

- a) Organização de reuniões científicas.
- b) Apresentação de lições, cursos, seminários e sessões de divulgação.
- c) Edição de livros e outras publicações, nomeadamente a "Portugaliae Electrochimica Acta".
- d) Cooperação com outras instituições científicas nacionais (nomeadamente a Sociedade Portuguesa de Química), estrangeiras ou internacionais.
- e) Representação nacional em organizações e actividades internacionais, no âmbito da Electroquímica.

CAPÍTULO SEGUNDO

MEMBROS

Artº 6º

- 1- A Sociedade Portuguesa de Electroquímica tem duas categorias de sócios: individuais e colectivos.
- 2- Podem ser "sócios individuais" aqueles que, pelo seu labor científico ou pela sua actividade profissional, se encontrem em condições de prestar colaboração efectiva na prossecução dos objectivos da associação.
- 3- Podem ser "sócios colectivos" instituições de ensino ou de investigação sem fins lucrativos, ou organizações industriais ou comerciais que pretendam incrementar a Electroquímica em Portugal.

Artº 7º

- 1- Os sócios podem ser "efectivos", "honorários", "beneméritos" e "estudantes".
- 2- Podem ser admitidos como "sócios efectivos" aqueles que já produziram obra científica no domínio da Electroquímica ou cuja actividade se enquadre nos objectivos da Sociedade.
- 3- A associação pode atribuir a Categoria de "sócio honorário" a individualidades ou instituições que considere merecedoras de tal distinção em razão do seu alto mérito científico, ou por já terem prestado relevantes serviços ao desenvolvimento da Electroquímica, designadamente como membros efectivos da associação.
- 4- A associação pode atribuir a categoria de "sócio benemérito" àqueles que tenham prestado serviços relevantes à Sociedade.
- 5- Os estudantes interessados pelo estudo da Electroquímica podem ser admitidos como "sócios estudantes".

Artº 8º

A admissão de sócios individuais, colectivos ou estudantes é feita pela Direcção, sob proposta subscrita por dois sócios efectivos.

Artº 9º

Cada sócio colectivo deverá designar uma individualidade, de preferência em actividade no domínio da Electroquímica, para representá-lo no exercício dos seus direitos sociais.

Artº 10º

Os sócios honorários e beneméritos são eleitos em Assembleia Geral, sob proposta da Direcção, por maioria de três quartos dos sócios presentes, incluindo os que usarem o direito de voto por correspondência.

Artº 11º

- 1- Os sócios ficam obrigados ao pagamento de uma quota, cujo valor anual, para as diferentes categorias de sócios, será fixado pela Direcção.
- 2- Os sócios honorários e beneméritos são dispensados do pagamento de quota.

Artº 12º

O pagamento das quotas deverá ser efectuado durante o primeiro trimestre de cada ano civil. Decorrido este prazo sem que o pagamento haja sido efectuado, os direitos e as regalias são suspensos ao sócio devedor até ao pagamento das quotas em atraso.

Artº 13º

- 1- Os sócios honorários e beneméritos não podem ser eleitos para os órgãos da Sociedade, excepto nos casos em que, sendo também efectivos, mantenham todos os direitos e os deveres inerentes a esta categoria.

Artº 14º

Os sócios estudantes não têm direito a voto nem podem ser eleitos para os órgãos da Sociedade.

Artº 15º

Os sócios têm o direito a ser informados regularmente de todas as actividades da Sociedade.

Artº 16º

A Direcção fixará os descontos ou isenções de que os sócios beneficiarão em publicações ou outras actividades da associação.

CAPÍTULO TERCEIRO

ORGÃOS

Artº 17º

Os órgãos da Sociedade Portuguesa de Electroquímica são os seguintes:

- a) Assembleia Geral.
- b) Direcção.
- c) Conselho Fiscal.

Artº 18º

A Assembleia Geral é composta por todos os sócios efectivos da sociedade.

Artº 19º

- 1- A Assembleia Geral terá uma Mesa composta por um Presidente, um Vice-Presidente, que substituirá o Presidente nas suas faltas e impedimentos, um Secretário e um Vice-Secretário, eleitos bianualmente por esta Assembleia.
- 2- Na falta do Presidente e do Vice-Presidente, assumirá a Presidência o sócio mais antigo dos presentes e, em igualdade de antiguidade, o mais velho.

Artº 20º

São competências da Assembleia Geral:

- a) Eleger, bianualmente, os titulares dos órgãos da Sociedade.
- b) Destituir os titulares dos órgãos da Sociedade em sessão extraordinária da Assembleia Geral, especialmente convocada para esse efeito, requerida ao Presidente da Mesa da Assembleia Geral por um número não inferior a um terço dos sócios efectivos no pleno uso dos seus direitos e regalias.
- c) Apreciar a actividade geral da Sociedade.
- d) Aprovar o Relatório e Contas da Gerência e o projecto de orçamento apresentados pela Direcção, acompanhados do parecer do Conselho Fiscal.
- e) Alterar os Estatutos.
- f) Criar dependências ou delegações.
- g) Eleger os sócios honorários e beneméritos.
- h) Aprovar a demissão ou exoneração de sócios.
- i) Extinguir a "Sociedade".

