

Referências Bibliográficas

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. **IEA Statistics: Natural gas information - 2012**. Paris, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis - 2012**. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **Regulamento técnico de medição de petróleo e gás natural a que se refere a resolução conjunta ANP/INMETRO Nº 01, de 10 de Junho de 2013**. Rio de Janeiro, 2013.

ALBERTA ENERGY REGULATOR. **Directive 017: Measurement requirements for oil and gas operations**. Calgary, 2013.

AMERICAN GAS ASSOCIATION. **AGA Report nº 8: Compressibility factors of natural gas and other related hydrocarbon gases**. 2. ed, Arlington, 1992.

_____. **AGA Report nº 3: Orifice metering of natural gas and other related hydrocarbon fluids - Part 2: Specification and installation requirements**. 4. ed, Washington, 2000.

_____. **AGA Report nº 10: Speed of sound in natural gas and other related hydrocarbon gases**. Washington, 2003.

_____. **AGA Report nº 7: Measurement of natural gas by turbine meters**. Washington, 2006.

_____. **AGA Report nº 9: Measurement of gas by multipath ultrasonic meters**. 2a. ed, Washington, 2007.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **Manual of petroleum measurement standards: Chapter 21 - Flow measurement using electronic metering systems, Section 1 - Electronic gas measurement**. Washington, 1993.

_____. **Manual of petroleum measurement standards: Chapter 14 - Natural gas fluids measurement, Section 10 - Measurement of flow to flares**. Washington, 2007.

DELMÉE, G. J. **Manual de medição de vazão**. 3. ed, Edgard Blücher, São Paulo, 2003. 366p.

DEPARTMENT OF ENERGY AND CLIMATE CHANGE. **Eu emissions trading scheme: Guidance to operators of offshore installations**. Londres, 2012.

FERREIRA, A.L.A.S. **Tecnologia ultrasônica na medição de vazão em escoamentos incompressíveis**. Rio de Janeiro, 2010, 272p. Tese de Doutorado – Departamento de Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

FLUENTA. **Flare gas meter 160 ultrasonic flare metering user manual**. 2010. Disponível em: <http://www.fluenta.com/bilder/file/fluenta_fgm160.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2013.

FOLKESTAD, T., MYLVAGANAM, K. S. CHIRP excitation of ultrasonic probe and algorithm for filtering transit time. **IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics and frequency control**, v. 40, n. 3, p. 193-215, mai. 1993.

FRANKLIN, G. F., POWELL, J. D., WORKMAN, M. L. **Digital control of dynamic systems**. 2. ed, Addison-Wesley, Reading, 1990.

GIBSON, J. Validation of the CFD method for determining the measurement error in flare gas ultrasonic meter installations. In: 27th International North Sea flow measurement workshop, 2009, Tonsberg, **Proceedings...**, Red Hook, Curran Associates, 2010, p. 292-308.

_____. **Summary report of review of flare and vent gas emissions monitoring and reporting methods: An overview of methods used by industry**. Glasgow: National Engineering Laboratory, 2013, 28p. Relatório Técnico.

HARPER, K., LANSING, J., DIEZ, T. Field experience of ultrasonic flow meter use in CO₂-rich applications. In: 27th International North Sea flow measurement workshop, 2009, Tonsberg, **Proceedings...**, Red Hook, Curran Associates, 2010, p. 220-234.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Vocabulário internacional de metrologia: conceitos fundamentais e gerais e termos associados**, Duque de Caxias, 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO 5167: Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full - Part 2: Orifice plates**. Genebra, 2003.

_____. **ISO-5168: Measurement of fluid flow - Procedures for the evaluation of uncertainties**. 2a. ed, Genebra, 2005.

_____. **ISO 17089/1: Measurement of fluid flow in closed conduits — Ultrasonic meters for gas — Part 1: Meters for custody transfer and allocation measurement**. Genebra, 2010.

_____. **ISO 17089/2: Measurement of fluid flow in closed conduits — Ultrasonic meters for gas — Part 2: Meters for industrial applications**. Genebra, 2012.

