

organização



[sctsr27nov2015.weebly.com](http://sctsr27nov2015.weebly.com)

SEMINÁRIO

# Solos Contaminados

Tecnologias e Soluções de Remediação

**27 Novembro 2015**

PORTO • ISEP • Auditório E

ISEP-DCC-GDM/1/2015

apoio



POLITÉCNICO DO PORTO



ORDEM DOS ENGENHEIROS



patrocinadores



euofins

Portugal

## PROGRAMA

8H30  
RECEPÇÃO AOS PARTICIPANTES

9H15  
SESSÃO DE ABERTURA

9H30 - 11H00  
SESSÃO 1  
Moderador **José Augusto Fernandes**

"Programas de Dimensionamento de Contaminação de Solos na Refinaria de Matosinhos da Galp Energia: Diferentes Fases de Avaliação"

**Manuel Barreira & Carlos Miranda**  
Galp Energia- Refinaria de Matosinhos / LQA Ambiente

"Reabilitação do Subsolo: Novas Tendências"

**António Fiúza**  
CERENA - FEUP

"Avaliação e Remediação de Solos Contaminados com Metais Pesados"

**Paulo Rodrigues**  
ETP - Environment Transport & Planning Portugal

11H00 - 11H30  
PAUSA PARA CAFÉ

11H30 - 13H00  
SESSÃO 2  
Moderadora **Cristina Delerue-Matos**

"Recuperación de Aguas, Suelos y Ecosistemas con Nuevas Tecnologías: Tecnosoles, Biocarbones y Humedales Reactivos"

**J. Ramón Verde**  
Universidad de Santiago de Compostela

"Aplicação de Técnicas Electrocinéticas no Tratamento de Solos Contaminados"

**Marta Pazos Currás**  
Bioengineering and Sustainable Processes Group - Universidade de Vigo

"Principais Aspetos do Projeto de Decreto-Lei Pro-Solos – Prevenção da Contaminação e Remediação dos Solos"

**Celeste Jorge** LNEC/ CPGA

**Painel: António Topa Gomes** (FEUP / SPG)  
**Nuno Cristelo** (UTAD / CPGA)  
**Tomás Albergaria** (REQUIMTE/LAQV, ISEP-IPP)

13H00 - 14H30  
ALMOÇO LIVRE

14H30 - 16H00  
SESSÃO 3  
Moderador **António Guerner Dias**

"Bio-geo-civil Engineering; Sustainable Remediation Solutions"

**Laurent Bakker**  
Tauw bv, The Netherlands

"Biorremediação Assistida de Solos Contaminados com Hidrocarbonetos"

**Maria Manuela Carvalho**  
REQUIMTE/LAQV, ISEP-IPP

"Potencialidades do Tratamento Biológico de Efluentes Gasosos Resultantes da Descontaminação de Solos e Aquíferos"

**Maria Cristina Vila**  
CERENA - FEUP

16H00 - 16H30  
PAUSA PARA CAFÉ

16H30 - 18H00  
SESSÃO 4  
Moderadora **Maria Manuela Carvalho**

"Nanoremediação no Terreno: Os Ensaio Piloto do NanoRem"

**Vitor Correia**  
Geoplano-Consultores, S.A.

"Nanoremediação Verde Aplicada a Solos Contaminados com Produtos Farmacêuticos"

**Tomás Albergaria**  
REQUIMTE/LAQV, ISEP-IPP

"Contaminação de Solos e Águas Subterrâneas por Práticas Agrícolas Desreguladas: Medidas de Prevenção e Remediação"

**Manuela Simões**  
GEOBIOTEC – Geociências, Geoengenharias e Geotecnologias, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa

18H00 - 18H30  
MESA REDONDA  
Moderador **António José Roque**

**Painel: Cristina Delerue-Matos, Eliana Teixeira, Marco Rocha, Vitor Correia**

18H30  
SESSÃO DE ENCERRAMENTO

# PROGRAMAS DE DIMENSIONAMENTO DE CONTAMINAÇÃO DE SOLOS NA REFINARIA DE MATOSINHOS DA GALP ENERGIA: DIFERENTES FASES DE AVALIAÇÃO

**Carlos Miranda<sup>1\*</sup>, Serafina Batista<sup>2\*\*</sup>; Manuel Barreira<sup>2\*\*\*</sup>**

<sup>1</sup>LQA, Rua Delfim de Lima, 3534, 4410 Canelas

<sup>2</sup>Petrogal-refinaria de Matosinhos, Apartado 3015, 4451-852 Leça da Palmeira

\* c.miranda@lqa-ambiente.com, \*\* serafina.batista@galpennergia.com, \*\*\* manuel.barreira@galpennergia.com

A Galp Energia é uma empresa integrada de energia, operando nos vários segmentos de Exploração e Produção, refinação e Distribuição, Gás Natural e Energia Eléctrica, com foco estratégico na Exploração e produção. Tem presença em 14 países em 4 continentes. Opera em Portugal duas refinarias, uma em Sines e outra em Matosinhos.

A refinaria de Matosinhos é uma refinaria de especialidades, produzindo óleos lubrificantes, massas, parafinas, aromáticos e solventes além, naturalmente, da fileira dos combustíveis. Ocupa uma área de 290 hectares, preenchidos com as unidades transformadoras do petróleo bruto e com a vasta área de armazenagem com cerca de 250 tanques.