- j) Exercer as demais competências previstas pela lei.

Artº 21º

- 1- Ao Presidente da Mesa da Assembleia Geral competirá convocar as Assembleias, quer ordinárias quer extraordinárias, presidir, suspender e encerrar as sessões, regular as discussões, manter a ordem, assinar as Actas e demais documentos relativos às Assembleias e dar posse às Direcções e Conselhos Fiscais no prazo máximo dos oito dias subsequentes às eleições.
- 2- A Assembleia Geral reúne, em sessão ordinária, até ao dia 31 de Março de cada ano para exercer as competências mencionadas nas alíneas c) e d) do Artº 20º e, de dois em dois anos, também as da alínea a) desse mesmo artigo.
- 3- As sessões extraordinárias da Assembleia Geral realizar-se-ão sempre que sejam:
 - a) Convocadas por decisão do respectivo Presidente.
 - b) Requeridas ao Presidente da Mesa da Assembleia Geral pela Direcção ou pelo Conselho Fiscal.
 - c) Requeridas ao Presidente da Mesa da Assembleia Geral por um número não inferior a um terço dos sócios efectivos no pleno uso dos seus direitos e regalias, contanto que declarem concretamente o assunto da convocação.
- 4- Se o Presidente da Mesa da Assembleia Geral não convocar a Assembleia nos casos em que deve fazê-lo, poderá a Direcção ou qualquer associado fazer a convocação.

Artº 22º

- 1- A Assembleia Geral é convocada por meio de um aviso postal, expedido para cada um dos associados com a antecedência mínima de dez dias; no aviso indicar-se-á o dia, hora e local da reunião bem como a respectiva ordem do dia.
- 2- São anuláveis as deliberações tomadas sobre matéria estranha à ordem do dia, salvo se todos os membros comparecerem à Assembleia e todos concordarem com o aditamento.
- 3- A comparência de todos os membros sanciona quaisquer irregularidades da convocação, desde que nenhum deles se oponha à realização da Assembleia.

Artº 23º

- 1- A Assembleia Geral não pode reunir, em primeira convocação, sem a presença de, pelo menos, metade dos seus membros; não havendo então número suficiente de associados, a Assembleia reunirá em segunda convocação, com qualquer número de membros presentes, meia hora após o início marcado para a reunião.
- 2- No caso de sessão extraordinária requerida nos termos da alínea c) do número 3 do Artº 21º, a Assembleia só poderá considerar-se regularmente constituída se nela se encontrar presente a maioria dos requerentes.

Artº 24º

- 1- As decisões da Assembleia Geral são tomadas por maioria absoluta de votos dos membros presentes, excepto o disposto nos artigos seguintes.
- 2- Será aceite o voto por correspondência dos sócios impedidos de comparecer quando o Presidente da Mesa da Assembleia Geral o mencione na convocatória da mesma.

Artº 25º

- 1- As deliberações sobre alterações dos estatutos exigem o voto favorável de quatro quintos do número de associados presentes em Assembleia Geral expressamente convocada para o efeito.
- 2- As alterações aos presentes estatutos só poderão efectuar-se um ano após a sua entrada em vigor.

Artº 26º

As deliberações sobre a extinção da associação requerem o voto favorável de quatro quintos da totalidade dos membros com direito a voto em Assembleia Geral expressamente convocada para o efeito.

Artº 27º

A Presidência da Associação é exercida pelo Presidente da Direcção.

Artº 28º

O Presidente da Direcção não pode ser reeleito para o mesmo cargo no mandato consecutivo.

Artº 29º

Ao Presidente da Direcção compete representá-la, bem como convocar e presidir às reuniões da Direcção e propor a convocação da Assembleia Geral ao respectivo Presidente.

Artº 30º

Compete ao Vice-Presidente da Direcção substituir o Presidente na sua falta ou impedimento e coadjuvá-lo nas suas funções.

Artº 31º

- 1- A Direcção exerce a administração da Sociedade, sendo constituída pelos seguintes membros, eleitos bianualmente em Assembleia Geral:
 - a) Presidente.

- b) Vice-Presidente.
- c) Secretário.
- d) Tesoureiro.
- e) Director do Serviço de publicações.
- f) Um representante de cada dependência ou delegação que seja criada.

2- No caso de o número dos representantes de dependências ou delegações ser ímpar, fará igualmente parte da Direcção um representante do Conselho Fiscal, de forma a manter-se sempre ímpar o número de membros da Direcção.

Artº 32º

São da competência da Direcção:

- a) Promover as medidas convenientes à prossecução dos objectivos da associação (artigos 4º e 5º).
- b) Dar execução às decisões da Assembleia Geral.
- c) Requerer ao Presidente a convocação da Assembleia Geral em sessão extraordinária.
- d) Administrar as receitas, as despesas e o património da associação.
- e) Elaborar o relatório e contas e o projecto de orçamento.
- f) Nomear e exonerar comissões.
- g) Nomear e exonerar delegados ou representantes da associação junto de outras instituições ou em reuniões científicas.
- h) Propor à Assembleia Geral a eleição de membros honorários e beneméritos.
- i) Propor à Assembleia Geral a demissão de qualquer membro.
- j) Propor à Assembleia Geral a extinção da associação.
- k) Fixar o valor anual das quotas para as diferentes categorias de sócios.
- l) Admitir os sócios individuais ou colectivos, excepto nos casos indicados em h).

