

## Modelamento do sistema respiratório no diagnóstico de indivíduos com silicose

Alvaro C. D. Faria<sup>1,2</sup>, Bruno de Jesus Araújo<sup>1</sup>, Vinicius Peixoto Medina<sup>1</sup>,  
Agnaldo J. Lopes<sup>2,3</sup>, Pedro L. de Melo<sup>1,5</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Instrumentação Biomédica - Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes e Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ – Brasil

<sup>2</sup>Grupo de Estudos em Fisioterapia – GEFISIO, Universidade do Grande Rio José de Souza Herdy – Unigranrio, Duque de Caxias – RJ – Brasil

<sup>3</sup>Faculdade de Ciências Médicas, Laboratório de Prova de Função Respiratória, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ - Brasil

<sup>4</sup>Programa de Pós-graduação em Ciências da Reabilitação, Centro Universitário Augusto Motta, Rio de Janeiro, RJ – Brasil

<sup>5</sup>Laboratório de Pesquisa BioVasc - Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ – Brasil.

alvaro.camilo@unigranrio.edu.br, brunodejesusaraujo@gmail.com,  
viniciuspeixotomedina@hotmail.com, agnaldolopes.uerj@gmail.com,  
plopes@uerj.br

**Abstract.** *This work analyzes the diagnostic use of electrical models of the respiratory system in patients with silicosis. The models are described as well as results in silicosis (n=20), compared to a control group (n=20). The observed changes are consistent with a pathophysiology involved. An adequate diagnostic performance was obtained through elements that describe a total resistance, inertance and compliance. We conclude that the analyzed model presents a high diagnostic potential in silicosis.*

**Resumo.** *Este trabalho analisa o uso diagnóstico de modelos elétricos do sistema respiratório em pacientes com silicose. Os modelos são descritos e os resultados na silicose (n=20) apresentados em comparação a um grupo controle (n=20). As alterações observadas são consistentes com a fisiopatologia envolvida. Uma adequada acurácia diagnóstica foi obtida por meio dos elementos do modelo que descrevem a resistência total, a inércia e a complacência. Concluímos que o modelamento analisado apresenta elevado potencial no diagnóstico de alterações respiratórias na silicose.*

### 1. Introdução

A silicose é a mais antiga, mais grave e mais prevalente das doenças pulmonares relacionadas à inalação de poeiras minerais [PNES, 2001]. As ocupações mais comuns

em risco de silicose são as que envolvem túneis, pedreiras e perfuração de minas e atividades de fundição [Lopes *et al* 2012].

Modelos elétricos do sistema respiratório permitem a obtenção de informações adicionais sobre as mudanças anatômicas ou fisiopatológicas que ocorrem nas doenças respiratórias. Recentemente, esses modelos contribuíram para um aumento na exatidão diagnóstica de asma leve [Faria *et al*, 2016] e pacientes adultos com fibrose cística [Lima *et al*, 2015]. No entanto, não há estudos na literatura que avaliem as alterações na função respiratória associadas à exposição à sílica através da análise destes modelos. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi analisar o potencial diagnóstico destes modelos em trabalhadores portadores de silicose.

## 2. Metodologia

*Pacientes:* Este estudo incluiu 20 pacientes com Silicose [OIT, 1980] e 20 indivíduos controles, todos não fumantes sem antecedentes de doença pulmonar. Radiografia de tórax normal nos indivíduos controles. Todos os participantes assinaram um termo de consentimento informado. O protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, sob o número 1117.

*Espirometria:* Foram obtidas medidas espirométricas [Miller *et al*, 2005]. Os parâmetros analisados foram o volume expiratório forçado no primeiro segundo ( $VEF_1$ ), capacidade vital forçada (CVF), a relação  $VEF_1/CVF$ , o fluxo expiratório forçado (FEF) entre 25% e 75% da CVF, e a relação FEF/CVF. Esses parâmetros foram expressos como porcentagem dos valores previstos [Pereira *et al* 1992].

*Técnica de Oscilação Forçada (TOF):* O instrumento foi previamente descrito em detalhes [Melo *et al*, 2000]. Um sinal elétrico é aplicado a um alto-falante, que produz em sua saída um sinal correspondente de pressão. As pequenas oscilações de pressão são conduzidas por meio de um tubo e aplicadas ao sistema respiratório de um indivíduo respirando espontaneamente. A estimativa da impedância respiratória é efetuada via software pela razão entre a pressão e o fluxo [Melo *et al*, 2000].

*Modelamento:* Foi empregado o Modelo RIC estendido (Resistência–Inertância–Complacência; eRIC; Figura 1), onde R é análogo à resistência central das vias aéreas e  $R_p$  a resistência periférica, enquanto I está associado à inertância do pulmão e C com a complacência alveolar [Diong *et al*, 2007]. O programa para modelamento foi elaborado no ambiente gráfico de programação LabVIEW 2012.

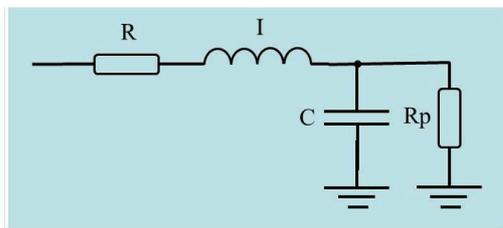


Fig. 1. Modelo eRIC, a descrição dos elementos é efetuada no texto.

## 3. Resultados e Discussão

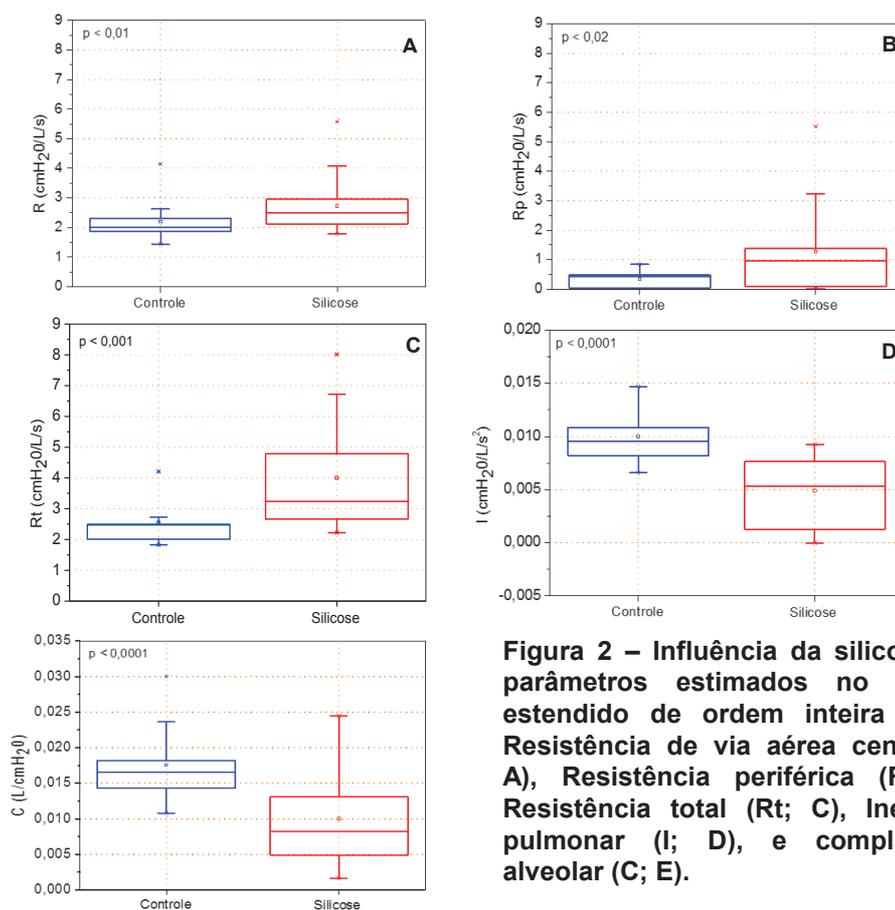
Na Tabela 1, observa-se os dados antropométricos e as avaliações espirométricas. Em relação às características biométricas, a ausência de diferença estatística indica que as amostras estão homogêneas para esses parâmetros. Os parâmetros espirométricos

apresentaram-se estatisticamente reduzidos, o que é condizente com a fisiopatologia da doença [Mossman & Churg, 1998].

**Tabela 1- Medidas antropométricas e espirométricas dos grupos estudados.**

	Controle (n = 20)	Silicose (n = 20)	Valor de p
Idade (anos)	56,0 ± 14,1	54,7 ± 11,4	0,75
Massa Corporal (kg)	71,3 ± 12,1	65,5 ± 13,6	0,15
Altura (cm)	167,4 ± 6,48	164,7 ± 7,77	0,24
VEF <sub>1</sub> (%)	104,9 ± 15,4	60,0 ± 20,3	<0,0001
CVF (%)	104,4 ± 13,5	76,7 ± 21,6	<0,0001
VEF <sub>1</sub> /CVF	91,8 ± 12,1	63,7 ± 13,3	<0,0001
FEF <sub>25-75%</sub> (%)	105,3 ± 30,7	38,1 ± 17,3	<0,0001
FEF <sub>25-75%</sub> /CVF	89,3 ± 28,4	44,0 ± 22,2	<0,0001

As alterações nos parâmetros do modelo eRIC em pacientes com silicose estão representadas na Figura 2.



**Figura 2 – Influência da silicose nos parâmetros estimados no modelo estendido de ordem inteira (eRIC). Resistência de via aérea central (R; A), Resistência periférica (Rp; B), Resistência total (Rt; C), Inertância pulmonar (I; D), e complacência alveolar (C; E).**

Na Tabela 2, observa-se a análise de potencial de uso clínico dos parâmetros dos modelos estudados. No modelo eRIC, os parâmetros resistência total (Rt), Inertância (I) e Complacência (C) apresentaram exatidão adequada ( $AUC > 0,8$ ) [Swets, 1988]. As alterações observadas nos modelos são coerentes com a fisiopatologia da Silicose

[Lopes *et al* 2012]. Os resultados no modelo eRIC são consistentes com os obtidos por Sá *et al* (2016) avaliando as alterações precoces decorrentes da exposição ao asbesto.

**Tabela 2 – Análise do potencial diagnóstico dos modelos estudados.**

	AUC	Se	Sp	Cutt-of point
R	0,760	80,0	70,0	2,0607
Rp	0,738	65,0	85,0	0,4921
Rt	<b>0,840</b>	90,0	75,0	2,4957
I	<b>0,925</b>	80,0	90,0	0,0076
C	<b>0,859</b>	85,0	75,0	0,0155

#### 4. Conclusões

O modelamento proposto aumentou nosso conhecimento sobre as anormalidades biomecânicas na silicose. Os parâmetros obtidos podem aprimorar a acurácia diagnóstica para essa anormalidade, contribuindo para o uso da TOF como ferramenta no acompanhamento desses trabalhadores.

#### Referências

- Diong, B. et al (2007). Modeling human respiratory impedance. Comparing the best method with the least estimation errors. *IEEE engineering in medicine and biology magazine: the quarterly magazine of the Engineering in Medicine & Biology Society*, 26(1): 48–55.
- Faria, A.C.D. et al (2016). Forced oscillation, integer and fractional-order modeling in asthma. *Computer methods and programs in biomedicine*, 128:12–26. doi: 10.1016/j.cmpb. 2016.02.010.
- Fernández Álvarez, R. et al (2015). Guidelines for the diagnosis and monitoring of silicosis. *Arch Bronconeumol*, 51: 86–93.
- Ferreira, A.S. et al (2006). Progressive massive fibrosis in silica-exposed workers. High-resolution computed tomography findings. *J Bras Pneumol*, 32: 523–8.
- Guidelines for the use of ILO international classification of radiographs of pneumoconiosis (1980). Revised edition. Occupational safety and health series no. 22. Geneva, Switzerland: International Labor Organization.
- Lima, A.N. et al (2015). Forced oscillations and respiratory system modeling in adults with cystic fibrosis. *Biomed Eng Online*, 14(1):11. doi: 10.1186/s12938-015-0007-7.
- Lopes, A.J. et al (2012). Silicosis in sandblasters of shipyard versus silicosis in stone carvers in Brazil: a comparison of imaging findings, lung function variables and cardiopulmonary exercise testing parameters. *Rev Port Pneumol*, 18: 260–6.
- Melo, P.L., Wernneck, M.M., Giannella-Neto, A. (2000), “Avaliação da mecânica ventilatória por oscilações forçadas: fundamentos e aplicações clínicas”, *J Pneumol* v. 26 (4), p. 194-206.
- Miller, M.R. et al (2005). Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal*, 26(2):319–38.
- Mossman, B.T. e Churg, A. (1998). Mechanisms in the pathogenesis of asbestosis and silicosis. *Am J Respir Crit Care Med*, 157(5 Pt 1):1666–80.
- Pereira, C.A.C. et al (1992). Valores de referência para espirometria em uma amostra da população brasileira. *J Pneumol*, 18:10-12.
- Programa Nacional de Eliminação da Silicose (PNES). Disponível em: <http://www.pgt.mpt.gov.br/publicacoes/seguranca/pnes.pdf>
- Sá, P.M. et al (2016). Early Diagnosis of Respiratory Abnormalities in Asbestos-Exposed Workers by the Forced Oscillation Technique. *PLoS ONE*, 11(9): e0161981. doi:10.1371/journal.pone.0161981.
- Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia SBPT (2009). Diretrizes para Testes de Função Pulmonar. *J Pneumol*, 38(Suppl 3).
- Swets, J.A. (1998). Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 240(4857):1285–93.