A refinaria de Matosinhos, está inserida num contexto urbano e ambiental que implica um acompanhamento em módulo de monitorização contínuo das emissões inerentes à actividade de refinação e dos respectivos produtos associados. Em resultado, procurando sempre as melhores práticas disponíveis no mercado, encontram-se estabelecidos programas de monitorização e de intervenção para as matrizes ar, solos e águas (pluviais e subterrâneas). Relativamente ao subsolo, incluindo as formações geológicas, aterros e aquíferos, a monitorização assume duas vertentes complementares: i) Monitorização contínua das áreas envolventes às unidades processuais e às unidades de armazenamento; ii) Monitorização de pormenor de áreas cujo histórico de afectação ou o risco de actividade implicam maior adensamento espaço temporal dos pontos e parâmetros que sustentam as avaliações de risco de saúde pública e ambiente. No primeiro caso, foram instaladas estruturas piezométricas e poços de captação estrategicamente distribuídas pelas fábricas e próximos das bacias de contenção dos tanques que reservam a matéria-prima, os produtos intermédios e os produtos acabados. Com uma periodicidade semestral, ou sempre que qualquer alteração o justifique, são desenvolvidas campanhas com recolha de amostras representativas de águas subterrâneas em todos os pontos da rede de piezómetros, que, posteriormente, são sujeitas a caracterização analítica segundo um espectro concordante com a composição dos produtos potencialmente afectantes ao aquífero. No segundo caso, não obstante a presença de afectação com carácter difuso, os programas de investigação e avaliação da afectação dos solos e águas subterrâneas assumem particularidades técnicas com o objecto de determinar claramente a origem, extensão, volumetria e potencialidades dispersivas dos diversos contaminantes. Para o efeito, são empregues processos, equipamentos, sondas e análises químicas que validam as soluções de remediação dos solos e águas subterrâneas.

Em todos os trabalhos de monitorização e investigação são utilizadas técnicas e procedimentos desenvolvidos especificamente para zonas de segurança classificadas ATEX, o que obriga a uma formação específica dos técnicos e à selecção de equipamentos de apoio aos trabalhos in situ que são previamente aprovados pelos serviços de Segurança da refinaria.

## REABILITAÇÃO DO SUBSOLO: NOVAS TENDÊNCIAS

**António Fiúza**

*CERENA - FEUP*

*Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto*

*afiuzaf@fe.up.pt*

As tecnologias de reabilitação de solos e aquíferos não sofreram nos últimos anos alterações radicais com o aparecimento de novas concepções inovadoras. O desenvolvimento centrou-se antes no aperfeiçoamento das tecnologias in-situ existentes, com ligeiras alterações, e na utilização combinada e em simultâneo de duas ou mais tecnologias. Referimos no primeiro caso o melhoramento das tecnologias de oxidação e de redução in-situ (ISCO e ISCR) pela introdução de surfatantes e de aditivos coloidais, a introdução e o melhoramento nas tecnologias baseadas na injeção de nano-fluídos. No segundo caso a combinação entre a electrocinética e a bio-reabilitação, a utilização de oxidações tipo Fenton em simultâneo com o “sparging” (borbulhamento) de CO<sub>2</sub>, bem como as tecnologias de aquecimento in-situ combinadas com o “air sparging”. Nas tecnologias off-site podemos referir a extração de metais pesados por lavagens com reagentes específicos. Também o espectro dos compostos considerados contaminantes se alargou consideravelmente passando a incluir muitos compostos orgânicos bromados e fluorados.

# AVALIAÇÃO E REMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS COM METAIS PESADOS

**Paulo Rodrigues\* & Cristiano Ribeiro**

*ETP - Environment Transport & Planning Portugal*

*Rua Jorge Castilho 1613F, 1ª B, 1900-272 Lisboa, Portugal*

*\*paulo.rodrigues@etp.pt*

A apresentação relata o acompanhamento de uma situação de contaminação, por metais pesados, de um terreno de uso industrial, em vários passos desde a descoberta da contaminação, estudo da mesma, realização de AQR, remediação e posterior acompanhamento.

O estudo parte da suspeita da existência de um passivo ambiental associado a resíduos e contaminações derivadas do mesmo. Para se confirmar a existência de eventuais contaminações, foi realizado um estudo faseado de contaminação de solos e águas subterrâneas. O estudo conclui pela existência de concentrações de metais pesados nos solos e águas subterrâneas, acima dos valores de referência da norma de Ontário. As afetações resultaram da lixiviação dos resíduos depositados sobre terrenos graníticos, tendo a contaminação propagando-se ao longo do perfil de alteração até atingir as águas freáticas. Com os dados recolhidos no estudo de contaminação foi realizada uma Avaliação Quantitativa de Risco (AQR). A AQR determinou que o risco era aceitável dentro de determinadas condições. Os índices de risco calculados pela AQR foram utilizados para limitar a exposição dos trabalhadores aos efeitos das afetações. As concentrações objetivo derivadas da AQR foram utilizadas como valores de referência para a remediação.

Antes de se proceder à remediação foram tomadas e analisadas amostras de solo para se determinar o tipo de aterro (em relação à perigosidade) a que seriam destinados. A remediação foi realizada por remoção dos resíduos e dos solos afetados e entrega a um gestor autorizado para tratamento ex-situ. Dada a irregularidade do topo do bedrock a escavação foi realizada até se atingir: o bedrock ou o nível freático ou nas zonas de maior espessura do perfil de alteração até à profundidade onde o estudo indicava que a afetação cessava. Neste último caso foram tomadas amostras de solo do fundo da escavação de modo a garantir que a concentração dos metais alvo tinha sido reduzido até à concentração objetivo. Após concluída a remoção dos resíduos e solos, a escavação foi tapada com solo limpo, repondo o mais possível, a morfologia original do terreno.

A AQR determinou que o risco associado à afetação das águas subterrâneas era aceitável. Apesar deste fato após a conclusão da operação de remediação de solos, a rede piezométrica foi aumentada e alvo de monitorizações para acompanhar a evolução da afetação.