Artº 33º

Compete ao Secretário da Associação:

- a) Dar andamento às resoluções da Direcção e da Assembleia Geral.
- b) Elaborar as Actas das reuniões da Direcção e da Assembleia Geral.
- c) Velar pelo bom funcionamento dos serviços da Associação.
- d) Coordenar os serviços de secretaria.
- e) Elaborar e actualizar o inventário dos bens da associação.

Artº 34º

Compete ao Tesoureiro:

- a) Exercer as atribuições mencionadas no artº 32º, e).
- b) Receber as receitas da Associação e proceder ao pagamento das suas despesas.

Artº 35º

Compete ao Director do serviço de publicações coordenar e dinamizar este serviço.

Artº 36º

A Direcção reúne ordinariamente uma vez em cada trimestre e, extraordinariamente, sempre que o Presidente o convocar ou a maioria dos seus membros o requerer ao Presidente.

Artº 37º

A Direcção só pode deliberar com a presença da maioria dos seus membros sendo as deliberações tomadas por maioria de votos dos titulares presentes tendo o Presidente (ou seu representante) direito, além do seu voto, a voto de desempate.

Artº 38º

- 1- O Conselho Fiscal é composto por três membros efectivos: Presidente, Secretário e Relator.
- 2- Os membros do Conselho Fiscal são eleitos em Assembleia Geral por um período de dois anos, sendo permitida a sua reeleição, uma ou mais vezes.

Artº 39º

Compete ao Conselho Fiscal examinar e dar o seu parecer sobre o Relatório e Contas da Direcção.

Artº 40º

Compete ao Presidente do Conselho Fiscal convocar e dirigir as reuniões deste conselho, e representá-lo.

Artº 41º

Compete ao Secretário do Conselho Fiscal elaborar as actas e coadjuvar o Presidente respectivo.

Artº 42º

O Conselho Fiscal só pode deliberar com a presença da maioria dos seus membros, sendo as deliberações tomadas por maioria de votos dos titulares presentes, e tendo o Presidente além do seu voto, direito a voto de desempate.

Artº 43º

O Conselho Fiscal poderá fazer-se representar nas reuniões da Direcção, sem direito a voto, salvo no caso do número 2 do Artº 31º, em que um representante do Conselho Fiscal fará parte da Direcção.

ANEXO III

**LISTA DOS SÓCIOS DA SOCIEDADE PORTUGUESA
DE ELECTROQUÍMICA**

ANNEXE III

***LIST OF THE MEMBERS OF THE PORTUGUESE
ELECTROCHEMICAL SOCIETY***

LISTA DE SÓCIOS

DA

SOCIEDADE PORTUGUESA DE ELECTROQUÍMICA

ABRANTES, LUÍSA MARIA
DEPTO DE QUÍMICA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
R. BERNARDO DE VASCONCELOS, C1 - 5º PISO
1700 LISBOA
Tel: 01-7573141

ALMEIDA, PAULO JOAQUIM
DEPTO DE QUÍMICA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
RUA DE CAMPO ALEGRE, 687
4150 PORTO
Tel: 02-6082937 Fax: 02-6082959

ALMEIDA, SÍLVIA DOS SANTOS
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA
1096 LISBOA CODEX
Tel: 01-8419235

ANTUNES, MARIA CRISTINA
DEPTO DE QUÍMICA
UNIV DE TRÁS-OS-MONTES-E-ALTO-DOURO
5001 VILA REAL
Tel: 059-320273 Fax: 059-74780

ARAÚJO, LUÍS
DEPTO DE QUÍMICA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
R. ERNESTO DE VASCONCELOS, C1 - 5º PISO
1700 LISBOA
Tel: 01-7573141

ARCE, FLORENCIO
FACULTAD DE QUÍMICA
SANTIAGO DE COMPOSTELA - ESPANHA

AREVALO, MARIA CARMEN
DEPTO. DE QUÍMICA-FÍSICA
FACULTAD DE QUÍMICA
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
LA LAGUNA (TENERIFÉ) - ESPANHA
Tel: 22-258169

AREVALO MEDINA, AGUSTIN
DEPTO. DE QUÍMICA FÍSICA
FACULTAD DE QUÍMICA
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
LA LAGUNA (TENERIFE) - ESPANHA
Tel: 22-258169

AZEVEDO, SEBASTIÃO JOSÉ
DEPTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
FACULDADE DE ENGENHARIA
RUA DOS BRAGAS
4050 PORTO
Tel: 02-2041694 Fax: 02-2000808

BARBOSA, MÁRIO ADOLFO
INSTITUTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA
FACULDADE DE ENGENHARIA
PRAÇA DO CORONEL PACHECO, 1
4050 PORTO
Tel: 02-2087131 Fax: 02-2087310

BARRERA NIEBLA, MANUEL JOSE
DEPTO DE QUIMICA - FISICA
UNIV. DE LA LAGUNA
LA LAGUNA (TENERIFE)

BRETT, ANA MARIA
DEPTO DE QUÍMICA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA
3049 COIMBRA
Tel: 039-22826 Fax: 039-27703