KUNZ, O., WAGNER, W. The GERG-2008 wide-range equation of state for natural gases and other mixtures: An expansion of GERG-2004. **Journal of chemical & engineering data**, v. 57, n. 11, p. 3032-3091, out. 2012.

LOUREIRO, T. Y. C. **Medição de gás de tocha. Dissertação de Mestrado.** Rio de Janeiro, 2013. 152p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

MARCHETI, C. **Utilização de medidores ultrasônicos para medição fiscal de vazão de gás natural. Dissertação de Mestrado.** Rio de Janeiro, 2009. 132p. Dissertação de Mestrado - Metrologia Para Qualidade e Inovação, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

MARTINS, N. **Manual de medição de vazão através de placas de orifício, bocais e venturis.** Interciência, Rio de Janeiro, 1998. 297p.

MENDES, A., ROSÁRIO, P. P. **Metrologia e incerteza de medição.** EPSE, São Paulo, 2005. 67p.

MYLVAGANAM, K. S. High-rangeability ultrasonic gas flowmeter for monitoring flare gas. **IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics and frequency control**, v. 36, n. 2, p. 144-149, mar. 1989.

NPP KUIBISHEVTELECOM-METROLOGY, **Ultrasonic flow meter for APG and flare gas applications FLOWSIC100.** 2007-2014. Disponível em <http://ktprom.com/Sick_1_adv_en.php>. Acesso em: 03 out. 2013.

ORLANDO, A. F., VAL, L. G. **Calibração de medidor de vazão Krohne Altosonic V.** Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2006, 37p. Relatório Técnico.

ORLANDO, A. F. **Uncertainty analysis in experimental mechanics.** Oxford: Encyclopedia of Life Support Systems – EOLSS, 2009.

PINHEIRO, J. A. et al. Importância da avaliação das incertezas na medição dos volumes de petróleo e gás natural. **Revista Produto & Produção**, v.11, n. 1, p. 99-112, fev. 2010.

RAMOS, R. et al. **Estudo do comportamento do perfil de velocidades na seção de medição de gás de flare e sua influência sobre a qualidade da medição.** Vitória: Fundação Espírito-santense de Tecnologia, 2013. 61 p. (Petrobras, Termo de cooperação 0050.0078728.12.9). Projeto em andamento.

RIBEIRO, M. A. **Instrumentação.** 14. ed, [s.n.], Salvador, 2010.

RÜHL, C. Global energy after the crisis. **Foreing Affairs**, abr. 2010. Disponível em: <<http://www.foreignaffairs.com/articles/66148/christof-ruehl/global-energy-after-the-crisis>>. Acesso em: 13 fev. 2014.

SÁ, F. G. **Avaliação metrológica da influência da composição do gás natural na medição de vazão em sistemas de alívio de pressão do tipo tocha**. Rio de Janeiro, 2014. 105p. Dissertação de Mestrado - Metrologia Para Qualidade e Inovação, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

SPIEGEL, M. R., STEPHENS, L. J. **Estatística**. 4. ed, Bookman, Porto Alegre, 2009. 597p.

STANDARDS NORWAY. **Norsok Standard: I-104**. Lysaker, 2005.

UNITED STATES GOVERNMENT PRINTING OFFICE, **Electronic code of federal regulations**: Title 30, Part 250, Subpart K (§250.1163). Disponível em <<http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=467a59f36e93ef286f1fdbded06b3b7a&node=30:2.0.1.2.3.11.82.12&rgn=div8>>. Acesso em: 03 fev. 2014.

Apêndice A - Incertezas expandidas (I.C. \approx 95 %) para as vazões volumétricas corrigidas (base horária) e respectivos períodos de vigência.