# RECUPERACIÓN DE AGUAS, SUELOS Y ECOSISTEMAS CON NUEVAS TECNOLOGÍAS: TECNOSUELOS, BIOCARBONES Y HUMEDALES REACTIVOS

**Felipe Macías-García<sup>1\*</sup>, Carmen Nieto<sup>2</sup>, Xose Luis Otero<sup>2</sup>, J. Ramón Verde<sup>2</sup>, Marta Camps Arbestain<sup>3</sup> & Felipe Macías Vázquez<sup>2</sup>**

*Universidad de Santiago de Compostela*

<sup>1</sup>*Centro de Valorización Ambiental del Norte*

<sup>2</sup>*Laboratorio de Tecnología Ambiental. Instituto de Investigaciones Tecnológicas. Universidad de Santiago.*

<sup>3</sup>*Institute of Natural Resources (Biochar Center), Massey University, New Zealand.*

\**felipe.macias.vazquez@usc.es*

The World Reference Base for Soil Resources (FAO et al., 2006) define Technosoil like a type of soil which contained more of 20% of artefacts, meaning the materials synthesized or modified their composition or location by the humans. Mainly Technosoils are elaborated from wastes or sub products of different mining activities (mining, industrial, urban, from management of wastes...) where can be found anomalous quantities of organic and inorganic contaminants and materials as glasses, concrete and potteries...

So, almost all Technosoils cause environmental problems. But not all human acts have lead to these contaminant situations and there are many examples in what the wastes from anthropic actuations, intentional or not, have formed soils more efficient than natural soils. This is the case like Terras Pretas and Mulatas, plaggen-soils, Maori Soils, chinampas and other soil elaborated by Mexican natives.

In this case, Technosoils are designed, formulated and elaborated to resolve one or various environmental problems. The first one is the adequate management of wastes in a context of climate forcing. The major of wastes are leaded to a dump or they are incinerated and so all valuating elements are lost and greenhouse gasses are produced. In the case of the dump by each tone of C of the wastes are produced 0.5 t of C in CH<sub>4</sub> form (23 times the climate forcing) and 0.5 t C in CO<sub>2</sub> form. Furthermore, N in form of N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>, NO or NH<sub>3</sub> is lost, depending of Eh-pH conditions in dump. In the incineration all C goes to the atmosphere like CO<sub>2</sub>, and each all N is in N oxides. Something like this, but environmental more friendly, is the compost. In this case, 50% of C and 30% of N is lost in compost phase (sometimes is lost more quantity if it is composted to higher pH, because NH<sub>3</sub> is formed) but the nutrients can be used to produce compost that if has an adequate quality it can be incorporated to the soils, incorporating nutrients and energy to the metabolic processes of the microorganisms. All compost of good quality has C in labile form not in stable C. In the elaboration of Technosoils the loss of N and C is less (in good conditions less of 10%) and it forms a structured material with organic components which are in part meta stabilized and in part not, so it can contribute energy for the micro-organisms (the labile fraction) at the same time the fraction of meta stabilized of C give to the soils capacity of interchange ionic, capacity of reserve of water and possibility of form stable durable structures. Like that, C from wastes is

made used forming labile and recalcitrant C and it is made used N in N organic form which evolving by amination and nitrification and all nutrients are made used from the wastes (macronutrients and trace elements like P, K, M, Ca, S, Si, Cu, Fe...). So, a biogeochemistry valuating of the wastes is produced and it can be used elements, components (sands, organic matter more or less metastabilized, clays, oxihydroxides of Fe and Al, carbonates ...) and useful properties (capacity of neutralization, capacity tampon, capacity absorbent, complexation power...) and too the Carbon footprint is reduced and a product is obtained: Technosoil "tailor made" which has productive and environmental soil functions and permit recovering degraded or contaminated water, soils and ecosystems quickly and efficiently.

Like that, Technosoil is an anthropic soil with more of 20% of artefacts, elaborated from wastes, sub products and indeed natural soils or sediments, which achieve the environmental and productive functions of soils established in the European Strategy for Soil protection (2002-2006). It must be soil structure and development according to pedological processes of the natural soils, converging in the time.

The novel of the process consists in design, formulate and make soils with an end to improve environmental and/or productive. Valuating no toxic wastes mixing and developing to form edaphic structures to reach the desired structures, and sequester C and N in durable form. Furthermore, the waste is valuated making use their nutritive elements (macro and micro nutrients) and their phisic and chemistry properties and biotic like say in the World Congress. ISWA-APESB, Lisboa 2009.

The industrial process and elaboration of Technosoil has different stages:

- 1.- Selection, obtaining and preparation of the adequate wastes to elaborate Technosoil
- 2.- Characterization physical-chemistry of the organic and inorganic wastes
- 3.- Industrial design of the Technosoil with wanted properties
- 4.- elaboration of the Technosoils previous fitting-out of the adequate wastes adding the necessary quantities of each type of wastes.