BARROS, AQUILES JOSÉ
DEPTO DE QUÍMICA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
RUA DO CAMPO ALEGRE, 687
4150 PORTO
Tel: 02-6082939 Fax: 02-6082959

BRETT, CRISTOPHER
DEPTO DE QUÍMICA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA
3049 COIMBRA
Tel: 039-22826 Fax: 039-27703

BEBIANO, MARIA JOÃO
U C T R A
UNIVERSIDADE DO ALGARVE
CAMPUS DE GAMBELAS
8000 FARO

CABRAL, JOÃO LUÍZ
DEPTO DE QUÍMICA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
RUA DE CAMPO ALEGRE, 687
4150 PORTO
Tel: 02-6082915 Fax: 02-6082959

BENEDETTI, LUCA
DEPARTMENT OF CHEMISTRY
UNIVERSITY OF MODENA
VIA CAMPI, 93
4110 MODENA - ITALIA

CABRAL, MARIA FERNANDA
DEPTO DE QUÍMICA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
RUA DO CAMPO ALEGRE, 687
4150 PORTO
Tel: 02-6082916 Fax: 02-6082959

BENTO, MARIA DE FÁTIMA
DEPTO DE QUÍMICA
ESCOLA DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO MINHO
4709 BRAGA
Tel: 053-604370 Fax: 053-604367

CALADO, ANTÓNIO ROQUE
INST. BENTO DA ROCHA CABRAL
CALÇ. BENTO DA ROCHA CABRAL, 14
1200 LISBOA:

BETTENCOURT, ANA PAULA
DEPTO DE QUÍMICA
ESCOLA DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO MINHO
4709 BRAGA
Tel: 053-604370 Fax: 053-604367

CAMÕES, MARIA FILOMENA
DEPTO DE QUÍMICA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
R. BERNARDO DE VASCONCELOS, C1 - 5º PISO
1700 LISBOA
Tel: 01-7573141 Fax: 01-7599404

BLANCO, CARMEN
DEPTO DE QUIMICA-FISICA
FACULTAD DE QUIMICA
15706 SANTIAGO DE COMPOSTELA

CARAPUÇA, MARIA HELENA
DEPTO DE QUÍMICA
UNIVERSIDADE DE AVEIRO
3800 AVEIRO
Tel: 034-370200 Fax: 034-25143

CARVALHO, MARIA FERNANDA
COMPLEXO I
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
AV. ROVISCO PAIS
1096 LISBOA CODEX
Tel: 01-8419235 Fax: 01-3524372

CARVALHO, MARIA TERESA
INST. FARMAC. TERAPÉUTICA EXP..
FACULDADE DE MEDICINA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA
3000 COIMBRA
Tel: 039-28121

COMPTON, RICHARD G.
PHYSICAL CHEMISTRY LABORATORY
SOUTH PARKS ROAD
OXFORD OX1 3QZ - ENGLAND
Tel: 275413

CONCEIÇÃO, MARIA ALICE
CECUL
R. DA ESCOLA POLITÉCNICA, 58
1294 LISBOA
Tel: 01-606138 Fax: 01-609352

CORREIA, JORGE MANUEL PALMA
DEP. DE ENERGIAS RENOVÁVEIS
INETI
EST. DO PAÇO DO LUMIAR, 22
1699 LISBOA CODEX
Tel: 7582712

COSTA, FELISBELA DOS SANTOS
DEPTO DE QUÍMICA
FACULDADE DE FARMÁCIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA
3049 COIMBRA

COSTA, FERNANDO MANUEL
AV. DE CEUTA, 7, 1º Estq.
2700 AMADORA
Tel: 01-935749

COSTA, JOSÉ FRANCISCO
METALURGIA CASAL
ESTRADA de TABUEIRA, ESGUEIRA
3800 AVEIRO
Tel: 034-312171

COSTA, JOSÉ MATOS CARIDADE
DEPTO DE QUÍMICA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA
3049 COIMBRA
Tel: 039-22826 Fax: 039-27709

CUNHA, MÁRIO DIONÍSIO
C E C U L
INST. BENTO DA ROCHA CABRAL
CALÇADA BENTO DA ROCHA CABRAL, 14
1200 LISBOA
Tel: 01-859628

DAMBORENE, JUAN DE
DEPT. CORROSION Y PROTECCION
GENIM
AV. GREGORIO DEL AMO, 8
MADRID 28040 - ESPANHA

DIAS, ANA CRISTINA
DEPTO DE QUÍMICA
UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
AV. MARQUÊS D'ÁVILA E BOLAMA
6200 COVILHÃ
Tel: 075-314207 Fax: 075-26178

DIAS, MARIA CÂNDIDA
SECÇÃO DE QUÍMICA INORGÂNICA
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA
R. CONSELHEIRO EMÍDIO NAVARRO
1900 LISBOA
Tel: 01-8590215 Fax: 01-8597046

ESPARZA, PEDRO
DEPTO DE QUÍMICA FÍSICA
UNIVERSIDADE DE LA LAGUNA
AVENIDA DE LA UNIVERSIDAD S/N
38204 LA LAGUNA (TENERIFE) - ESPANHA
Tel: 22-258227