Período de Vigência	Gás Importado	Gás Exportado	Gás Combustível Alta Pressão	Gás Combustível Baixa Pressão	Gás Piloto	Gás de Assistência	Gás Queimado Alta Pressão	Gás Queimado Baixa Pressão
01/09/2012								
a	0,76 %	0,72 %	0,65 %	0,60 %	0,84 %	4,93 %	5,00 %	5,00 %
10/09/2012								
11/09/2012								
a	0,76 %	0,72 %	0,65 %	0,63 %	0,84 %	4,94 %	5,00 %	5,00 %
14/10/2012								
15/10/2012								
a	0,64 %	0,72 %	0,66 %	0,63 %	1,07 %	4,94 %	5,00 %	5,00 %
04/11/2012								
05/11/2012								
a	0,64 %	0,72 %	0,66 %	0,63 %	1,07 %	4,94 %	5,00 %	5,00 %
08/12/2012								
09/12/2012								
a	0,60 %	0,79 %	0,65 %	0,63 %	1,04 %	4,93 %	4,93 %	4,96 %
15/01/2013								
16/01/2013								
a	0,60 %	0,68 %	0,65 %	0,63 %	1,04 %	4,94 %	4,94 %	4,97 %
14/02/2013								
15/02/2013								
a	0,60 %	0,68 %	0,65 %	0,63 %	1,04 %	4,94 %	4,99 %	4,98 %
23/03/2013								
24/03/2013								
a	0,60 %	0,68 %	0,65 %	0,63 %	1,04 %	4,94 %	4,98 %	4,99 %
21/05/2013								
22/05/2013								
a	0,58 %	0,73 %	0,58 %	0,63 %	1,04 %	4,94 %	4,99 %	4,99 %
13/07/2013								
14/07/2013								
a	0,58 %	0,73 %	0,58 %	0,83 %	1,04 %	4,94 %	4,95 %	4,95 %
25/09/2013								
26/09/2013								
a	0,62 %	0,73 %	0,58 %	0,83 %	1,06 %	4,94 %	4,95 %	4,95 %
01/11/2013								
02/11/2013								
a	0,62 %	0,72 %	0,58 %	0,83 %	1,06 %	4,94 %	4,95 %	4,95 %
31/12/2013								

Apêndice B - Incertezas sobre os volumes mensais dos pontos de produção a partir das incertezas das respectivas vazões horárias corrigidas.

Volumes mensais e incertezas absolutas em milhares de m³: volumes horários e incertezas das vazões horárias conhecidos. O ponto de Assistência (*) foi desativado no mês de abril/2013. A incerteza expandida da vazão não-corrigida considerada para a queima de alta pressão e a de baixa pressão foi de 5% para a totalidade das faixas de medição de ambos os pontos.