The elaborated Technosoils must have next environmental objectives:

- 1.- Sequestrate Carbon in recalcitrant C from the valuating of wastes
- 2.- Incorporate labile C to development a high biological and biodiversity activity
3. Have a high and equilibrate fertility which permits to increase the vegetative productivity, fix C in the biomass and form humified necromass as in humic as xeric conditions.
- 4.- Dispose of a high capacity of water retention that permit an increase of the duration of vegetative period and a major resistance of the hydric stress to reduce fire risks.
- 5.- Increase the capacity of control of contaminants, recovering soils, water and degraded ecosystems to recover the conditions of life and landscape in sustainable way

# APLICAÇÃO DE TÉCNICAS ELECTROKINÉTICAS NO TRATAMENTO DE SOLOS CONTAMINADOS

**Marta Pazos Currás & Ángeles Sanromán Braga**

*Bioengineering and Sustainable Processes Group - Universidade de Vigo*

*Campus Universitario As Lagoas Marcosende, 36310 Vigo, Spain*

*mcurras@uvigo.es, sanroman@uvigo.es*

Pollution in low permeability soils generates a significant technical challenge to *in situ* remediation efforts. The slow release of the pollutants from the soils or pooled areas and the difficulty for accessing present a problem difficult to tackle. Conventional treatment technologies usually require long operational periods and can be mainly used as containment technologies with high operation and maintenance costs. Under this premise, Electrokinetic treatment arises. This process is an *in situ* technology that has been successfully applied for the removal of inorganic pollutants since the past 20 years. In this technique, an electric field is applied to promote the movement of contaminants from the polluted soil toward the electrode chambers, in where the pollutants can be extracted. However its applicability, to the removal of low solubility pollutants, as organic compounds, is limited and this technology has been coupled with other technologies (surfactants, Fenton reagent, bioremediation) in order to increase the process efficiency [1-3]. In this presentation an overview about the main principles of the technology as well as the recent advances in the application of this treatment will be shown.

## Agradecimentos

This research has been financially supported by the Spanish Ministry of Economy and Competitiveness and by ERDF Funds (Project CTM2014-52471-R).

## Referências

- [1] Pazos, M., Iglesias, O., Gómez, J., Rosales, E., Sanromán, M.A. (2013) Remediation of contaminated marine sediment using electrokinetic-Fenton technology, *J. Ind. Eng. Chem.* 19 932-937.
- [2] Fonseca, B., Pazos, M., Tavares, T., Sanromán, M.A. (2012) Removal of hexavalent chromium of contaminated soil by coupling electrokinetic remediation and permeable reactive biobarriers. *Environ. Sci. Pollu. Res.* 1800-1808.
- [3] Pazos, M., Alcántara, M.T., Rosales, E., Sanromán, (2011) M.A. Hybrid technologies for the remediation of diesel fuel polluted soil, *Chem. Eng. Technol.* 34 2077-2082.



# PRINCIPAIS ASPETOS DO PROJETO DE DECRETO-LEI PROSOLOS – PREVENÇÃO DA CONTAMINAÇÃO E REMEDIAÇÃO DOS SOLOS

**Celeste Jorge**

*LNEC e CPGA*

*cjorge@lnec.pt*

No contexto europeu, a contaminação do solo tornou-se parte da agenda Europeia em meados dos anos 90. O projeto europeu CARACAS (Concerted Action for Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe), que decorreu de 1996 a 1998, fez um levantamento da situação europeia relativamente ao estado da arte e da legislação de cada país. O projeto europeu CLARINET (Contaminated Land Rehabilitation Network for Environmental Technologies), que decorreu de 1998 a 2000, estabeleceu uma filosofia partilhada sobre a gestão do solo baseada no risco, que foi adotada para tratar os solos contaminados. Mais recentemente foi estabelecida uma rede de investigação – HERACLES (Human and Ecological Risk Assessment for Contaminated Land in European Member States), que tentou uma padronização das metodologias usualmente praticadas nos Estados Membros, como parte das suas políticas de contaminação de solos, com o objetivo de as harmonizar. Porém, em 2006, apenas 9 países da UE possuíam uma legislação para a proteção do solo. Perante a necessidade de abordar: a questão da produtividade do solo, os riscos para a saúde humana e o ambiente, a atenuação das alterações climáticas e a adaptação às mesmas, e, também, para estimular as oportunidades empresariais de reabilitação dos solos, a Comissão Europeia propôs, primeiro em 19 de abril de 2002 - para uma Estratégica (...) - e depois a 22 setembro de 2006 - a Estratégica Temática de Proteção do Solo. A estratégia aborda toda a gama de ameaças e cria um quadro comum para proteger o solo. Este quadro comum pretende reverter a evolução da degradação do solo - Bruxelas, 22 de setembro de 2006, COM (2006) 232 final – Proposta de Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho que estabelece um quadro para a proteção do solo e altera a Diretiva 2004/35/CE.

A proposta de diretiva foi abandonada após a cimeira de Lisboa, porque os Ministros do Ambiente não foram capazes de chegar a uma maioria qualificada a seu favor, existindo falta de consenso entre os países do Sul e do Norte.

Em abril de 2014, o assunto foi considerado importante e posto na mesa de negociações. Surgiu desta forma a Diretiva 2014/52/EU do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de abril de 2014, que altera Diretiva 2011/92/EU relativa à avaliação dos efeitos de determinados projetos públicos e privados no ambiente.

A 3 de setembro de 2015 foi realizada uma apresentação pública, pela Agência Portuguesa do Ambiente, sobre o Projeto Legislativo português relativo à Prevenção da Contaminação e Remediação dos Solos – ProSolos.

Está quase a finalizar o ano Internacional do Solo e por isso justifica-se a abordagem neste Workshop da proteção e requalificação deste recurso tão importante ao nível nacional.

