

Artigo Original

APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE TESTES DE DESEMPENHO DE MONITORES PORTÁTEIS DE RADIAÇÃO

V. Vivolo e L. V. E. Caldas

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Comissão Nacional de Energia Nuclear, Av. Prof. Lineu Prestes, 2242, São Paulo – SP
E-mail: vivolo@ipen.br

Recebido em 27 de janeiro de 2005: aceito em 13 de junho de 2005.

Resumo

A confiabilidade das medidas realizadas com os monitores portáteis de radiação é essencial para a segurança física dos usuários dos instrumentos durante os procedimentos de proteção radiológica (como levantamentos radiométricos, medidas de contaminação de pés, mãos e roupas, contaminação de materiais, etc.), nas clínicas e hospitais. Neste trabalho foram realizados ensaios e testes recomendados por normas internacionais que foram aplicados aos medidores portáteis de radiação do tipo Geiger-Müller, câmara de ionização, comumente utilizados no Brasil. O objetivo foi a aplicação e o estabelecimento de uma metodologia de testes de desempenho para serem aplicados rotineiramente a equipamentos novos e/ou que sofreram manutenção corretiva.

Palavras chaves: monitores de radiação, radiação gama, testes de desempenho.

Abstract

The measurement assurance of portable survey meters is very important for the radiation protection procedures in clinics and hospitals including safety routines of their users. A series of type tests recommended by international standards was applied to gamma radiation monitoring survey meters (Geiger-Müller type and ionization chamber) commonly used in Brazil. The main objective of this work was the establishment of a type test program to be applied to new or repaired portable survey meters.

Keywords: portable survey meters, gamma radiation, type tests.

Introdução

Os monitores portáteis de radiação, por serem constituídos de componentes e circuitos eletrônicos muito sensíveis, são suscetíveis à variação do seu circuito eletrônico com o tempo de uso (“drift”), alterando seu comportamento operacional e podendo afetar as medidas de campos de radiação realizadas com eles. Desse

28 Vivolo e Caldas: Testes de Desempenho de Monitores Portáteis de Radiação

modo, periodicamente, durante a vida útil dos instrumentos, deverão ser realizados testes (IAEA 2000), para verificar se eles preservam suas características operacionais. O objetivo deste trabalho foi o estabelecimento de uma metodologia de testes (Vivolo 2000) rotineiros para serem aplicados a equipamentos novos e aos que sofreram manutenção corretiva. Estes ensaios poderão ser realizados por laboratórios habilitados, ou pelo próprio fabricante ou usuário do equipamento, desde que possuam recursos materiais e corpo técnico devidamente capacitado e treinado.

Métodos

Uma série de testes recomendados por normas internacionais (ANSI 1997) foi aplicada aos monitores portáteis de radiação gama (tipo Geiger-Müller e câmara de ionização) comumente utilizados no Brasil. Treze instrumentos de diferentes tipos e modelos de fabricantes nacionais e internacionais foram testados neste trabalho. Para a realização dos ensaios (IEC 1972) foi utilizado um irradiador com fontes de radiação gama da STS GmbH, Alemanha, modelo OB85, com uma fonte de ^{60}Co , (atividade nominal de 20,6 GBq, julho de 2004), uma fonte de ^{137}Cs (atividade nominal de 657 GBq, julho de 2004) e uma fonte de ^{241}Am (atividade nominal de 7,3 GBq, julho/2004). Além disso, foram utilizadas duas fontes extras, sendo uma de ^{137}Cs , Graetz, Alemanha, modelo NW 125, com atividade nominal de 203 MBq (julho de 2004) e outra de ^{226}Ra , modelo 184100, Amersham-Searle, USA, com atividade nominal de 32,9 MBq (julho de 2004). Foram testados equipamentos que já se encontravam em uso (não são equipamentos novos); assim, foram testados sete monitores portáteis de radiação do tipo GM e seis câmaras de ionização, sendo quatro do tipo selado e dois do tipo não selado. Eles receberam

um código, levando-se em conta o tipo e modelo do elemento detector, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Relação dos equipamentos portáteis de radiação testados.