ESTESO DIAZ, MIGUEL ANGEL
DEPTO DE QUIMICA FISICA
UNIVERSIDADE DE LA LAGUNA
38204 LA LAGUNA (TENERIFE) - ESPANHA
Tel: 22-261355

FOGG, ARNOLD GEORGE
CHEMISTRY DEPT
LOUGHBOROUGH UNIVERSITY
LOUGHBOROUGH
LEICS, LE 11 3TU - ENGLAND

EUSÉBIO, MARIA ERMELINDA
DEPTO DE QUÍMICA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA
3049 COIMBRA
Tel: 039-22826 Fax: 039-27703

FONSECA, ANTÓNIO MAURÍCIO
DEPTO DE QUÍMICA
ESCOLA DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO MINHO
4709 BRAGA
Tel: 053-604376 Fax: 053-604370

FERNANDES, JOÃO CARLOS
DEPTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
AV. ROVISCO PAIS
1096 LISBOA CODEX
Tel: 01-8417964 Fax: 01-804589

FONSECA, INÉS
CECUL
R. DA ESCOLA POLITÉCNICA, 58
1294 LISBOA
Tel: 01-608823 Fax: 01-609352

FERNANDES, MARIA MENDES MOTA
INST. SUPERIOR DE ENGENHARIA
3000 COIMBRA
Tel: 039-713581

GAGO, ISABEL MARIA
LAB. DE ELECTROQUÍMICA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
AV. ROVISCO PAIS
1096 LISBOA CODEX
Tel: 01-804589

FERRA, MARIA ISABEL
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
AV. MARQUÊS D' ÁVILA E BOLAMA
6200 COVILHÃ
Tel: 075-314207 Fax: 075-26198

GARRIDO, ERMELINDA MANUELA
INST. SUPERIOR DE ENGENHARIA
4000 PORTO
Tel: 02-821084

FERREIRA, MARIA ISABEL
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
ESCOLA DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO MINHO
4709 BRAGA CODEX
Tel: 053-604370 Fax: 053-612367

GERALDO, MARIA DULCE
DEPTO DE QUÍMICA
ESCOLA DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO MINHO
4709 BRAGA
Tel: 053-604370 Fax: 053-612367

FERREIRA, MÁRIO
DEPTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
AV. ROVISCO PAIS
1096 LISBOA
Tel: 01-8417234 Fax: 01-804589

GOMES, JOSÉ MANUEL
EMPRESA INV. E DESENVOLVIMENTO
QUINTA DOS MEDRONHEIROS
2825 MONTE DA CAPARICA
Tel: 2952445

GONÇALVES, MARIA DE LURDES
COMPLEXO 1
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
AV. ROVISCO PAIS
1096 LISBOA
Tel: 1-8419272 Fax: 1-3524372

GONZALEZ GONZALEZ, SERGIO
DEPTO DE QUIMICA-FISICA
FACULTAD DE QUIMICA
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
LA LAGUNA (TENERIFE) - ESPANHA
Tel: 22-228169

HAMELIN, ANTOINETTE
LAB. ELECTROCHIMIE INTERFACIALE
PLACE ARISTIDE BRIAND
92190 MEUDON - FRANCE

HAMNETT, ANDREW
DEPT. OF CHEMISTRY
BEDSON BUILDING
THE UNIVERSITY
NE1 7RU NEWCASTLE-UPON-TYNE
Tel: 91-2226786 Fax: 91-2226929

HEROLD, BERNARDO JEROSCH
DEPTO DE QUÍMICA ORGÂNICA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
AV. ROVISCO PAIS
1096 LISBOA CODEX
Tel: 01-800426

HOMBRECHER, HERMANN
INSTITUT FÜR CHEMIE
MED. UNIVERSITÄT ZU LUBECK
RATZEBURGER ALLEE 160
2400 LUBECK 1 - GERMANY

INOCÊNCIO, ANÍBAL
DEPTO DE QUÍMICA
UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
AV. MARQUÊS D'ÁVILA E BOLAMA
6200 COVILHÃ
Tel: 075-314207 Fax: 075-26198

INOCÊNCIO, MARIA ALICE
DEPTO DE QUÍMICA
UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
AV. MARQUÊS D'ÁVILA E BOLAMA
6200 COVILHÃ
Tel: 075-324272 Fax: 075-26198

JÚNIOR, ANTÓNIO DA SILVA
INETI
ESTRADA DO PAÇO DO LUMIAR. 22
1699 LISBOA CODEX
Tel: 01-7582712

KIRSCHNER, STANLEY
DEPT. OF CHEMISTRY
WAYNE STATE UNIVERSITY
COLLEGE OF LIBERAL ARTS, DETROIT
MICHIGAN 48202 - U S A
Tel: 577-25712

LAMY, CLAUDE
LABORATOIRE DE CHIMIE I
UNIVERSITÉ DE POITIERS
40 AVENUE DU RECTEUR PINEAU
86022 POITIERS - FRANCE
Tel: 49462530

LEITÃO, MARIA LUÍSA PLANAS
DEPTO DE QUÍMICA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA
3049 COIMBRA
Tel: 039-22626 Fax: 039-27703