# BIO-GEO-CIVIL ENGINEERING; SUSTAINABLE REMEDIATION SOLUTIONS

**Laurent Bakker & Tobias Praamstra**

*Tauw bv, The Netherlands*

*Laurent.Bakker@tauw.com, Tobias.praamstra@tauw.com*

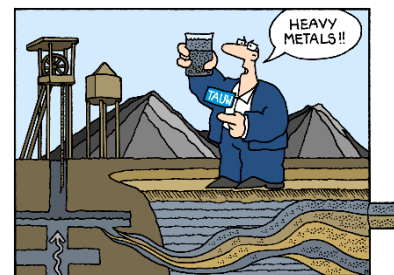
## Introduction

The Tauw innovation theme Bio-Geo-Civil '(Ground)Water treatment with natural resources' aims at the implementation of natural materials, living nature and/or natural (photo)chemical processes to purify large (ground)water flows with persistent contaminants. Tauw already has experience with some applications that are based on this principle. Within the innovation project we gained additional technical and market information on adsorption materials, purifying organisms, the scale of problems and problem owners. After making a 'book of recipes' for certain obvious problems, we are now busy to gain pilot scale experiments via market parties.

## Problem definition

There are many large wastewater fluxes which contain (micro) contaminants. Think of:

- Chemical landfill leachate (groundwater) – mobile hydrocarbons
- Mine tailing (groundwater & surface water) – metals (and anions)
- Hospital waste water - rests of medicines and hormones
- Overflow of sewage water – BOD and nutrients
- Effluent of sewage water treatment plant - rests of medicines and hormones

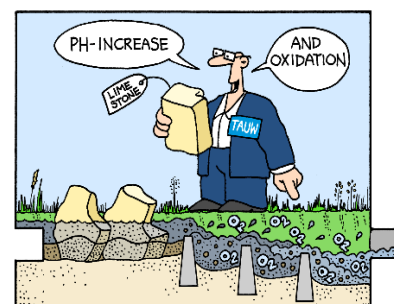


A large part of the fluxes of contaminated groundwater, surface water and wastewater fluxes is not treated at all because of the expected costs and responsibilities. Besides that, the current (waste)water treatment techniques to address these problems are largely high tech (think of membrane filtration, UV, ozone, etc.) and have their specific disadvantages like high costs, sensitivity to technical interruption (intensive maintenance) and high energy and material consumption (large CO<sub>2</sub>-print).

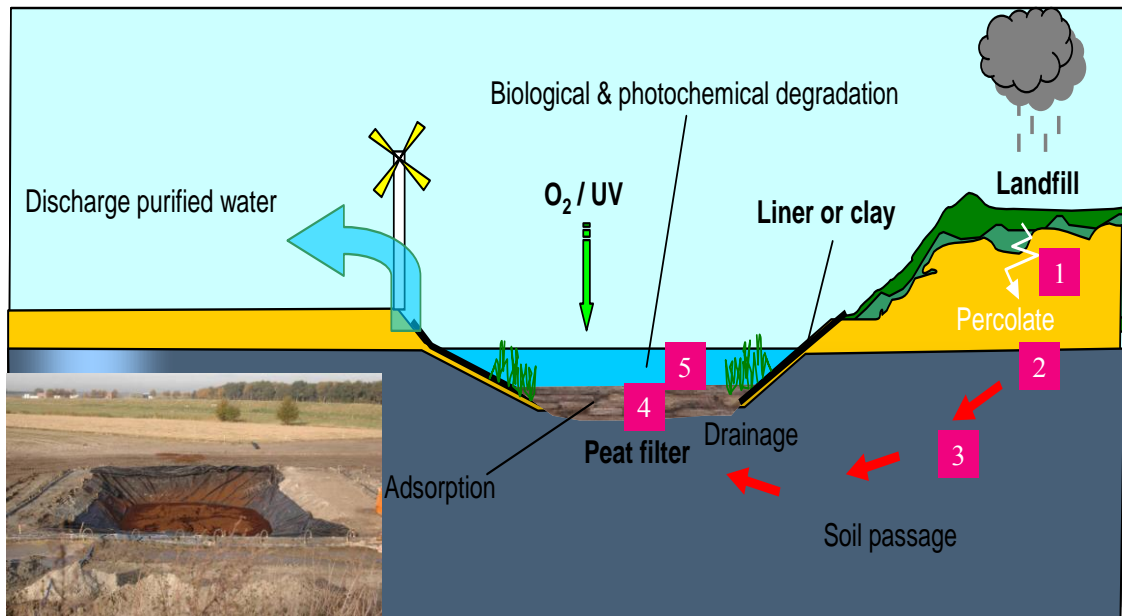
## Sustainable solutions

The combination of natural materials and processes can offer a sustainable and cost effective alternative. Examples of individual techniques that can be combined are:

- In situ sand filtration in soil
- Microbiological degradation in soil or bioreactor
- Photochemical degradation in clear shallow surface water
- Adsorption with natural 'inert' material or rest product
- Extraction with plants and trees (phytoremediation)
- Complexation of metals or anions by using a cascade or pH-adjusting materials
- Precipitation / sedimentation in reed beds and settlement ponds



One example approach which we already implemented as a field pilot is the 'Natural Catch'. The Natural Catch is a concept for purifying leachate from chemical landfills. It is based on using natural processes that already occur (infiltration of rain water, sand filtration, anaerobic biodegradation) together with additional implemented nature based processes. In The Netherlands a landfill with chemical waste caused problems related to the migration of leachate. To tackle this problem, a field pilot was implemented based on drainage of the anaerobic leachate, adsorption onto modified peat and aerobic biological and photochemical degradation: the 'Natural Catch'. We succeeded to have a purification efficiency of 93 to 100%, depending on the type of component (BTEX and monochlorohydrocarbons).



1 Rainwater leaching → 2 anaerobic biodegradation → 3 filtering during soil passage → 4 adsorption in peat filter → 5 aerobic and photochemical (bio)degradation in circular canal

Within this concept, the landfill and its direct surroundings are seen as a reactor, which leads to a finite solution. This is a sustainable alternative for the chemical landfill that is packed like a sarcophagus and that needs infinite care (top sealing, sheet piling and pump&treat). That is why this approach won the Nicole Technology Award in 2013. Besides this example also other 'building with nature' solutions will be addressed in the presentation.