Mês	Exportação	u (Exp)	Importação	u (Imp)	GC Alta	u (GCA)	GC Baixa	u (GCB)	Piloto	u (Pil)	Assis- tência*	u (Ass)	Queima Alta	u (QA)	Queima Baixa	u (QB)
set/12	91944,4	12,5	131,3	0,1	11588,9	1,4	50,7	0,0	69,6	0,0	444,3	0,4	4017,2	7,7	374,2	0,4
out/12	95327,2	13,0	238,7	0,2	13633,9	1,7	68,7	0,0	66,8	0,0	309,8	0,4	3213,3	15,0	405,9	0,4
nov/12	81544,2	11,9	89,8	0,1	12437,6	1,5	84,4	0,0	69,7	0,0	7,4	0,0	1875,4	9,1	542,1	0,5
dez/12	79500,9	11,7	47,2	0,1	12075,7	1,4	83,6	0,0	77,2	0,0	2,1	0,0	1574,4	6,1	1.096,1	1,0
jan/13	75568,3	10,6	81,8	0,1	11244,3	1,3	75,9	0,0	71,0	0,0	334,5	0,4	2891,1	7,6	1.138,0	1,1
fev/13	70516,6	10,0	17,0	0,0	11375,9	1,3	65,8	0,0	59,5	0,0	75,6	0,1	1022,2	3,4	836,4	2,0
mar/13	82362,8	11,1	44,6	0,1	13255,5	1,4	67,3	0,0	62,9	0,0	48,3	0,1	2412,4	7,2	836,0	0,8
abr/13	78130,5	10,7	7,2	0,0	12696,3	1,4	104,7	0,0	62,5	0,0	-	-	2183,5	4,7	529,0	0,5
mai/13	80088,9	10,8	72,9	0,1	12849,6	1,4	68,3	0,0	64,8	0,0	-	-	1150,9	4,9	521,3	0,6
jun/13	67530,7	9,4	153,3	0,1	12702,6	1,4	61,0	0,0	56,6	0,0	-	-	1900,0	7,6	438,8	0,5
jul/13	70527,1	9,6	164,2	0,1	13351,7	1,4	68,5	0,0	63,1	0,0	-	-	999,4	3,3	912,2	1,0
ago/13	63682,6	8,7	211,3	0,2	12963,2	1,4	76,4	0,0	77,2	0,0	-	-	4443,7	11,4	777,1	0,9
set/13	58573,8	8,3	103,5	0,1	12213,4	1,3	118,4	0,0	79,8	0,0	-	-	8043,4	21,3	633,6	0,6
out/13	61828,8	8,2	133,6	0,1	11940,7	1,3	158,2	0,0	74,8	0,0	-	-	1230,5	6,8	648,0	0,7
nov/13	59138,1	8,0	139,1	0,1	11812,7	1,3	160,5	0,0	67,0	0,0	-	-	1778,0	8,1	478,9	0,5
dez/13	70174,7	9,3	13,7	0,0	13275,1	1,4	162,1	0,0	69,6	0,0	-	-	4132,4	6,4	650,6	0,7

Apêndice C - Extrato de *log* do medidor de queima de alta pressão de 24" da Plataforma "B", incorporando variáveis inferidas

Variáveis inferidas indicadas com "*". Q_o (m^3/h) indica a vazão não-coriada; v (m/s) indica a velocidade do escoamento corri-da pelo fator k ; $v\tilde{nc}$ (m/s) indica a velocidade não-coriada do escoamento.

Data	Horário	Q_o (m^3/h)	Velocidade do escoamento "v" (m/s)	Velocidade não-coriada do escoamento "vñc" (m/s)	Tempo de subida t_s (s)	Tempo de descida t_d (s)	Fator k^*	Desvio-Padrão de t_s^* (s)	Desvio-Padrão de t_d^* (s)
10/8/2012	00 h 33 min 15 s	7267,462	6,916730	7,343778	0,0023680	0,0023023	0,941849	3,94669E-05	3,83722E-05
10/8/2012	00 h 33 min 20 s	7295,334	6,943257	7,371759	0,0023681	0,0023022	0,941872	3,94684E-05	3,83696E-05
10/8/2012	00 h 33 min 25 s	6272,427	5,969716	6,344450	0,0023627	0,0023060	0,940935	3,93778E-05	3,84328E-05
10/8/2012	00 h 33 min 30 s	3723,568	3,543866	3,780337	0,0023508	0,0023170	0,937447	3,91792E-05	3,86162E-05
Data	Horário	$u(t_s)^*$ (s)	$u(t_d)^*$ (s)	$u(v\tilde{nc})^* 5 s$ (m/s)	$u(v\tilde{nc})^* 5 s$ (%)	Número de Reynolds*	$u(k)^*$	$u(v)^* 5 s$ (m/s)	$u(v)^* 5 s$ (%)
10/8/2012	00 h 33 min 15 s	3,60062E-06	3,50076E-06	0,561518	7,65	281096	0,000339	0,528871	7,65
10/8/2012	00 h 33 min 20 s	3,60077E-06	3,50052E-06	0,561527	7,62	282174	0,000337	0,528892	7,62
10/8/2012	00 h 33 min 25 s	3,59250E-06	3,50628E-06	0,561681	8,85	242609	0,000391	0,528511	8,85
10/8/2012	00 h 33 min 30 s	3,57438E-06	3,52302E-06	0,561710	14,86	144023	0,000654	0,526580	14,86

Apêndice D - Extrato de *log* do medidor de queima de baixa pressão de 12” da Plataforma “C”, incorporando variáveis inferidas.

