

<b>Lead institution: Lead institution: University of São Paulo – Escola Politécnica</b> <b>Work Address of the position: Av. Professor Mello Moraes, 2463, Cidade</b> <b>Universitária, São Paulo – SP – 05508-900, Brasil</b>	
<b>Supervisor name:</b> Hercílio Gomes de Melo	<b>Department: Metallurgical and Materials Engineering - EPUSP</b>
<b>Co-supervisor (if any):</b> Helio Goldenstein	<b>Department: Metallurgical and Materials Engineering - EPUSP</b>
<b>Recipient:</b> <a href="http://www.rcgi.poli.usp.br/opportunities/">http://www.rcgi.poli.usp.br/opportunities/</a> <b>Ref:</b> 19PDR113 <a href="http://www.rcgi.poli.usp.br/opportunities/application-form-rcgi/">http://www.rcgi.poli.usp.br/opportunities/application-form-rcgi/</a>	<b>Type: Post-Doctoral</b> <b>Period: Full time (40 h week)</b> <b>Number of months: 24</b>
<b>Project title: (Portuguese and English)</b> Comportamento de corrosão de aço ARBL em meio de CO <sub>2</sub> supercrítico sem e com contaminantes Corrosion behavior of HSLA steel in supercritical CO <sub>2</sub> without and with contaminants	
<b>Research theme area: (Portuguese and English)</b> Corrosão, Engenharia de Materiais Corrosion, Materials Engineering	
<b>Abstract (Portuguese and English)</b>  <p>A tecnologia de captura e armazenamento de gás carbônico (CCS) tem sido proposta como uma alternativa viável para a redução da emissão de gases com efeito estufa (GHG) para a atmosfera. Em resumo, o procedimento consiste em capturar o gás carbônico a partir de grandes fontes emissoras e transportá-lo após condicionamento para depósitos geológicos, tais como aquíferos salinos profundos, reservatórios de petróleo e gás e leitos de carvão profundo não-minerável. Quando a fonte emissora se encontra distante do local de armazenamento, o modo de transporte do CO<sub>2</sub> mais viável economicamente é por meio de tubulações. Em se tratando de um projeto de grandes dimensões (visando o armazenamento de grande quantidade de CO<sub>2</sub>, e com possível proveniência de diferentes fontes emissoras), para ser economicamente viável, é necessário que as tubulações sejam produzidas em aços de alta resistência e baixa liga (ARBL), que já são utilizados para o transporte de fluidos na indústria de petróleo e gás. Devido a fatores de engenharia (dificuldades de transporte em sistemas bifásicos, e elevada perda de pressão por unidade de comprimento no transporte de gases) e também econômicos (o bombeamento e o transporte de um fluido mais denso são mais lucrativos e a compressão do fluido reduz bastante o volume de CO<sub>2</sub>, permitindo o uso de tubos com diâmetros menores) o transporte de CO<sub>2</sub> deve ser realizado em condições supercríticas (SCCO<sub>2</sub>).</p> <p>Está documentado na literatura que o SCCO<sub>2</sub> puro apresenta baixa agressividade para a corrosão de tubulações de aço, já existindo uma rede para transporte de tal fluido em atividade, principalmente nos Estados Unidos. Entretanto, o volume de fluido transportado é relativamente pequeno, e este possui elevada pureza, já que visa comercialização. No caso da tecnologia de CCS, além de volumes consideravelmente maiores de fluido a serem transportados, a finalidade é restringir o aquecimento global, sendo o ganho econômico, portanto, indireto. Levando-se em conta estes aspectos, o emprego de um processo de purificação extremamente eficiente pode inviabilizar economicamente a implementação do projeto.</p> <p>Tendo em vista o exposto, o projeto visa avaliar a resistência à corrosão de aços ARBL em contato com CO<sub>2</sub> supercrítico na ausência e na presença dos principais contaminantes que podem ser encontrados no fluxo de SCCO<sub>2</sub> produzido a partir de fontes geradoras de energia ou então na cadeia produtiva de petróleo e gás (H<sub>2</sub>O, HCl, NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub>). Serão realizados ensaios eletroquímicos e de exposição aos diferentes meios, que serão associados à caracterização microestrutural. Visando simular as condições reais de exposição, os ensaios serão realizados em autoclave.</p>	

Carbon Capture and Storage (CCS) technology has been proposed as a viable alternative for reduction of greenhouse gases (GHG) emissions to the atmosphere. Briefly, the process consists of capturing CO<sub>2</sub> in large emitting sources and transporting them after conditioning to geological formations, such as deep saline aquifers, oil and gas reservoirs, and deep and non-mining coal beds. When the storage location is far from the production site, the most economically feasible solution for transport is by means of pipelines. For large-scale projects (aiming the storage of great quantity of CO<sub>2</sub> that can be originated from different sources), for economical reasons, the pipelines must be produced in high strength low alloy (HSLA) steel, which is already used for fluid transportation in the oil and gas industry. Due to engineering factors (transport difficulties of biphasic systems, and high pressure losses per unit length for the transport of gases) and also economical (the pumping and transport of a denser fluid is more profitable and the compression of the fluid greatly reduces the volume of CO<sub>2</sub> allowing the use of pipes with smaller diameters) CO<sub>2</sub> transport is carried out under supercritical conditions (SCCO<sub>2</sub>).

It is documented in the literature the pure SCCO<sub>2</sub> presents low aggressiveness for the corrosion of steel pipelines, and there is already a network to transport such fluid in operation, mainly in the United States. However, the volume of fluid transported is relatively small, and it has high purity as it is intended for commercialization. In the case of CCS technology, in addition to considerably larger volumes of fluid to be transported, the purpose is to restrict global warming, and the economic gain is therefore indirect. Taking into account these aspects, employing an extremely efficient purification process can make project implementation economically unfeasible.