# BIORREMEDIAÇÃO ASSISTIDA DE SOLOS CONTAMINADOS COM HIDROCARBONETOS

**Maria Manuela Carvalho<sup>1\*</sup>, Maria Cristina Vila<sup>2</sup>, Cristina Delerue-Matos<sup>1</sup>, Maria Teresa Oliva-Teles<sup>1</sup> & António Fiúza<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>REQUIMTE/LAQV, ISEP-IPP, Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto

<sup>2</sup>CERENA – FEUP, Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto

\*mmc@isep.ipp.pt

O solo é um recurso natural precioso e não renovável à escala de tempo humana. Os solos sofrem diariamente pressões antropogénicas que condicionam drasticamente as suas aptidões. A contaminação dos solos encontra-se na lista dos principais processos de degradação dos solos apresentada, em 2002, pela Comissão Europeia. A degradação da qualidade dos solos tem impacto direto na qualidade da água, do ar, na biodiversidade e nas alterações climáticas, podendo também ameaçar a segurança dos alimentos e prejudicar a saúde dos cidadãos [1].

Mais de dois séculos de industrialização deixaram na Europa graves problemas relacionados com a contaminação de solos. A Comissão Europeia tem vindo a inventariar as principais atividades contaminadoras, os locais potencialmente contaminados e os principais tipos de contaminantes encontrados nos solos europeus. No seu relatório de 2104, intitulado “Progress in the Management of Contaminated Sites in Europe” [2], estima que em 2011 podiam existir na Europa cerca de 2,5 milhões de locais potencialmente contaminados, dos quais cerca de 14% (340.000 locais) podiam exigir medidas de remediação. O mesmo relatório refere, ainda, que o setor produtivo apresenta maior risco do que o setor dos serviços. No setor da produção, as indústrias da fileira dos metais são das mais apontadas como importantes fontes de contaminação (13%); no setor dos serviços, os postos de gasolina são as fontes de contaminação mais referidas (15%). Em alguns países, a actividade mineira está relacionada com importantes fontes de contaminação do solo.

Na Europa, a descontaminação dos solos continua a ser maioritariamente realizada utilizando técnicas “tradicionais”, como por exemplo escavação e posterior remediação [2].

As técnicas de biorremediação apresentam-se como métodos atraentes e úteis na remediação de solos contaminados com hidrocarbonetos petrolíferos. São métodos limpos, de baixo custo e de fácil aplicação em grandes áreas [3]. A maioria dos constituintes do petróleo é biodegradável em condições aeróbicas [4] e existem várias bactérias e fungos com capacidade para oxidar os produtos petrolíferos. No entanto, verifica-se em muitas situações que, por um lado, os micro-organismos autóctones não têm capacidade de degradar os contaminantes e, por outro lado, os locais contaminados apresentam condições ambientais inadequadas ao desenvolvimento dos micro-organismos. Estes problemas podem ser superados aplicando técnicas de biorremediação assistida (bio-amplificação e / ou bio-estimulação).

No presente trabalho é apresentada a aplicação de tecnologias de biodegradação assistida. Nos estudos realizados, foi avaliada a possibilidade de remediar solos naturais contaminados com benzeno aplicando técnicas de biorremediação baseadas na utilização de um consórcio de micro-organismos extraído e desenvolvido a partir de solos contaminados com crude. Foram testados dois tipos diferentes de biorremediação assistida: sem e com ventilação

(bioventilação). A bio-amplificação foi realizada por inoculação dos solos naturais com o consórcio de micro-organismos. Nos ensaios sem ventilação, a bio-estimulação foi realizada por adição de um meio mineral rico em nutrientes, enquanto na bioventilação foi, também, fornecido oxigénio. Os ensaios foram realizados em laboratório, com temperatura controlada de 25 ° C, em colunas de aço inoxidável, em solo húmido com contaminação induzida. Os processos foram monitorizados diariamente, por cromatografia gasosa (GC-FID) e por respirometria, o que permitiu acompanhar as evoluções das concentrações de contaminante, de oxigénio e de dióxido de carbono na fase gasosa.

Os resultados revelaram que os solos contaminados foram remediados, sendo a bioventilação a solução mais rápida. Verificou-se, ainda, que a análise respirométrica é um instrumento adequado para monitorizar a actividade biológica e, conseqüentemente, para controlar o processo de remediação.

#### Referências

- [1] Comissão das Comunidades Europeias (2006). Comunicação da Comissão ao Conselho, ao Parlamento Europeu, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões. Estratégia temática de protecção do solo. COM(2006)231 final. Bruxelas.
- [2] European Commission (2014) Reference Report by the Joint Research Centre of the European Commission - Progress in the Management of Contaminated Sites in Europe. [http://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB\\_Archive/eusoils\\_docs/other/EUR26376EN.pdf](http://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/eusoils_docs/other/EUR26376EN.pdf)
- [3] Margesin, R., Zimmerbauer, A., & Schinner, F. (2000). Monitoring of bioremediation by soil biological activities. *Chemosphere*, 40(4), 339-346. doi: 10.1016/s0045-6535(99)00218-0.
- [4] Suthersan, S., & Payne, F. (2005). *In situ remediation engineering*. Boca Raton, Estados Unidos da América: CRC Press.

