

Dossier Óxido de Grafeno e Derivados no LQES

Oswaldo Luiz Alves

O **Laboratório de Química do Estado Sólido** do Instituto de Química da Unicamp vem trabalhando desde 2010 com óxido de grafeno e seus derivados. Vários aspectos estão sendo contemplados nos estudos. Dentre eles, citamos: preparação do óxido de grafeno (GO), purificação, caracterização avançada, toxicologia, nanocompósitos com nanopartículas de prata (AgNps), filmes e membranas, aplicações em materiais para embalagem, filtros antibactericidas, sistemas de "drug delivery", desenvolvimento de plataforma para explorar a biocompatibilidade do GO.

Estes estudos têm sido realizados via uma extensa e competente rede de colaborações, envolvendo químicos, físicos, biólogos, médicos visando, não só o aprofundamento do conhecimento destes nanomateriais, como também, o desenvolvimento de tecnologias aplicáveis a problemas reais.

Apresentamos, abaixo, a produção científica, patentes e impactos da pesquisa em andamento.

COMUNICAÇÕES NACIONAIS

J.J. Alves, R.D. Holtz, L.M. Rebelo, J. Mendes Filho, E.B. Barros, O.L. Alves and A.G. Souza Filho

Characterization of graphene oxide samples by AFM and spectroscopic techniques
SBPMAT - Congresso Brasileiro da Sociedade Brasileira de Pesquisa em Materiais,
Ouro Preto - MG, Brasil (2010)

R.D. Holtz, B. Lima, M. Brocchi, A.G. Souza Filho and O.L. Alves

Synthesis, characterization and antibacterial assessment of graphite oxide
Encontro Nacional da Rede Brasileira de Pesquisa em Nanotubos de Carbono, Fortaleza
- CE, Brasil (2010)

J.H. da Silva Junior, J.J.A. da Silva, A.G. Souza Filho, O.L. Alves e E.B. Gomes

Caracterização de amostras de óxido de grafeno por técnicas de AFM, MEV e Espectroscopia Raman
XXX Encontro de Iniciação Científica da UFC
Fortaleza - CE, 2.1.02.002 (2011)

J.J. Alves, L.M. Rebelo, A.G. Souza Filho, E.B. Barros, R.D. Holtz and O.L. Alves

Magnetic force microscopy measurements in few-layer graphene oxide
Anais do Encontro de Física 2011 (P070), Foz de Iguaçu - PR (2011)

J.J. Alves, T.M. Santiago, J.H. Silva Jr., J. Mendes Filho, E.B. Barros, A.G. Souza Filho, R.D. Holtz and O.L. Alves

Graphene oxide samples by spm and spectroscopy techniques
Anais do Encontro de Física 2011 (P072), Foz de Iguaçu - PR (2011)

V.R. Coluci, D.S.T. Martinez, J.G. Honório, A.F. de Faria, D.A. Morales, G.A. Umbuzeiro and O.L. Alves

Adsorption capacity of graphene oxide: the role of oxidative debris

SBPMAT - Congresso da Sociedade Brasileira de Pesquisa em Materiais
Campos do Jordão - SP (2013)

P.F. de Andrade, A.F. Faria, A.C.M. Moraes, M.C. Gonçalves and O.L. Alves

Cellulose acetate membranes modified with biocidal silver based graphene oxide nanocomposite

VIII Congresso de Microscopia de Materiais
Campinas - SP (2014)

L.A.V. Luna, A.C.M. de Moraes, S. Giorgio and O.L. Alves

Comparison of graphene-silver nanocomposite toxicity to macrophages from tumoral and peritoneal line and influence of nanomaterial aggregation

SBPMAT - Congresso Brasileiro da Sociedade Brasileira de Pesquisa em Materiais
Rio de Janeiro - RJ (2015)

A.C.M. Moraes, A.F. Faria, P.F. Andrade, M.C. Gonçalves and O.L. Alves

Antimicrobial properties of cellulose acetate membranes modified with silver-based graphene oxide nanocomposites

SBPMAT - Congresso da Sociedade Brasileira de Pesquisa em Materiais
Rio de Janeiro - RJ (2015)