Marca	Modelo	Tipo	Código
Ludlum	3	Geiger-Müller	A1, A2, A3, A4 e A5
Nortron	NDG-1000	Geiger-Müller	A6
IPEN	PI 760	Geiger-Müller	A7
Victoreen	450 P	Câmara de Ionização	C1, C2, C3 e C4
Nardeux	Babyline 81	Câmara de Ionização*	C5 e C6

* Detector de radiação não selado

Resultados

Dependência Energética (^{60}Co e ^{137}Cs)

A norma IEC 395 (IEC 1972) recomenda que o equipamento seja ensaiado no intervalo de energia de 50 keV a 3 MeV. Foram utilizadas as fontes de radiação gama de ^{60}Co e ^{137}Cs do irradiador STS para o ensaio, uma vez que os monitores portáteis são normalmente calibrados e utilizados neste intervalo de energia. As distâncias utilizadas para os ensaios dos detectores GM variaram de 117,5 a 190,5 cm e para as câmaras de ionização de 120,5 a 271,5 cm. A máxima variação de resposta recomendada é de $\pm 25\%$, de acordo com a Norma IEC 395 (IEC 1972). A Tabela 2 mostra os resultados obtidos. Todos os equipamentos atenderam ao recomendado pela norma, à exceção dos detectores tipo GM A3, A5 e A7.

Tabela 2. Dependência energética dos monitores portáteis de radiação.

30 Vivolo e Caldas: Testes de Desempenho de Monitores Portáteis de Radiação

Equipamento	\hat{C}_m / \hat{C}_r	\hat{C}_m / \hat{C}_r	$\Delta\hat{C}$
	(mín/máx)	(mín/máx)	
	^{60}Co	^{137}Cs	(mín/máx)
	($\mu\text{C.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	($\mu\text{C.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$)	(%)
A1 a A7	(12,5 a 25,9)/ (10,9 a 25,8)	(12,5 a 25,8)/ (1,0 a 2,1)	19,0 a 33,3
C1 a C4	(65,0 a 65,3)/ (59,3 a 67,1)	(64,7 a 64,8)/ (56,2 a 61,9)	5,5 a 8,4
C5 e C6	(13,0 a 13,0)/ (13,3 a 14,5)	(13,0 a 13,0)/ (13,6 a 14,4)	1,0 a 1,3

\hat{C}_m = taxa de exposição medida; \hat{C}_r = taxa de exposição real; $\Delta\hat{C}$ = variação entre as taxas de exposição medidas

Dependência Angular

A posição dos monitores portáteis de radiação foi variada no banco de calibração (posição 0°); foram girados no sentido horário em 45° em relação à posição normal de calibração e posteriormente no sentido anti-horário em 45° , denominadas posições de $+45^\circ$ e -45° , respectivamente. Foi utilizada a fonte de radiação gama de ^{241}Am do irradiador STS. A variação máxima de resposta recomendada é de até $\pm 50\%$ para um ângulo de variação do equipamento máximo de 90° , e de $\pm 20\%$ na resposta para um ângulo de até 45° , de acordo com a Norma IEC 395 (IEC 1972). A Figura 1 mostra o arranjo experimental para os ensaios de dependência angular.