Variáveis inferidas indicadas com “*”. Q_0 (m^3/h) indica a vazão não-coriada; v (m/s) indica a velocidade do escoamento coriada pelo fator k ; $v_{\tilde{n}c}$ (m/s) indica a velocidade não-coriada do escoamento.

Data	Horário	Q_0 (m^3/h)	v (m/s)	$v_{\tilde{n}c}$ (m/s)	Tempo de subida t_s (s)	Tempo de descida t_d (s)	Fator k *	Desvio-Padrão de t_s (s) *	Desvio-Padrão de t_d (s) *
9/5/2012	11 h 09 min 05 s	1329,020	5,086187	5,4398	0,001530	0,001489	0,934995	0,000025	0,000025
9/5/2012	11 h 09 min 10 s	1647,029	6,303213	6,7299	0,001536	0,001485	0,936587	0,000026	0,000025
9/5/2012	11 h 09 min 15 s	1509,749	5,777839	6,1732	0,001535	0,001489	0,935950	0,000026	0,000025
9/5/2012	11 h 09 min 20 s	1108,403	4,241883	4,5436	0,001530	0,001496	0,933590	0,000026	0,000025

Data	Horário	$u(t_s)$ (s) *	$u(t_d)$ (s) *	$u(v_{\tilde{n}c})$ 5 s (m/s) *	$u(v_{\tilde{n}c})$ 5 s (%) *	Número de Reynolds *	$u(k)$ 5 s *	$u(v)$ 5 s (m/s) *	$u(v)$ 5 s (%) *
10/8/2012	00 h 33 min 15 s	3,677860E-06	3,579864E-06	0,6849	12,59	103080	0,000506	0,640439	12,59%
10/8/2012	00 h 33 min 20 s	3,692070E-06	3,570676E-06	0,6845	10,17	127745	0,000409	0,641180	10,17%
10/8/2012	00 h 33 min 25 s	3,691316E-06	3,579706E-06	0,6837	11,08	117097	0,000445	0,639972	11,08%
10/8/2012	00 h 33 min 30 s	3,678905E-06	3,596647E-06	0,6832	15,04	85969	0,000603	0,637858	15,04%

Apêndice E - Incertezas sobre os volumes mensais dos pontos de produção a partir de inferência do comportamento dos medidores de queima.

Volumes mensais e incertezas absolutas em milhares de m³: volumes horários e comportamento dos medidores de queima. O ponto de Assistência (*) foi desativado no mês de abril/2013.