M. de Sousa, A.C.M. de Moraes, L.C. Fonseca, L.V. Luna, D.S.T. Martinez and O.L. Alves

Interactions of 2D-2D structures: graphene oxide and hydrotalcite

SBPMAT - Congresso Brasileiro da Sociedade Brasileira de Pesquisa em Materiais
Campinas - SP (2016)

C.B. de Melo, F. Coa, O.L. Alves, D.S.T. Martinez e E. Barbieri

Efeitos da interação do óxido de grafeno com cádmio e zinco no consumo de oxigênio e excreção de amônia do camarão fantasma, Palaemon pandaliformis

III Simpósio de Ecotoxicologia
Rio Claro - SP (2016)

A. Zigiotto, F. Coa, D.S.T. Martinez, O.L. Alves e E. Barbieri

Efeitos ecotoxicológicos do óxido de grafeno e sua interação com zinco em peixes (Geophagus iporangensis): impactos no consumo de oxigênio e excreção de amônia.

III Simpósio de Ecotoxicologia
Rio Claro-SP (2016)

L.A.V. de Luna, A.C. de Moraes, D.S. Silva, N. Zorgi, S. Giorgio and O.L. Alves

Investigation of potential clinical implications of a hybrid graphene-silver nanomaterial: A safe-by-design approach (apresentação Oral).

CBTOX 2017 - XX Congresso Brasileiro de Toxicologia
Goiânia - Goiás (2017)

COMUNICAÇÕES INTERNACIONAIS

R.D. Holtz, D. Stéfani, J.G. Honório, D.A. Morales, A.G. Souza Filho, G.A. Umbuzeiro and O.L. Alves

Ecotoxicological evaluation of graphite oxide using aquatic microorganism as model

International Graphene Conference

Belo Horizonte - MG, Brazil (2010)

J.J. Alves, R.D. Holtz, A.G. Souza Filho, O.L. Alves and E.B. Barros

Electric force microscopy measurements in monolayer graphene oxide

2012 MRS Fall Meeting

Boston, USA (2012)

A.C.M. Moraes, A.F. de Faria, D.S.T. Martinez, A.J. Paula and O.L. Alves

Removal of oxidation debris from graphene oxide: influence on the formation of composites based on silver nanoparticles

Graphene 2012 - International Conference (Poster presentation)

Brussels, Belgium, 10-13 April (2012)

N. Duran, D.S.T. Martinez, G.Z. Justo, R. de Lima, V.L. de Castro, G.A. Umbuzeiro, E. Barbieri, M. Durán, P.S. Melo, O.L. Alves and W.J. Fávaro

Interlab study on nanotoxicology of representative graphene oxide

NanoSafe 2014

Grenoble, France (2014)

V.R. Coluci, T.H. Yu, D.S.T. Martinez, J.G. Honorio, A.F. de Faria, D.A. Morales, M.S. Skaf, O.L. Alves and G.A. Umbuzeiro

The crucial role of oxidative debris on the adsorption capacity of graphene oxide

Material Research Society Fall Meeting, oral presentation

Boston, Massachusetts, USA (2014)

A.C.M. de Moraes, P.F. Andrade, A.F. de Faria, M.C. Gonçalves and O.L. Alves

Fabrication of transparent graphene oxide-cellulose acetate thin films with potential optical application

International Conference on Diamond and Carbon Materials

Madrid, Spain (2014)

V.R. Coluci, D.S.T. Martinez, J.G. Honorio, A.F. de Faria, D.A. Morales, T.H. Yu, M.S. Skaf, O.L. Alves and G.A. Umbuzeiro

The crucial role of oxidative debris on the capacity of graphene oxide to adsorb organic pollutants

2014 Material Research Society Spring Meeting, oral presentation

San Francisco, California, USA (2014)

L.A.V. Luna, A.C.M. Moraes, C.D. Pereira, S. Cadore, S. Giorgio and O.L. Alves

Toxicity of graphene oxide decorated with silver nanoparticles and their counterparts graphene oxide and isolated silver nanoparticle to macrophages

54th Annual Meeting - American Society Of Toxicology

San Diego, Califórnia, USA (2015)

L.A.V. De Luna, A.C.M. De Moraes, D.S. Da Silva, N.E. Zorgi, S.R. Consonni, S. Giorgio and O.L. Alves

Investigating multiple endpoints for the interaction assessment of a graphene oxide-silver nanocomposite with macrophage

Nanosafe 2016 - International Conference on Health & Safety issues related to Nanomaterials

Grenoble - France (2016)

L.C Fonseca, M.M. de Araújo, A.C.M. de Moraes, D.S. da Silva, A.G. Ferreira, L.S. Franqui, D.S.T. Martinez and O.L. Alves

Development of nanocomposite based on graphene oxide and silica nanoparticles and its interaction to RBCs and plasma proteins.

7th Graphene 2017

Barcelona, Espanha (2017)

A.M.Z. Medeiros, L.U. Khan, F. Delite, C.A. Costa, C.A. Ospina, O.L. Alves and D.S.T. Martinez

Nanoecotoxicity of GO@AgNPs nanohybrid on Zebrafish embryos: influence of natural organic matter and chorion membrane removal

NanoSafe 18

Grenoble - França (2018)

TRABALHOS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS

A.F. Faria, D.S.T. Martinez, A.C.M. Moraes, M.E.H.M. Costa, E.B. Barros, A.G. Souza Filho, A.J. Paula and O.L. Alves

Unveiling the role of oxidation debris on the surface chemistry of graphene through the anchoring of Ag nanoparticles

Chemistry of Materials, Vol. 24, 4080-4087 (2012)

DOI: 10.1021/cm301939s

A.B. Seabra, A.J. Paula, R. de Lima O.L. Alves and N. Durán

Nanotoxicity of graphene and graphene oxide

Chemical Research Toxicology, Vol. 27 (2), 159-168 (2014)

DOI: 10.1021/tx400385x

A.F. de Faria, A.C.M. de Moraes, P.D. Marcato, D.S.T. Martinez, N. Durán, A.G.S. Filho, A. Brandelli and O.L. Alves

Eco-friendly decoration of graphene oxide with biogenic silver nanoparticles: antibacterial and anti-biofilm activity

Journal of Nanoparticle Research, Vol. 16, 2110 (2014)

DOI: 10.1007/s11051-013-2110-7

A.F. Faria, D.S.T. Martinez, S.M.M. Meira, A.C.M. Moraes, A. Brandelli, A.G. Souza Filho and O.L. Alves

Anti-adhesion and antibacterial activity of silver nanoparticles supported on graphene oxide sheets

Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, Vol. 113, 115-124 (2014)
DOI: 10.1016/j.colsurfb.2013.08.006

V.R. Coluci, D.S.T. Martinez, J.G. Honorio, A.F. Faria, D.A. Morales, M.S. Skaf, O.L. Alves and G.A. Umbuzeiro
Noncovalent interaction with graphene oxide: the crucial role of oxidative debris
Journal of Physical Chemistry C, Vol. 118 (4), 2187-2193 (2014)
DOI: 10.1021/jp409501g

A.C.M. de Moraes, B.A. Lima, A.F. de Faria, M. Brocchi and O.L. Alves
Graphene oxide-silver nanocomposite as a promising biocidal agent against methicillin-resistant Staphylococcus aureus
International Journal of Nanomedicine, Vol. 10, 6847—6861 (2015)
DOI: 10.2147/IJN.S90660

N. Durán, D.S.T. Martinez, G.Z. Justo, R. de Lima, V.L. de Castro, G.A. Umbuzeiro, E. Barbieri, M. Durán, P.S. Melo, O.L. Alves and W.J. Fávaro
Interlab study on nanotoxicology of representative graphene oxide
Journal of Physics: Conference Series, Vol. 617 (2015) 012019
DOI: 10.1088/1742-6596/617/1/012019

A.C.M. de Moraes, P.F. Andrade, A.F. de Farias, M.B. Simões, F.C.C Soares, E.B. Barros, M.C. Gonçalves and O.L. Alves
Fabrication of transparent and ultraviolet shielding composite films based on graphene oxide and cellulose acetate
Carbohydrate Polymers, Vol. 123, 217-227 (2015)
DOI: 10.1016/j.carbpol.2015.01.034

N. Durán, D.S.T. Martinez, C.P. Silveira, M. Durán, A.C.M. de Moraes, M.B. Simões, O.L. Alves, and W.J. Fávaro
Graphene oxide: a carrier for pharmaceuticals and a scaffold for cell interactions
Current Topics in Medicinal Chemistry, January 8, 309-327 (2015)
DOI: 10.2174/1568026615666150108144217