LEITÃO, RUBEN ANACORETA
INETI/DC/CI
ESTRADA DO PAÇO DO LUMIAR, 22
1699 LISBOA CODEX
Tel: 7589181

LEMONS, MARIA AMÉLIA
COMPLEXO 1
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
AV. ROVISCO PAIS
1096 LISBOA CODEX
Tel: 01-8419235 Fax: 01-3524372

LIMA, JOSÉ LUÍS FONTES
DEPTO DE QUÍMICA
FACULDADE DE FARMÁCIA
R. ANIBAL CUNHA
4000 PORTO

MARTINS, JOSÉ INÁCIO
DEPTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
FACULDADE DE ENGENHARIA
RUA DOS BRAGAS
4099 PORTO
Tel: 02-2041643

LITO, MARIA JOSÉ
DEPTO DE QUÍMICA
FACULDADE DE FARMÁCIA
AV. DAS FORÇAS ARMADAS
1600 LISBOA
Tel: 01-7933064 Fax: 01-7933064

MARTINS, LUÍSA MARGARIDA
COMPLEXO I
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
AV. ROVISCO PAIS
1096 LISBOA CODEX
Tel: 01-8419225 Fax: 01-3524372

LOBO, VITOR MANUEL MATOS
DEPTO DE QUÍMICA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA
3049 COIMBRA
Tel: 039-22286 Fax: 039-27703

MATOS, CRISTINA MARIA
DEPTO DE QUÍMICA
ESCOLA DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO MINHO
4709 BRAGA
Tel: 053-604376 Fax: 053-604370

LOPES, MARIA HELENA
DEPTO DE QUÍMICA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
RUA DO CAMPO ALEGRE, 687
4150 PORTO
Tel: 02-6082917 Fax: 02-6082959

MEDEIROS, MARIA JOSÉ
DEPTO DE QUÍMICA
ESCOLA DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO MINHO
4719 BRAGA CODEX
Tel: 053-604375 Fax: 053-612367

LOPES, MARIA IRENE
CECUL
R. DA ESCOLA POLITÉCNICA, 58
1294 LISBOA
Tel: 01-608823 Fax: 01-609352

MENDONÇA, ANTÓNIO JOSÉ
DEPTO DE QUÍMICA
UNIVERSIDADE DA BEIRA-INTERIOR
R. MARQUÊS DE ÁVILA E BOLAMA
6200 COVILHÃ
Tel: 075-314207 Fax: 075-26198

MACHADO, ADÉLIO
LAQUIPAI - DEPTO DE QUÍMICA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
RUA DO CAMPO ALEGRE, 687
4150 PORTO
Tel: 02-6082874 Fax: 02-6082959

MESQUITA, JOSÉ CARLOS
DEPTO DE QUÍMICA
UNIVERSIDADE DA MADEIRA
LARGO DO COLÉGIO
9000 FUNCHAL
Tel: 091-222417 Fax: 091-230243

MARIN, ANA CRISTINA
DEPTO DE QUÍMICA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
R. BERNARDO DE VASCONCELOS, C1 - 5º PISO
1700 LISBOA
Tel: 01-7573141

MONTENEGRO, MARIA IRENE
DEPTO DE QUÍMICA
ESCOLA DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO MINHO
4709 BRAGA
Tel: 053-604390 Fax: 053-612367

MORALES MARINA, JOSE
DEPTO DE QUIMICA-FISICA
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
AV. DE LA UNIVERSIDAD
LA LAGUNA (TENERIFE) ESPANHA
Tel: 22-258169

MOURA, COSME
DEPTO DE QUÍMICA
FAC. DE CIÊNCIAS - UNIV. DO PORTO
RUA DO CAMPO ALEGRE, 687
4005 PORTO
Tel: 02-6082936 Fax: 02-6082959

MOURA, JOSÉ
DEPTO DE QUÍMICA - CTQB
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA
2825 MONTE DA CAPARICA
Tel: 01-2954464 Fax: 01-2954461

NETO, MARIA MANUEL
SEC. AUTÓN. QUÍMICA AGRÍCOLA
INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA
1399 LISBOA
Tel: 01-3638161 Fax: 01-3637970

NUNES, VALENTIM
ESCOLA SUP. DE TECNOLOGIA DE TOMAR
QTA DO CONTADOR, ESTRADA DA SERRA
2300 TOMAR
Tel: 049-328162

OLIVEIRA, CRISTINA MARIA
C E C U L
RUA DA ESCOLA POLITÉCNICA, 58
1200 LISBOA
Tel: 01-606138 Fax: 01-606352

OLIVEIRA, JOÃO ANTÓNIO
URB. S. JOÃO DE DEUS, BLOCO 5, 5ª DTO
3800 AVEIRO

OLIVEIRA, PEDRO MIGUEL
DEPARTAMENTO DE QUIMICA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
RUA DO CAMPO ALEGRE, 687
4150 PORTO
Tel: 02-6082945 Fax: 02-6082959

PACHECO, ADRIANO
LAB. DE ELECTROQUÍMICA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
AV. ROVISCO PAIS
1096 LISBOA
Tel: 01-8417234 Fax: 01-804589

PALITEIRO, CARLOS ANTÓNIO
DEPTO DE QUÍMICA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA
3049 COIMBRA
Tel: 039-22826 Fax: 039-27703