# POTENCIALIDADES DO TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTES GASOSOS RESULTANTES DA DESCONTAMINAÇÃO DE SOLOS E AQUÍFEROS

**Maria Cristina Vila<sup>1\*</sup>, Bárbara Pereira<sup>1</sup>, M. Manuela Carvalho<sup>2</sup> & António Fiúza<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>CERENA – FEUP, Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto

<sup>2</sup>REQUIMTE/LAQV, ISEP-IPP, Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto

\* [mvila@fe.up.pt](mailto:mvila@fe.up.pt)

Na reabilitação de solos contaminados com compostos orgânicos voláteis (COVs) a maior parte das tecnologias aplicáveis promove a transferência do contaminante para a fase gasosa, sendo esta fase tratada *ex-situ*. É o caso das tecnologias de baixo-custo como a extração por vapor, bio-ventilação, dessorção térmica de baixa temperatura ou borbulhagem de ar (*air sparging*), que invariavelmente exigem o tratamento da fase gasosa *a posteriori*. Para este tratamento, as tecnologias mais comuns enquadram-se numa das seguintes categorias: tratamento térmico, filtração e adsorção. Sendo a adsorção por carvão activado e por zeólitos (aluminossilicatos) a opção mais utilizada, quer pela facilidade de aplicação e quer pela elevada capacidade de tratamento permitida (elevado volume de gases e possibilidade de regeneração do adsorvente).

O presente trabalho começa por fazer um enquadramento legal e técnico do tratamento de efluentes gasosos como uma operação acessória à reabilitação de solos contaminados com COVs. Apresentam-se as principais tecnologias de tratamento de efluentes gasosos dando realce às vantagens e limitações de cada uma. Segue-se a apresentação de um estudo realizado à escala laboratorial onde foram testadas alternativas de baixo impacto económico e ecológico, como a utilização de granito ou granulado de cortiça como adsorventes ou a tecnologia de biofiltração recorrendo à inoculação de um consórcio microbiano aeróbio num leito filtrante de solo residual granítico.

Como principais conclusões salienta-se a capacidade exibida pelo solo residual granítico na remoção de benzeno de uma corrente gasosa. O granito revelou ser um material eficiente quer como leito filtrante na biofiltração quer como adsorvente de contaminantes voláteis. Aos resultados experimentais foi ajustado um modelo matemático descritor da cinética do processo. A curva exponencial negativa ajustou os dados experimentais com coeficientes de determinação superiores a 96%. O módulo do expoente revelou ser um bom indicador sobre a eficiência da remoção dos contaminantes [1].

## Agradecimentos

Este trabalho foi parcialmente financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do projeto PTDC/AAG-TEC/4403/2012 (ISIS).

## Referências

[1] Pereira, B. (2015) Tratamento de efluentes gasosos provenientes da bioventilação de solos contaminados com compostos orgânicos, Tese de Mestrado - Engenharia do Ambiente, FEUP.

# NANOREMEDIÇÃO NO TERRENO: OS ENSAIOS PILOTO DO NANOREM

**Juergen Braun** (VEGAS, University of Stuttgart, DE), [juergen.braun@iws.uni-stuttgart.de](mailto:juergen.braun@iws.uni-stuttgart.de)

**Matthias Kraatz** (Golder Associates GmbH, DE), [matthias\\_kraatz@golder.com](mailto:matthias_kraatz@golder.com)

**Nerea Otaegi** (Tecnalia Research & Innovation, ES), [nerea.otaegi@tecnalia.com](mailto:nerea.otaegi@tecnalia.com)

**Noam Weisbrod** (Ben Gurion University of the Negev, IL), [weisbrod@bgu.ac.il](mailto:weisbrod@bgu.ac.il)

**Petr Kvapil** (AQUATEST a.s., CZ), [kvapil@aquatest.cz](mailto:kvapil@aquatest.cz)

**Randi Bitsch** (Solvay AG, CH), [randi.bitsch@solvay.com](mailto:randi.bitsch@solvay.com)

**Vitor Correia** (Geoplano-Consultores, PT), [vcorreia@geoplano.pt](mailto:vcorreia@geoplano.pt)

O NanoRem (*Taking Nanotechnological Remediation Processes from Lab Scale to End User Applications for the Restoration of a Clean Environment*) é um projecto de investigação que tem por objectivo testar a eficácia da utilização de nanopartículas na remediação *in situ* de solos e águas subterrâneas. O projecto é financiado pela Comissão Europeia e inclui 28 parceiros de 12 países da União Europeia. O consórcio inclui 18 das instituições de pesquisa líderes no estudo de remediação com nanopartículas e 10 empresas industriais e de serviços.

O projecto foi concebido para facilitar a transferência do potencial dos processos de nanoremediação do laboratório para o terreno, e por isso inclui o teste da eficácia da aplicação de nanopartículas para a remediação de solos e águas subterrâneas contaminados em 6 locais. A Geoplano está envolvida no teste e aplicação de nanopartículas em dois desses locais, em Portugal e em Espanha, e nesta apresentação tecem-se considerações sobre os aspectos a ter em consideração na transposição de ensaios laboratoriais para ensaios piloto no terreno.

## Agradecimentos

O NanoRem é um projecto financiado pela União Europeia (FP72007-2013), sob o contrato nr. 309517.

Baia do Tejo, S.A.

## Bibliografia

Almeida, C. & Silva, M. L. (1987). Novas observações sobre o efeito de maré em aquíferos costeiros do Algarve, Bol. da Soc. Geol. de Portugal 24: 289-293.

Caldeira, L., Correia, V. et al (2012). Remediação *In Situ* de Solos d Águas Subterrâneas com Uso de Nano Partículas de Ferro Zero Valente: Avaliação Preliminar. Revista Geonovas da Associação Portuguesa de Geólogos 26: 57-68.

Ferris, J. (1951). Cyclic fluctuations of water level as a basis for determining aquifer transmissibility. Ass. Int. Hydrol. Sci., Assemb. Générale, Bruxelles, t. 11, 148 pp.