L.A.V. de Luna, A.C.M. de Moraes, S.R. Consonni, C.D. Pereira, S. Cadore, S. Giorgio and O.L. Alves
Comparative in vitro toxicity of a graphene oxide-silver nanocomposite and the pristine counterparts toward macrophages
Journal of Nanobiotechnology, Vol. 14 (12), 2016
DOI: 10.1186/s12951-016-0165-1

A.F. de Faria, A.C.M. de Moraes, P.F. Andrade, D.S. Silva, M.C. Gonçalves and O.L. Alves
Cellulose acetate membrane embedded with graphene oxide-silver nanocomposite and its ability to suppress microbial proliferation
Cellulose, Vol. 24 (2), 781-796 (2017)
DOI: 10.1007/s10570-016-1140-6

M. Sousa, L.A.V. Luna, L.C. Fonseca, S. Giorgio and O.L. Alves
Folic acid-functionalized graphene oxide nanocarrier: synthetic approaches,

characterization, drug delivery study and anti-tumor screening

ACS Applied Nano Materials (2018)

DOI: 10.1021/acsanm.7b00324

L.C. Fonseca, M.M. de Araújo, A.C.M. de Moraes, D.S. da Silva, A.G. Ferreira, L.S. Franqui, D.S.T. Martinez and O.L. Alves

Nanocomposites based on graphene oxide and mesoporous silica nanoparticles: Preparation, characterization and nanobiointeractions with red blood cells and human plasma proteins

Journal of Applied Surface Science, Vol. 437, 110-121 (2018)

DOI: 10.1016/j.apsusc.2017.12.082

R. Kumar, E.T.S.G. da Silva, R.K. Singh, R. Savu, A.V. Alaferdov, L.C. Fonseca, L.C. Carossi, A. Singh, S. Khandka, K.K. Kar, O.L. Alves, L.T. Kubota and S.A. Moshkalev
Microwave-assisted synthesis of palladium nanoparticles intercalated nitrogen doped reduced graphene oxide and their electrocatalytic activity for direct-ethanol fuel cells
Journal of Colloid and Interface Science, Vol. 515, 160-171 (2018)

DOI: 10.1016/j.jcis.2018.01.028

M. de Sousa, C.H.Z. Martins, L.S. Franqui, L.C. Fonseca, F.S. Delite, D.S.T. Martinez and O.L. Alves

Covalent functionalization of graphene oxide with d-mannose: evaluating the hemolytic effect and protein corona formation

Journal of Materials Chemistry B, Vol. 6, 2803-2812 (2018)

DOI: 10.1039/C7TB02997G

L.A. de Luna, Z. Nahiara, A.C.M. de Moraes, D. Silva, S. Consonni, S. Georgio and O.L. Alves

In vitro immunotoxicological assessment of a potent microbicidal nanocomposite based on graphene oxide and silver nanoparticles

Nanotoxicology (2018)

DOI: 10.1080/17435390.2018.1537410

C.H.Z. Martins, M. de Sousa, L.C. Fonseca, D.S.T. Martinez and O.L. Alves

Biological effects of oxidized carbon nanomaterials (1D versus 2D) on Spodoptera frugiperda: material dimensionality influences on the insect development, performance and nutritional physiology

Chemosphere, Vol. 215, 766-774 (2019)

DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.09.178

C.B. de Melo, F. Côa, O. L. Alves, D.S.T. Martinez and E. Barbieri

Co-exposure of graphene oxide with trace elements: effects on acute ecotoxicity and routine metabolism in Palaemon pandaliformis (shrimp)

Chemosphere, Vol. 223, 157-164 (2019)

DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.02.017

PATENTES DEPOSITADAS (NACIONAIS)

O.L. Alves, R.O. do Nascimento, D.S.T. Martinez, O.E.D. Rodrigues e A.C.M. de Moraes, **Processo de obtenção de nanocompósitos auto-suportados de fosfato de cério fibroso (CEP) e nanotubos funcionalizados (ntc-func), os nanocompósitos obtidos pelo dito processo e uso dos mesmos**

BR 10 2013 010433-7, 29.04.2013.