In view of the above, the project aims to evaluate the corrosion resistance of HSLA steels in contact with supercritical CO<sub>2</sub> in the absence and presence of major contaminants that may be encountered in the SCCO<sub>2</sub> stream produced from energy sources or from the oil and gas production chain (H<sub>2</sub>O, HCl, NO<sub>x</sub> and SO<sub>x</sub>). Electrochemical and exposure tests will be performed, which will be associated with the microstructural characterization. In order to simulate the actual exposure conditions, the tests will be performed in autoclave.

#### **Description (Portuguese and English)**

O projeto de pesquisa será desenvolvido em colaboração com pesquisadores do programa de engenharia do Research Centre for Gas Innovation – RCGI da USP (programa e projetos estão disponíveis no site do RCGI [www.usp.br/rcgi](http://www.usp.br/rcgi)).

O projeto será focado em avaliar a corrosão de aços ARBL em meio de CO<sub>2</sub> supercrítico na ausência e na presença de contaminantes (H<sub>2</sub>O, HCl, NO<sub>x</sub> e SO<sub>x</sub>), e também em solução aquosa de baixo pH, com contaminantes, em atmosfera de SCCO<sub>2</sub>. Pretende-se também determinar concentrações críticas de segurança para os diferentes contaminantes, abaixo das quais o processo corrosivo não é intenso.

#### **Como objetivos específicos pretende-se:**

- Avaliar a corrosão do aço ARBL em meio aquoso em atmosfera de SCCO<sub>2</sub>, na ausência e na presença de contaminantes;
- Avaliar a corrosão do aço ARBL em SCCO<sub>2</sub> saturado com diferentes contaminantes;
- Para as condições investigadas, identificar o tipo de corrosão predominante, produtos de corrosão formados e variáveis microestruturais que contribuem para o processo;
- Utilizar cálculos termodinâmicos para determinar o limite de solubilidade dos contaminantes no SCCO<sub>2</sub>. Realizar ensaios de corrosão em SCCO<sub>2</sub> com contaminantes em tais concentrações e determinar concentrações limites a partir das quais o processo corrosivo se torna importante.

The research project is expected to be developed in collaboration with researchers from the Engineering Program of USP's Research Centre for Gas Innovation – RCGI (summary of the program and projects is found in the RCGI website at [www.usp.br/rcgi](http://www.usp.br/rcgi)).

The project will focus on assessing corrosion of HSLA steels in supercritical CO<sub>2</sub> medium in the absence and presence of contaminants (H<sub>2</sub>O, HCl, NO<sub>x</sub> and SO<sub>x</sub>), and also in low pH aqueous solution with contaminants in SCCO<sub>2</sub> atmosphere. It is also intended to determine critical safety concentrations for the different contaminants, below which the corrosive process is not intense. The specific objectives are:

- Evaluate the corrosion of ARBL steel in aqueous medium in SCCO<sub>2</sub> atmosphere, in the absence and presence of contaminants;
- Evaluate the corrosion of ARBL steel in SCCO<sub>2</sub> saturated with different contaminants;
- For the investigated conditions, identify the predominant type of corrosion, corrosion products and microstructural variables that contribute to the process;
- Use thermodynamic calculations to determine the solubility limit of contaminants in SCCO<sub>2</sub>. Perform corrosion tests on SCCO<sub>2</sub> with contaminants at such concentrations and determine limiting concentrations from which the corrosive process becomes important.

**Requirements to fill the position. (Ex: specific experience, minimum or maximum years after concluding the course) (Portuguese and English)**

- Habilidades específicas com softwares comerciais para simulação de propriedades termodinâmicas de soluções (exemplo: OLI ou similares);
- Possuir experiência em ensaios em alta pressão utilizando autoclave;
- Ter realizado parte de sua formação (mestrado e/ou doutorado) em eletroquímica e corrosão;
- Possuir habilidades com técnicas de preparação de superfície e de caracterização microestrutural;
- Ter conhecimentos para uso e interpretação dos resultados da técnica de espectroscopia de impedância eletroquímica.
  
- Specific skills with commercial software for simulation of thermodynamic properties of solutions (example: OLI or similar); The candidate should have notions about the use of electrochemical impedance spectroscopy technique for the study of corrosion and degradation of materials;
- Have experience in high pressure testing using autoclave;
- Have completed part of his training (masters and / or PhD) in electrochemistry and corrosion;
- Have skills with surface preparation and microstructural characterization techniques;
- Know how to use and interpret the results of the electrochemical impedance spectroscopy technique.

**INFORMAÇÕES SOBRE A BOLSA:**

O candidato selecionado receberá bolsa de R\$ 6.819,30 reais mensais, concedida pela FUSP - Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo.

MAIORES INFORMAÇÕES <http://www.rcgi.poli.usp.br/opportunities> e INSCRIÇÃO em <https://www.rcgi.poli.usp.br/opportunities/application-form-rcgi/> REF 19PDR113

**INFORMATION ABOUT FELLOWSHIP:**

The selected candidate will receive a scholarship of R\$ 6.819,30 reais monthly granted by FUSP - Foundation of Support to the University of São Paulo.

MORE INFORMATION <http://www.rcgi.poli.usp.br/opportunities> AND APPLICATION AT REF  
<https://www.rcgi.poli.usp.br/opportunities/application-form-rcgi/19PDR113>