Mês	Exportação	u (Exp)	Importação	u (Imp)	GC Alta	u (Imp)	GC Baixa	u (GCB)	Piloto	u (Pil)	Assistência*	u (Ass)	Queima Alta	u (QA)	Queima Baixa	u (QB)
set/12	91944,37	12,49	131,27	0,10	11588,89	1,41	50,75	0,01	69,60	0,01	444,26	0,43	4017,22	0,39	374,17	0,096
out/12	95327,15	12,97	238,70	0,17	13633,93	1,65	68,68	0,01	66,83	0,01	309,79	0,35	3213,26	0,43	405,94	0,096
nov/12	81544,23	11,91	89,75	0,10	12437,64	1,53	84,41	0,01	69,69	0,01	7,36	0,01	1875,43	0,36	542,08	0,098
dez/12	79500,85	11,67	47,19	0,06	12075,66	1,45	83,59	0,01	77,21	0,01	2,13	0,00	1574,42	0,34	1096,12	0,107
jan/13	75568,26	10,60	81,84	0,08	11244,29	1,30	75,92	0,01	70,97	0,01	334,48	0,42	2891,09	0,39	1137,97	0,105
fev/13	70516,61	9,99	16,97	0,03	11375,92	1,28	65,83	0,01	59,49	0,01	75,55	0,11	1022,16	0,29	836,43	0,099
mar/13	82362,84	11,11	44,56	0,06	13255,51	1,41	67,32	0,01	62,92	0,01	48,29	0,11	2412,41	0,35	835,99	0,105
abr/13	78130,54	10,70	7,17	0,01	12696,31	1,38	104,69	0,03	62,48	0,01	-	-	2183,52	0,33	528,97	0,099
mai/13	80088,91	10,80	72,93	0,08	12849,64	1,37	68,34	0,01	64,83	0,01	-	-	1150,91	0,32	521,26	0,101
jun/13	67530,69	9,37	153,28	0,12	12702,58	1,38	61,00	0,01	56,60	0,01	-	-	1900,04	0,36	438,84	0,102
jul/13	70527,12	9,59	164,23	0,12	13351,66	1,42	68,54	0,01	63,14	0,01	-	-	999,40	0,32	912,22	0,117
ago/13	63682,56	8,73	211,28	0,15	12963,22	1,38	76,42	0,01	77,16	0,02	-	-	4443,66	0,47	777,10	0,108
set/13	58573,80	8,30	103,50	0,08	12213,44	1,32	118,42	0,02	79,81	0,02	-	-	8043,44	0,60	633,58	0,096
out/13	61828,78	8,25	133,59	0,11	11940,74	1,27	158,16	0,02	74,80	0,01	-	-	1230,47	0,34	647,96	0,101
nov/13	59138,06	8,01	139,06	0,12	11812,70	1,28	160,50	0,03	67,02	0,01	-	-	1777,98	0,36	478,91	0,097
dez/13	70174,71	9,30	13,70	0,02	13275,10	1,42	162,11	0,02	69,55	0,01	-	-	4132,39	0,39	650,57	0,101

Apêndice F – Dados do balanço de massa.

Volumes apurados em dez/2012 e incertezas-padrão absolutas (milhares de m³).

Ponto de medição	Volume	u (Vol)
Exportação	70175	9,30
Importação	14	0,02
Gás Combustível de Alta Pressão	13275	1,42
Gás Combustível de Baixa Pressão	162	0,02
Gás Piloto	70	0,01
Assistência	0	0,00
Queima de Alta Pressão	4132	0,39
Queima de Baixa Pressão	651	0,10
Separador de Produção "A"	43803	6,78
Separador de Produção "B"	67498	8,12
Separador de Teste	10916	1,28
Separador Atmosférico "A"	972	0,93
Separador Atmosférico "B"	2071	1,98
<i>Gas Lift</i> Total	34832	4,03

Massas apuradas em dez/2012 e incertezas-padrão absolutas (milhares de kg).

Ponto de medição	Massa	u (Massa)
Exportação	57558	172,84
Importação	11	0,04
Gás Combustível de Alta Pressão	10376	31,15
Gás Combustível de Baixa Pressão	143	0,43
Gás Piloto	61	0,18
Assistência	0	0,00
Queima de Alta Pressão	3635	10,91
Queima de Baixa Pressão	572	1,72
Separador de Produção "A"	35752	107,40
Separador de Produção "B"	62463	187,54
Separador de Teste	8807	26,44
Separador Atmosférico "A"	742	2,34
Separador Atmosférico "B"	1581	4,98
<i>Gas Lift</i> Total	28570	85,77

Massas específicas em kg/m³ (a 20 °C e 101,325 kPa).

Ponto de medição	ρ (kg/m ³) a 20 °C e 101,325 kPa)
Separador Produção "A"	0,816
Separador Produção "B"	0,925
Separador de Teste	0,807
Separador Atmosférico "A"	0,763
Separador Atmosférico "B"	0,763
Importação	0,820
Exportação	0,820
Gás Combustível de Alta Pressão	0,782
Gás Combustível de Baixa Pressão	0,880
Gás Piloto	0,880
Assistência	0,818
<i>Gas Lift</i> Total	0,820
Queima de Alta Pressão	0,880
Queima de Baixa Pressão	0,880