O.L. Alves, A.F. de Faria, M.C. Gonçalves, P.F. Andrade e A.C.M. de Moraes **Processo de obtenção de membranas poliméricas porosas antibacterianas a partir de acetato de celulose e nanopartículas de prata suportadas em óxido de grafeno, as membranas poliméricas porosas antibacterianas obtidas pelo dito processo e uso das mesmas**

BR102013026639, 16.10.2013

A.C.M. de Moraes, A.F. de Faria, P.F. Andrade, M.C. Gonçalves e O.L. Alves **Processo de produção de filmes compósitos transparentes a base de óxido de grafeno e acetato de celulose, filmes compósitos transparentes assim obtidos e seus usos**

BR102015008069, 10.04.2015

O.L. Alves, L.C. Fonseca, M.M. de Araújo, A.C.M. de Moraes, D.S.T. Martinez **Processo de obtenção de nanocompósito à base de óxido de grafeno e nanopartículas de sílica, nanocompósito assim obtido e seus usos**

BR102016030134, 21.12.2016 (período de sigilo)

O.L. Alves, M. de Sousa, L.C. Fonseca, L.A.V. de Luna e S. Giorgio **Processo de obtenção de nanocompósito, nanocompósito e seu uso**

BR1020170274721 (Derwent/INPI), 19.12.2017 (período de sigilo)

PATENTES DEPOSITADAS (INTERNACIONAIS)

O.L. Alves, R.O. do Nascimento, D.S.T. Martinez, O.E.D. Rodrigues e A.C.M. de Moraes

Producing self-supported nanocomposites used as selective adsorbent material for treating water, effluents or aqueous residues contaminated with metal ions, involves using fibrous cerium phosphate and functionalized carbon nanostructures

Patente de origem: BR102013010433, 29.04.13 + C1_BR132013034028, de 30.12.13
PCT/BR2014000136, 29.04.2014

WO2014176653 (Derwent), 06.11.2014

A.C.M. de Moraes, A.F. de Faria, P.F. Andrade, M.C. Gonçalves e O.L. Alves **Manufacturing transparent composite film used in pharmaceutical sectors, food, electronic and biomedicine, involves mixing cellulose acetate and acetone mixture with stirring to prepare polymer solution**

PCT/BR2015000187, 15.12.2015

WO2016161491 , 13.10.2016

TESES ORIENTADAS/DEFENDIDAS NO LQES RELACIONADAS COM O TEMA

Graphene oxide and graphene oxide functionalized with silver nanoparticles: antibacterial activity and polymeric composites applications/Óxido de grafeno e óxido de grafeno funcionalizado com nanopartículas de prata: atividade antibacteriana e aplicações em compósitos poliméricos

Ana Carolina Mazarin de Moraes

Doutorado, Instituto de Química, UNICAMP (2015)

Estudo das interações célula-nanomaterial utilizando modelos de macrófagos murinos e nanomateriais a base de óxido de grafeno e nanopartículas de prata

Luis Augusto Visani de Luna

Doutorado, Instituto de Biologia, UNICAMP (2018)

TESES EM ANDAMENTO NO LQES RELACIONADAS COM O TEMA

Síntese e caracterização de nanocompósitos à base de óxido de grafeno e nanopartículas de sílica e sua interação com hemácias e proteínas do sangue.

Leandro Carneiro Fonseca, Instituto de Química, UNICAMP (2018)

Doutorado, Instituto de Química, UNICAMP (2019)

Expandindo as funcionalidades do óxido de grafeno e derivados

Djalma Lucas de Sousa Maia

Doutorado, Instituto de Química, UNICAMP (2020)

IMPACTOS DA PESQUISA REALIZADA

LQES deposita segunda patente envolvendo grafeno.

Bactérias causadoras da infecção hospitalar têm novo inimigo.

Citotoxicidade de nanomateriais

Óxido de grafeno e suas sutilezas !

Nova "arma" contra a formação de biofilmes : óxido de grafeno decorado com nanopartículas de prata.

Interação de novos carbonos com pragas de interesse da agricultura.

VÍDEOS

Membrana biodegradável elimina bactérias que contaminam água

Produção de Óxido de Grafeno "PREMIUM"


Produção de Óxido de Grafeno de alta pureza para testes de nanotoxicologia, nanoecotoxicologia e nanogenotoxicologia, entre outros. Start-up *LQESNano* (em implantação).