PASTOR PINTO, GLORIA
DEPTO DE QUIMICA-FISICA
FACULTAD DE QUIMICA
UNIVERSIDADE DE LA LAGUNA
LA LAGUNA (TENERIFE) - ESPANHA
Tel: 22-258169

PASTOR TEJERA, ELENA MARIA
DEPTO DE QUÍMICA FÍSICA
FACULTAD DE QUIMICA
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
LA LAGUNA (TENERIFE) - ESPANHA
Tel: 22-258169

PEREIRA, CARLOS MANUEL
DEPTO DE QUÍMICA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
RUA DO CAMPO ALEGRE, 687
4150 PORTO
Tel: 02-6082941 Fax: 02-6082959

PEREIRA, JORGE LUÍS
DEPTO DE QUÍMICA
FAC. DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIV. DE COIMBRA
3049 COIMBRA
Tel: 039-22826 Fax: 039-27703

PEREIRA, MARIA ISABEL
DEPTO DE QUÍMICA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
R. BERNARDO DE VASCONCELOS, C1 - 5º PISO
1700 LISBOA
Tel: 01-7573141 Fax: 01-7599404

PEREZ SANCHEZ, MARIANO
DEP. DE QUÍMICA FÍSICA
FACULTAD DE QUÍMICA
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
LA LAGUNA (TENERIFE) - ESPANHA
Tel: 22-258169

PIMENTA, GERVÁSIO MANUEL
CECUL
R. DA ESCOLA POLITÉCNICA, 58
1294 LISBOA
Tel: 01-606138 Fax: 01-609352

PINGARRON, JOSE M.
DEPTO DE QUÍMICA ANALÍTICA
FACULTAD DE QUÍMICAS
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
28040 MADRID
Tel: 34-1-3944315

PINHEIRO, LÍDIA MARIA
DEPTO DE QUÍMICA-FÍSICA
FACULDADE DE FARMÁCIA
AV. DAS FORÇAS ARMADAS
1600 LISBOA
Tel: 01-7933064 Fax: 01-7933064

PINTO, JÚLIO ANTÓNIO
FACULDADE DE FARMÁCIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA
3000 COIMBRA

POMBEIRO, ARMANDO
COMPLEXO I
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
AV. ROVISCO PAIS
1096 LISBOA
Tel: 01-8419237 Fax: 01-3536985

PROENÇA, LUÍS FRANCISCO
CECUL
R. DA ESCOLA POLITÉCNICA, 58
1294 LISBOA
Tel: 01-608823 Fax: 01-609352

QUEIRÓS, MARIA ARLETE
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
ESCOLA DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO MINHO
4709 BRAGA
Tel: 053-604376 Fax: 053-604370

RANGEL, CARMEN MIREYA
INETI
AZ. DOS LAMEIROS-EST.PAÇO DO LUMIAR
1699 LISBOA
Tel: 01-7165141 Fax: 01-7166568

REBELO, MARIA JOSÉ
CECUL
R. DA ESCOLA POLITÉCNICA, 58
1294 LISBOA
Tel: 01-606138 Fax: 01-609352

REDINHA, JOSÉ SIMÕES
DPTO DE QUÍMICA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA
3049 COIMBRA
Tel: 039-22826 Fax: 039-27703

REY LOSADA, FRANCISCO
DEPTO DE QUÍMICA FÍSICA
FACULTAD DE QUÍMICA
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO
15706 SANTIAGO DE COMPOSTELA-ESPANHA
Tel: 591078

RIBEIRO, ANA CRISTINA
DEPTO DE QUÍMICA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA
3049 COIMBRA
Tel: 039-22826 Fax: 039-27703

RIBEIRO, JOSÉ
ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO
INSTITUTO SUPERIOR DE BRAGANÇA
5300 BRAGANÇA

RICARDO, ANA PAULA
DEPTO DE QUÍMICA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
R. ERNESTO DE VASCONCELOS, C1 - 5º PISO
1700 LISBOA
Tel: 01-7573141

ROCHA, MARIA MANUELA
CECUL
INST. BENTO DA ROCHA CABRAL
CALÇ. BENTO DA ROCHA CABRAL, 14
1200 LISBOA
Tel: 01-3859628

RODRIGUES, JOSÉ ANTÓNIO MAIA
DEP. DE QUÍMICA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
RUA DO CAMPO ALEGRE, 687
4150 PORTO
Tel: 02-6082938 Fax: 02-6082959

SANCHEZ BATANERO, PEDRO
DEPTO DE QUÍMICA ANALÍTICA
FACULTAD DE CIENCIAS
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
47005 VALLADOLID
Tel: 83-423203

SANTOS, DAVID
INSTITUTO DE FÍSICA G. W.
UNICAMP
CX. P. 6155
SP 13061 CAMPINAS - BRASIL

SANZ CARRASCO, FAUSTO
DEPTO DE QUÍMICA-FÍSICA
UNIVERSIDADE DE BARCELONA
Av DIAGONAL, 647
08028 BARCELONA - ESPANHA
Tel: 3307311

SASTRE DE VICENTE, MANUEL E.
DEPTO DE QUÍMICA FÍSICA
FACULTAD DE QUÍMICA
UNIV. DE SANTIAGO
SANTIAGO DE COMPOSTELA
Tel: 591078