Direções da fonte radioativa de ^{241}Am utilizadas nos testes

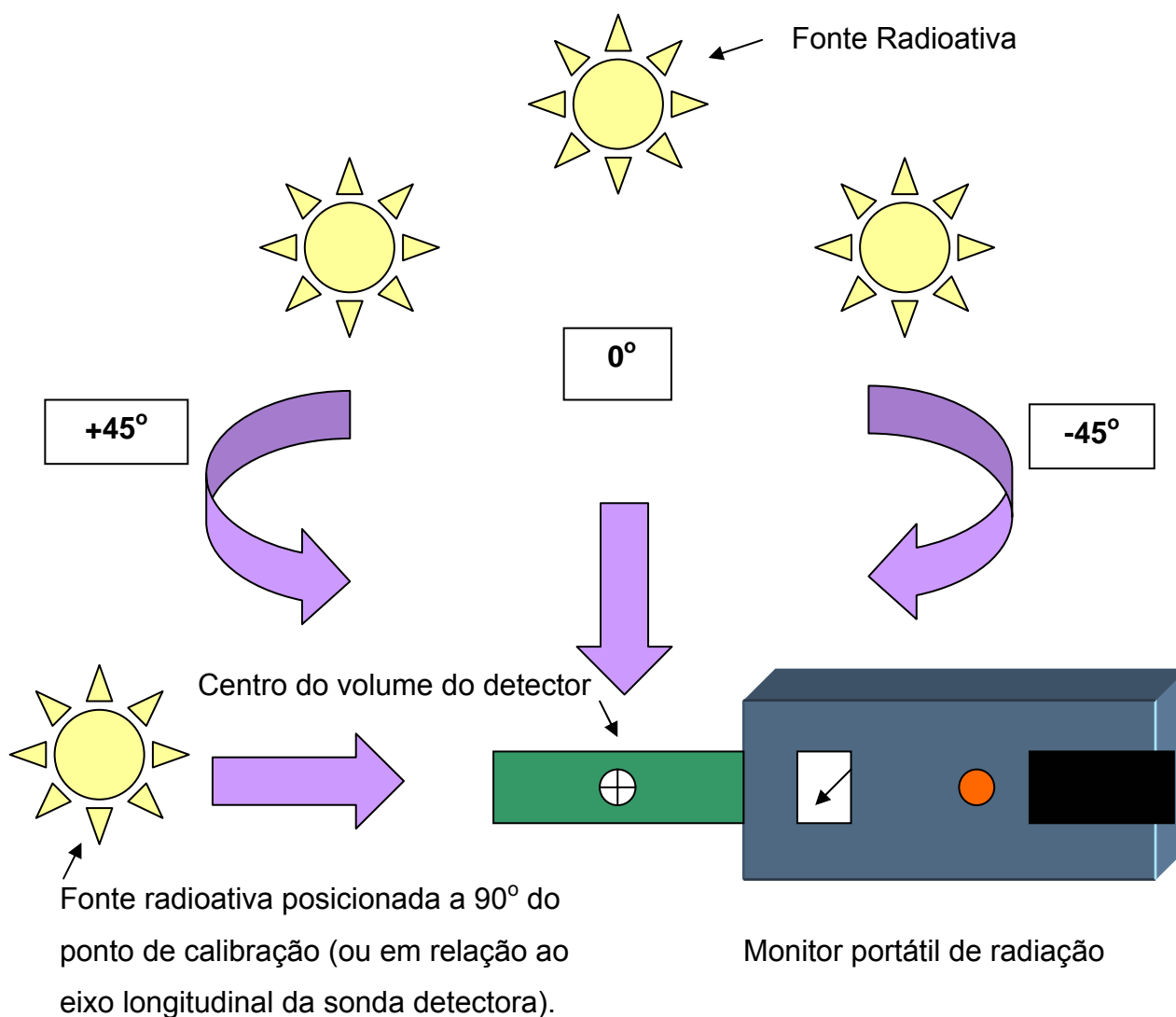


Figura 1: Esquema de posicionamento da fonte e dos monitores portáteis de radiação para os testes de dependência angular.

A Tabela 3 mostra os resultados obtidos. Os equipamentos A1 a A5 e A7 não atenderam ao recomendado pela norma; somente o detector tipo GM A6 atendeu à norma para variações de até 45° . Os detectores C1 a C6 atenderam ao recomendado tanto para variações de até 45° , quanto para ângulos de 90° .

32 Vivolo e Caldas: Testes de Desempenho de Monitores Portáteis de Radiação

Tabela 3. Dependência angular dos monitores portáteis de radiação em relação à posição de calibração (ângulo de 0°) dado em porcentagem de desvio da leitura.

Equipamento	D _p (-) (%)	D _p (+) (%)	D _p (90) (%)
A1 a A7	22,0 a 45,1	23,3 a 42,9	245 a 1260
C1 a C4	8,2 a 12,4	8,8 a 12,4	11,3 a 15,4
C5 e C6	8,0 a 8,8	6,8 a 8,8	14,1 a 14,4

D_p (-) = desvio percentual para ângulo de -45°; D_p (+) = desvio percentual para ângulo de +45°; D_p (90) = desvio percentual para ângulo de 90°.

Varição da Resposta com a Tensão da Bateria

Foi utilizada para este ensaio uma fonte de tensão contínua para fornecer a energia elétrica para o funcionamento do monitor portátil sob teste, cujo valor da tensão nominal foi variado até se atingir os valores mínimos e máximos de leitura no indicador de tensão de bateria do próprio monitor de radiação. Foi utilizada a fonte de radiação gama de ¹³⁷Cs Graetz, para este ensaio. Segundo a Norma IEC 395 (IEC 1972), a indicação da radiação não deve diferir em mais que ±10% do valor medido com a tensão nominal em condições extremas de variação, ou tensão de alimentação máxima ou mínima. A Tabela 4 mostra os resultados obtidos. Somente os equipamentos A5 e A6 não atenderam ao recomendado pela norma para variação de tensão máxima; para variação mínima de tensão, os equipamentos A1, A2 e A7 não atenderam ao recomendado pela norma.

Tabela 4. Variação da resposta dos monitores portáteis de radiação com a tensão da bateria.