Kvapil, P., Lacinová, L., (2011). Technical report laboratory tests NZVI, Geoplano Consultores. Aquatest a.s., Prague, 15 pp.

Muller, N.C., Nowack B. (2010). Nano zero valente iron – The Solution for water and soil remediation? – ObservatoryNANO focus report 2010.

Zhang, Wei-xian (2003). Nanoscale iron particles for environmental remediation: An overview. Journal of Nanoparticle Research 5: 323–332.

Cazenove, E. de (1971). Ondes phréatiques sinusoïdales. Houille Blanche, Paris, vol. 26, pp. 610-616.

ASTM D6282 - 98(2005). Standard Guide for Direct Push Soil Sampling for Environmental Site Characterizations.

# NANOREMEDIÇÃO VERDE APLICADA A SOLOS CONTAMINADOS COM PRODUTOS FARMACÊUTICOS

**Tomás Albergaria**

*REQUIMTE/LAQV, ISEP-IPP*

*Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto*

*jtva@isep.ipp.pt*

Nas últimas décadas tem-se observado um crescimento significativo quer na produção quer no consumo de produtos farmacêuticos. Este consumo faz com que elevadas quantidades destes produtos e dos seus metabolitos sejam descarregados nos coletores municipais provenientes essencialmente de efluentes hospitalares, de excreções e da indevida deposição das formulações excedentárias ou fora de prazo. As estações de tratamento de águas residuais (ETAR) só conseguem remover parcialmente estes produtos sendo o remanescente libertado nos meios hídricos juntamente com o efluente tratado. Nas unidades de produção animal, as excreções estão igualmente contaminadas com produtos farmacêuticos, e no caso de produção intensiva estes resíduos são frequentemente utilizados para a fertilização de solos agrícolas podendo vir a surgir na cadeia alimentar. A presença de fármacos nos diferentes meios, aquático e terrestre, fazem com que estes contaminantes sejam hoje classificados como poluentes emergentes.

A utilização de nanopartículas de ferro zero valente em remediação ambiental é muito recente, sendo que a sua aplicação a solos é ainda muito escassa sobretudo quando a produção dessas nanopartículas é realizada utilizando um procedimento "verde". Este método baseia-se na capacidade redutora de extratos, obtidos a partir de diversos materiais naturais, que produzem nanopartículas de ferro zero valente após mistura com uma solução férrica.

Esta apresentação visa apresentar os resultados obtidos no âmbito do projeto NanoClean - Remediação de solos contaminados com produtos farmacêuticos utilizando nanopartículas "verdes" de ferro zero valente.

**Agradecimentos**

Este trabalho foi financiado pela União Europeia (fundos FEDER através de COMPETE) e por Fundos Nacionais (FCT, Fundação para a Ciência e Tecnologia) através dos projetos UID/QUI/50006/2013 e PTDC/AAG-TEC/2692/2012. Os autores agradecem a todas as fontes de financiamento.



# CONTAMINAÇÃO DE SOLOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR PRÁTICAS AGRÍCOLAS DESREGULADAS: MEDIDAS DE PREVENÇÃO E REMEDIAÇÃO

**Manuela Simões<sup>1</sup> & Celeste Jorge<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>GEOBIOTEC – Geociências, Geoengenharias e Geotecnologias, Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa, Campus da Caparica, 2829-516 Caparica, [mmsr@fct.unl.pt](mailto:mmsr@fct.unl.pt)

<sup>2</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Lisboa, Portugal, [cjorge@lnec.pt](mailto:cjorge@lnec.pt)

A adubação de solos agrícolas com fertilizantes orgânicos e químicos e a aplicação de fungicidas e pesticidas para controlo de pragas tem sido uma prática recorrente para aumentar a produtividade. O uso excessivo não controlado destes aditivos desencadeia acumulação de metais no solo e a mobilização de compostos solúveis para concentrações perigosas para o Homem e os ecossistemas. Nestes solos é comum encontrarem-se concentrações elevadas de Chumbo (Pb), Cádmio (Cd), Arsénio (As), Crómio (Cr), Mercúrio (Hg), Zinco (Zn), Níquel (Ni), Cobalto (Co), Molibdénio (Mo) que obrigam à adoção de medidas de prevenção e remediação. Com significativa expressão surgem também compostos azotados em solução nas águas subterrâneas sendo na maioria dos casos mobilizados, na forma oxidada, em iões nitrato.

A transposição das diretivas comunitárias para o quadro jurídico nacional com a Lei n.º 58/2005 e o Decreto-Lei n.º 235/97 e alterações (Decreto-Lei 68/99) obrigam à tomada de medidas para se alcançar o bom estado químico das águas subterrâneas, onde se inclui a proteção e remediação da contaminação por nitratos de origem agrícola. São aprovadas e listadas zonas Vulneráveis onde existe controlo de descargas e programas de ação e códigos de boas práticas agrícolas (Portaria 164/2010). Neste contexto são apresentados casos de estudo e exemplos de metodologias a adotar com vista a alcançar os objetivos determinados.

## Bibliografia

Martinez, J.I. Análise da Viabilidade de Aplicação de Tecnologias de Remediação Ambiental *In Situ* para Redução das Concentrações de Nitratos em Águas Subterrâneas. Costa de Caparica, Portugal. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Tecnologia Ambiental. Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, Brasil. 2010. 233 p.

Jorge, Celeste; Mancuso, M; Simões, M; MARTINEZ, J (2012) - Metais presentes em solos sujeitos a práticas agrícolas continuadas, Terras da Costa, Caparica. Atas do XXI Congresso Nacional de Geotecnia, Lisboa.