Graphene Oxide "PREMIUM" (alta pureza) produzido no LQES.

OFERTA DE TECNOLOGIA

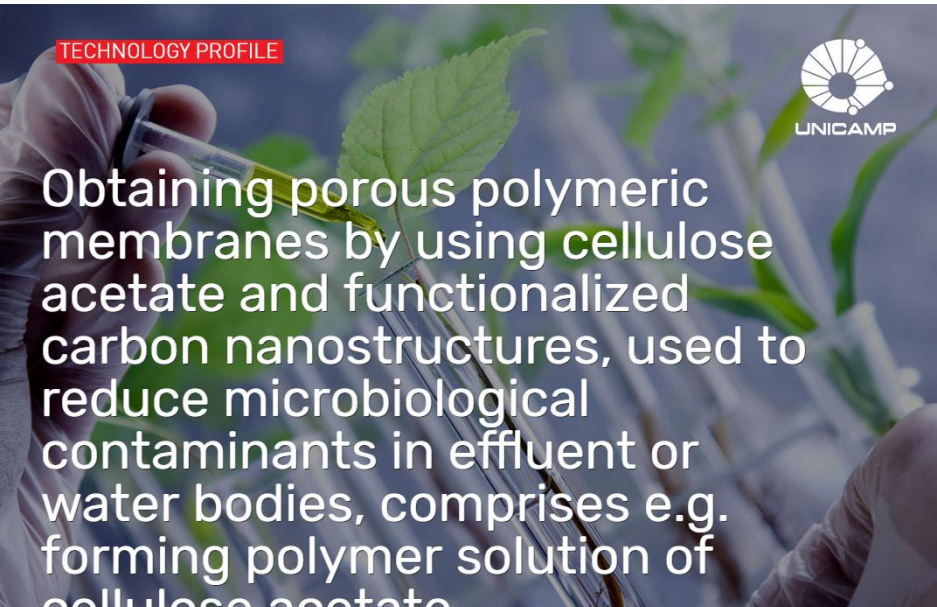

TECHNOLOGY PROFILE



Producing self-supported nanocomposites used as selective adsorbent material for treating water, effluents or aqueous residues contaminated with metal ions, involves using fibrous cerium phosphate and functionalized carbon nanostructures

INOVA

TECHNOLOGY PROFILE



Obtaining porous polymeric membranes by using cellulose acetate and functionalized carbon nanostructures, used to reduce microbiological contaminants in effluent or water bodies, comprises e.g. forming polymer solution of cellulose acetate

INOVA

PERFIL DA TECNOLOGIA:

Processo de obtenção de filmes compósitos transparentes a base de óxido de grafeno e acetato de celulose



UNICAMP
NANOTECNOLOGIA

Filmes transparentes com proteção contra a radiação ultravioleta (UV)

Conheça o novo filme compósito transparente com propriedades de revestimento e capacidade de bloquear a radiação ultravioleta sem bloquear a luz visível

CÓDIGO: 1267_ENCAPSULADO

INOVA
UNICAMP

PERFIL DA TECNOLOGIA:

Processo de obtenção de nanocompósito



UNICAMP
NANOTECNOLOGIA

Eficácia na liberação de fármacos nos tratamentos por quimioterapias

Tecnologia promove o aumento da solubilidade no sangue e também o carregamento de fármacos sensíveis à temperatura

CÓDIGO: 1267_ENCAPSULADO

INOVA
UNICAMP

EM PARCERIA COM:
FAPESP



Interessados nos licenciamento das tecnologias ou desenvolvimento de novas relacionadas ao tema,
Contatar a Agência de Inovação da Unicamp - NOVA, <http://www.inova.unicamp.br/>

Licenciamento

Licenciamento de tecnologia para empresa **Canguru Embalagens**, Criciúma, SC, para o desenvolvimento de embalagens especiais e Premium (2019).

Financiamento

Instituto Nacional de C,T&I em Materiais Complexos Funcionais (Inomat),
CNPq/MCTI/Fapesp.

Rede Nacional de Nanotoxicologia, CNPq/MCTI

·
Laboratório de Síntese de Nanoestruturas e Interação com Biosistemas (NanoBioss),
SisNano/CNPq/MCTIC.

Projeto Universal CNPq.

Abril 2019