Equipamento	$\Delta L_{\text{máx}}$ (%)	$\Delta L_{\text{mín}}$ (%)
A1 a A7	4,5 a 11,5	2,9 a 17,4
C1 a C4	0,3 a 3,7	2,2 a 16,3
C5 e C6	5,8 a 7,3	10,1 a 10,6

$\Delta L_{\text{máx}}$ = variação da resposta para tensão de alimentação máxima;

$\Delta L_{\text{mín}}$ = variação da resposta para tensão de alimentação mínima.

Erro Intrínseco

O valor do erro intrínseco é dado em termos percentuais, pela diferença entre o valor da taxa de exposição medida pelo instrumento e a taxa de exposição da fonte utilizada no ensaio, dividida pela taxa de exposição da fonte. Para este ensaio, a fonte de radiação gama de ^{60}Co do irradiador STS foi empregada. Segundo recomenda a Norma IEC 395 (IEC 1972), o erro intrínseco máximo admissível deve estar dentro de $\pm 10\%$. Uma vez que a norma admite um erro intrínseco de $\pm 10\%$ para os instrumentos testados, os valores mostrados na Tabela 5 foram tomados em módulo. A Tabela 5 mostra os valores obtidos. Todos os equipamentos atenderam ao recomendado pela norma.

Tabela 5. Erro intrínseco dos monitores portáteis de radiação.

Equipamento	Erro intrínseco da leitura do instrumento (mín/máx, em %)
A1 a A7	2,5 a 10,2
C1 a C4	3,9 a 10,0
C5 e C6	6,6 a 9,8

Estouro de Escala ou Saturação

Para taxas de exposição correspondendo a indicações acima do limite superior de qualquer faixa nominal, o mostrador do instrumento deve acusar estouro de escala (“saturação” de escala), conforme recomendado pela norma IEC 395 (IEC 1972). Para este ensaio foi utilizada a fonte de radiação gama de ^{137}Cs do irradiador. Cada equipamento foi exposto a taxas de exposição 10 (dez) vezes maiores que o fundo de suas escalas. Todos os equipamentos foram aprovados neste ensaio.

Deriva de Zero Elétrico

A posição da indicação de zero do equipamento, que deve ser ajustado após 30 minutos de funcionamento em condições padrões de ensaio, não deve diferir em mais do que $\pm 2\%$ do limite superior de qualquer faixa nominal após 4 h de funcionamento. Todos os equipamentos foram aprovados neste ensaio.

Efeito de Geotropismo

Deve-se variar a direção do equipamento em relação ao seu eixo longitudinal e a direção do solo terrestre, anotando-se em seguida, para cada direção, o valor da taxa de exposição indicado. A fonte de radiação gama de ^{226}Ra foi utilizada para o ensaio, fixada diretamente sobre a sonda detectora, no centro de seu volume sensível. Pela Norma IEC 395 (IEC 1972), para qualquer orientação do instrumento, quando exposto à radiação gama, a indicação não deve diferir mais que $\pm 10\%$ da indicação obtida com o instrumento segundo a orientação de referência do

fabricante (direção comumente paralela ao solo, ou ângulo de 0° , formado entre o eixo longitudinal do equipamento e o solo). A Figura 2 mostra como foram realizados os ensaios de geotropismo nos monitores portáteis de radiação. A Tabela 6 mostra os valores obtidos. Todos os detectores foram aprovados, à exceção dos equipamentos A6 e A7.