SEITA, JOSÉ ISIDRO
SECÇÃO DE QUÍMICA
UNIV. DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO
QUINTA DOS PRADOS
5000 VILA REAL
Tel: 059-320273 Fax: 059-74480

SEQUEIRA, CÉSAR AUGUSTO
CENTRO DE ELECTROQUÍMICA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
AV. ROVISCO PAIS
1096 LISBOA
Tel: 01-8417765 Fax: 01-8474045

SILVA, ABÍLIO
U.C.E.H.
UNIVERSIDADE DO ALGARVE
8000 FARO
Tel: 089-800916 Fax: 089-818560

SILVA, AIDA MARIA SOARES
DEPTO DE QUÍMICA
FACULDADE DE FARMÁCIA
4000 PORTO
Tel: 02-22564

SILVA, ANA MARIA
DEPTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
FACULDADE DE ENGENHARIA
RUA DOS BRAGAS
4099 PORTO
Tel: 02-2041695

SILVA, ANTÓNIO FERNANDO
DEPTO DE QUÍMICA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
RUA DO CAMPO ALEGRE, 687
4150 PORTO
Tel: 02-6082913 Fax: 02-6082959

SILVA, CARLOS JORGE RIBEIRO
DEPTO DE QUÍMICA
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE GUALTAR
UNIVERSIDADE DO MINHO
4719 BRAGA
Tel: 053-604381 Fax: 053-604370

SILVA, MARIA DE FÁTIMA
COMPLEXO I
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Av. ROVISCO PAIS
1096 LISBOA CODEX
Tel: 01-8419235 Fax: 01-3524372

SILVA, MARIA TERESA
DEPTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
AV. ROVISCO PAIS
1096 LISBOA
Tel: 01-8417964 Fax: 01-804589

SILVA, RUI ALBERTO
INST. SUPERIOR DE ENGENHARIA
CMUP - FEUP
4000 PORTO
Tel: 02-821084

SIMÃO, JOÃO EVANGELISTA
DEP. DE QUÍMICA
UNIVERSIDADE DE AVEIRO
3800 AVEIRO
Tel: 034-370736 Fax: 034-25143

SIMÕES, ALDA MARIA
DEPTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
AV. ROVISCO PAIS
1096 LISBOA CODEX
Tel: 01-8417234 Fax: 01-804589

SLUYTERS-REHBACH, MARGARETHA
VAN 'T HOFF LABORATORY
UNIVERSITY OF UTRECH
PADUALAAN 8
3584 CH UTRECH-THE NETHERLANDS

SMITH, MICHAEL JOHN
DEPTO DE QUÍMICA
UNIVERSIDADE DO MINHO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE GUALTAR
4710 BRAGA
Tel: 053-604381 Fax: 053-604370

SOTTOMAYOR, MARIA JOÃO FERREIRA
DEPTO DE QUÍMICA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
RUA DO CAMPO ALEGRE, 687
4150 PORTO
Tel: 02-6082837 Fax: 02-6082959

SOUSA, JOÃO PAULO
DEPTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
FACULDADE DE ENGENHARIA
R. DOS BRAGAS
4099 PORTO
Tel: 02-2007505 Fax: 02-318787

SOUTO, RICARDO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA FÍSICA
UNIVERSIDADE DE LA LAGUNA
AVENIDA TRINIDAD s/n
38204 LA LAGUNA (TENERIFE) - ESPANHA
Tel: 22-258227

TAVARES, HENRIQUE MARQUES
U,C,E,H,
UNIVERSIDADE DO ALGARVE
8000 FARO
Tel: 089-29761 Fax: 089-818560

TOMÁS, HELENA MARGARIDA
ESCOLA SUPERIOR DE EDUCAÇÃO
6000 CASTELO BRANCO

VALENTE, ARTUR JOSÉ
DEPTO DE ENGENH. E GESTÃO INDUST.
UNIVERSIDADE LUSÍADA
4760 VILA NOVA DE FAMALICÃO
Tel: 052-72429

VARELA, MARIA JOSÉ
DEPTO DE QUÍMICA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
R. ERNESTO DE VASCONCELOS, C1 - 5º PISO
1700 LISBOA
Tel: 01-7573141

VASCONCELOS, MARIA TERESA SÁ DIAS
DEPTO DE QUÍMICA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
RUA DO CAMPO ALEGRE, 687
4150 PORTO
Tel: 02-6082870 Fax: 02-6082969

VAZ, ANTÓNIO MANUEL NETO
CECUL
R. DA ESCOLA POLITÉCNICA, 58
1200 LISBOA
Tel: 01-606138 Fax: 01-606352

VIANA, CÉSAR AUGUSTO
INST. BENTO DA ROCHA CABRAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS - UNIV. DE LISBOA
CALÇ. BENTO DA ROCHA CABRAL, 14
1200 LISBOA
Tel: 01-3859628 Fax: 01- 7977837



BARBOSA & XAVIER, LDA.
ARTES GRÁFICAS • EDITORES
RUJA GABRIEL PEREIRA DE CASTRO, 31-C
TELEF. 25063/38916 / FAX 615320 — 4700 BRAGA