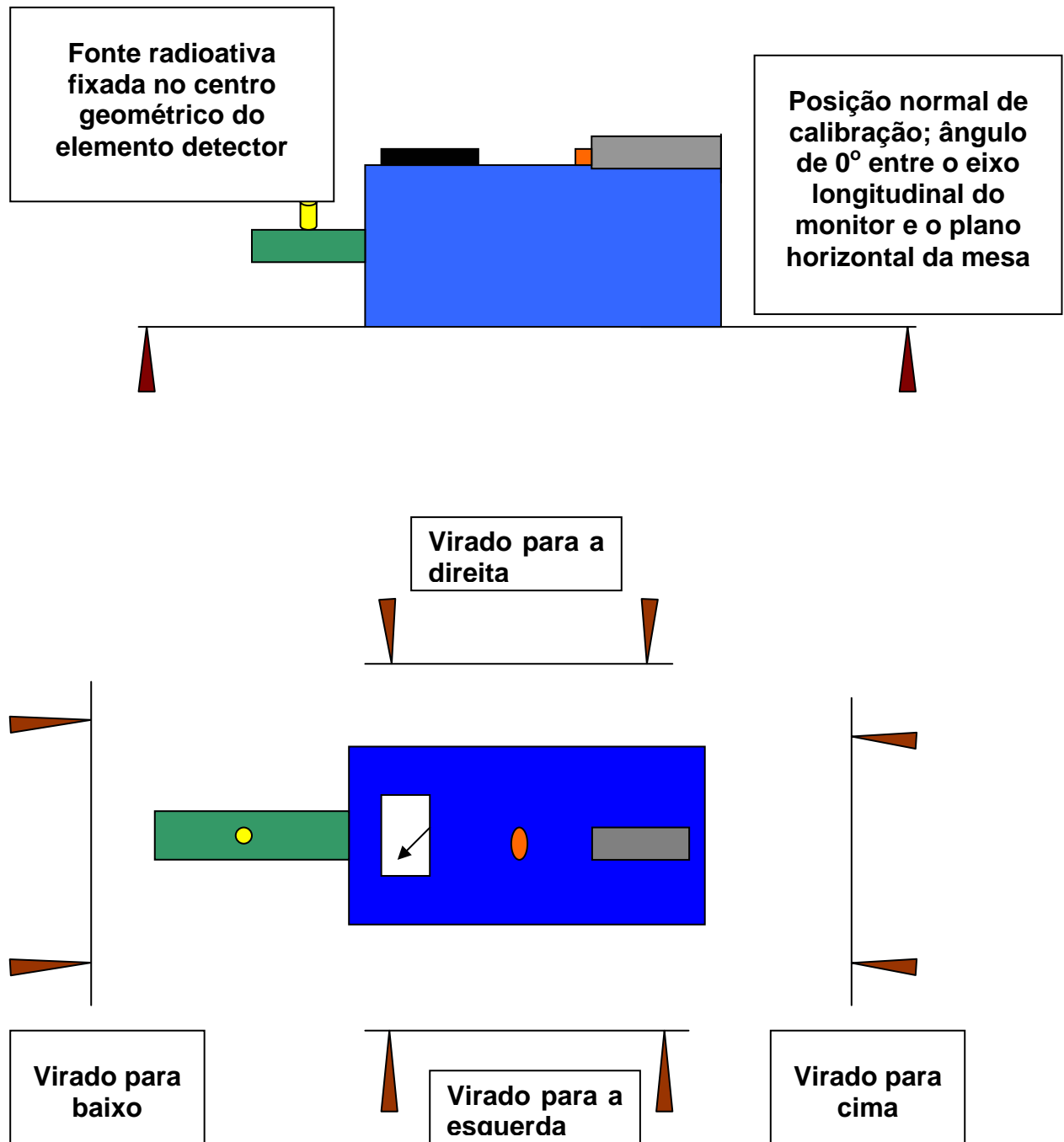


Figura 2: Posição dos equipamentos em relação ao plano do solo terrestre (direção adotada como de 0°), nos ensaios de geotropismo.

Tabela 6. Efeito de geotropismo dos monitores portáteis de radiação.

Equipamento	Varição da leitura em relação à posição normal
	de medida do instrumento (mín/máx, em %)
A1 a A7	3,0 a 12,1
C1 a C4	3,0 a 6,6
C5 e C6	5,2 a 7,5

Conclusões

Observou-se que as câmaras de ionização e os detectores do tipo Geiger-Müller obtiveram 75% e 63% de aprovação nos ensaios respectivamente. As diferenças nos valores dos índices de aprovação dos equipamentos nos ensaios se devem principalmente ao fato deles terem diferentes elementos detectores e das condições operacionais (envelhecimento, oxidação de componentes, alteração dos circuitos, substituição das sondas detectoras, etc.). O comportamento dos monitores portáteis de radiação verificados nos ensaios de variação de resposta com a tensão das baterias mostrou que as condições de funcionamento deles podem ser afetadas com a variação da tensão das baterias. Os ensaios de deriva de zero elétrico, de efeito de geotropismo e de erro intrínseco dos instrumentos podem auxiliar na detecção de falhas operacionais ou potenciais apresentadas pelos detectores de radiação.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio financeiro parcial deste projeto.

Referências

American National Standard Institute (1997). *ANSI N323A: Radiation protection instrumentation. Test and calibration of portable survey instruments*. ANSI, New York.

International Atomic Energy Agency (2000). *Safety Reports Series no.16: Calibration of radiation protection monitoring instruments*, IAEA, Vienna.

International Electrotechnical Commission (1972). *IEC 395: Portable X and gamma radiation exposure rate meters and monitors for use in radiological protection*. IEC Geneva.

Vivolo, V. (2000), *Aplicação de metodologia de testes de desempenho para monitores portáteis de radiação*. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo.