

Referências Bibliográficas

- A.M, HERRADOR.; G. A, GONZALEZ; **Evaluation of Measurement Uncertainty in Analytical Assays by Means of Monte Carlo Simulation.** Talanta 64, pp. 415-422, April, 2004.
- ALLIL, REGINA CÉLIA DA SILVA RAMOS. **Tese de Doutorado: Sensores a Fibra Óptica com Tecnologia FBG para Medida de Temperatura e Alta Tensão.** Coppe/UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.
- ALMEIDA, SILVIA GRASELLA MOREIRA. **Dissertação de Mestrado: Curta Calibração e Linearização de Sensores Utilizando Técnicas de Inteligência Computacional.** Universidade Federal de Minas Gerais.
- ANACLETO, ALCINDA MARIA DA COSTA. **Dissertação de Mestrado: Temperatura e sua Medição.** Universidade do Porto, Departamento de Física, 2007.
- ASLUND, M. L.; CANNING, J.; STEVENSON, M.; COOK, K. **Tailored Thermal Stabilization of Type I Gratings.** IEEE, 2009.
- ASLUND, M. L.; CANNING, J.; STEVENSON, M.; COOK, K. **Thermal Stabilization of Type I Fiber Bragg Gratings for Operation up to 600 °C.** Optics Letters, Journal Optical Society of America (OSA), Vol. 35, nº 4, February 2010.
- ASLUND, M. L.; JOVANOVIC, N.; GROOTHOFF, N.; CANNING, J.; MARSHALL, G. D.; JACKSON, S. D.; FUERBACH, A.; WITHFORD, M. J. **Optical Loss Mechanisms in Femto Second Laser Written Point by Point Fibre Bragg Gratings.** Optics Express, Vol. 16, Nº 18, September 2008.
- ASLUND, M. L; CANNING, J.; POLADIAN, L. **Novel Characterization Technique with 0,5 ppm Spatial Accuracy of Fringe Period in Bragg Gratings.** Optics Express 828, Vol. 11, nº 8, Journal Optical Society of America (OSA), April 2003.
- ASTM COMMITTEE E-20 ON TEMPERATURE MEASUREMENT, SUBCOMMITTEE IV. **Manual on the use of thermocouples in temperature measurement, 1969.**
- ASTM E- 1751-00 **Standard Guide for Temperature Electromotive Force (emf) Tables for Non-Letter Designated Thermocouple Combination,** 2000.
- BANDYOPADHYAY, S.; CANNING, J.; STEVENSON, M.; COOK, K. **Ultrahigh Temperature Regenerated Gratings in Boron Co-doped Germano Silicate Optical Fiber Using 193 nm.** Optical Letters, Vol. 33, nº 16, Journal Optical Society of America (OSA), August 2008.

BARRERA, D. **Fiber-Optic Sensors for High Temperature Applications.** Spie Newsroom 10.1117/2. 120 1003.002676.

BARTELTT, H. **Trend in Bragg Gratings Technology for Optical Fiber Sensor Applications.** Key Engineering Materials, Vol. 437, pp. 304-208, 2010.

BOZHKOV, A. S.; VASIL'EY, S. A.; MEDVEDKOV, O. I. **A Setup for Investigating Induced Refractive Index Change in Optical Fibers at High Temperatures.** Instruments and Experimental Techniques, Vol. 48, nº 4, pp. 491-497, 2005.

BRAMBILLA, G.; **High Temperature Fiber Bragg Grating Thermometer.** Electronics Letters, Vol. 38, Nº 17, August 2002.

BRAMBILLA, G.; KEE, H. H; PRUNERI, V.; NEWSON, T. P. **High Temperature Point Sensor Using Tin Doped Silica Fiber Gratings.** Cleo 2001.

BRAMBILLA, G.; RUTT, H. **Fiber Bragg Gratings with Ultra High Temperature Stability:** OFC 2002.

BRUNNER, FRITZ K. **Fibre Optic Sensors: An Overview.** United Kingdom, 2004.

BUSCH, M.; ECKE, W.; LATKA, I.; FISCHER, D.; WILLSCH, R.; BARTELTT, H. **Inscription and Characterization of Bragg Gratings in Single Crystal Sapphire Optical Fibers for High Temperature Sensor Applications.** Measurement Science and Technology 20, IOP Publishing, 2009.

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES (BIPM). **Evaluation of measurement data – Guide to expression of uncertainty in measurement,** JCGM 100:2008, GUM 1995 with minor corrections, first edition September 2008.

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES (BIPM). **Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the “Guide to expression of uncertainty in measurement” – Propagation of distributions using a Monte Carlo method,** JCGM 100:2008, first edition 2008.

BUTOV, O. V.; DIANOV E. M.; GOLANT, K. M. **Nitrogen-Doped Silica Core Fibers for Bragg Gratings Sensors Operating at Elevated Temperatures.** IOP Publishing, Measurement Science and technology, 2006.

BUTOV, O. V.; GOLANT, K. M.; CHAMOROVSKII, Y. K.; ISAEV, V. A.; VOLOSHIN, V. V.; VOROB'EV, I. L.; GOUSEV, Y. V.; SOKOLOV, I. V. **In-Fiber Bragg Gratings for Sensor Applications at High Temperatures.**

CALO, ROGÉRIO MOREIRA. **Dissertação de Mestrado do Instituto de Tecnologia da Aeronáutica-ITA. Sistema Interrogador de Sensores Baseados em Grade de Bragg.** São José dos campos, 2001.

CANNING, J.; BANDYOPADHYAY, S.; BISWAS, P.; FENTON, J.; ASLUND, M. L. **Regenerated Gratings.** Journal of the European Optical Society – Rapid Publications 4, 2009, ISSN 1990-2573.

CANNING, J.; BANDYOPADHYAY, S.; STEVENSON, M.; COOK, K. **Fiber Bragg Grating Sensor for High Temperature Application.** School of Chemistry, University of Sydney, IEEE, 2007.

CANNING, J.; BANDYOPADHYAY, S.; STEVENSON, M.; COOK, K. **Ultra High Temperature Gratings.** Journal of Electronic Science and Technology of China, Vol. 6, Nº 4, December 2008.

CANNING, J.; BRANDYOPADHYAY, S.; BISWAS, P.; ASLUND, M. L.; STEVENSON, M.; COOK, K. **Regenerated Fibre Bragg Gratings.** Frontiers in Guided Wave Optics and Optoelectronics, edited by Bishnu Pal, February 2010, Croatia, ISBN 978-953-7619-82-4.

CANNING, J.; FENTON, J.; STEVENSON, M. **Ultra Strong Regenerated Gratings.** IEEE, 2009.

CANNING, J.; HU, P. F. **Stability of Thermally Hypersensitive Phosphosilicate Waveguides and the Characteristic Growth Curve.** Optics Express 476, Vol. 9, nº 10, Journal Optical Society of America (OSA), November 2001.

CANNING, J.; SOMMER, K.; ERGLUND, M. **Fibre Gratings for High Temperature Sensor Applications.** Institute of Physics Publishing Measurement Science and Technology, Vol. 12, pp. 824-828, 2001.

CANNING, J.; STEVENSON, M.; BANDYOPADHYAY, S.; COOK, K. **Extreme Silica Optical Fibre Gratings.** Sensors, pp.6448-6452, 2008, ISSN 1424-8220.

CANNING, J.; STEVENSON, M.; COOK, K.; ASLUND, M. L.; ECKE, W.; WILLSCH, R.; BARTEL, H.; KALINOWSKI, H. J.; GRABARSKI, L.; OLIVEIRA, V.; MARTELLI, CICERO.; BRAGA, A.; GROOTHOFF, N.; PENG, G. D. **Optical Fibre Bragg Gratings for High Temperature Sensing.**

CANNING, J. **Fibre Gratings and Devices for Sensors and Lasers.** Laser & Photonics, rev. 2, nº 4, pp. 275-289, 2008.

CANNING, J. **Structured Fibers and Gratings for Sensing.** Journal Optical Society of America (OSA), 2009.

CHALSKI, L.M.; ECKERSDORF, K.; MCGHEE, J. **Temperature Measurement.** John Wiley & Sons. 1991, England. ISBN 0-471-92229-3.

CHEN, T.; XU, D.; BURIC, M.; MAKLAD, M.; SWINEHART, P. R.; CHEN, K. P. **Self-Heated All Fiber Sensing System for Cryogenic Environments.** IOP Publishing, Measurement Science and Technology 21, 2010.

CLOWES, J. R.; MCLNNES, J.; ZERVAS, M. N.; PAYNE, D. N. **Effects of High Temperature and Pressure on Silica Optical Fiber Sensors.** IEEE, Photonics Technology Letters, Vol. 10, Nº 3, March 1998.

CLOWES, J. R.; MCLNNES, J.; ZERVAS, M. N.; PAYNE, D. N. **Effects of High Temperature and Pressure on Silica Optical Fibre Sensors.** Optoelectronics Research Center University of South Hampton.

COUTO, PAULO, R. G.; PARAGUASSU, LUIZ HENRIQUE.; CINELLI, LEONARDO RODRIGUES.; BEZERRA, ILCA LOPES.; ALVES, ISABELA WANDERLEY.; SÉRGIO DA SILVA, WALMIR. **Estimativas das Incertezas das Calibrações Realizadas pelo Lapre-Inmetro Conforme Recomendações do ISO GUM 95 e o Método de Simulação de Monte Carlo.** XVIII IMEKO World Congress - Metrology for a Sustainable Development, September, 17-22, 2006, Rio de Janeiro, Brazil.

COVIELLO, G.; FINAZZI, V.; VILLATORO, J.; PRUNERI, V. **Thermally Stabilized PCF Based Sensor for Temperature Measurement up to 1000 °C.** Optical Society of America, Vol. 17, Nº 24, November 2009.

CRUZ DE OLIVEIRA, ELCIO.; FERNANDES DE AGUIAR, PAULA. **Validação da Metodologia da Avaliação de Incerteza em Curvas de Calibração Melhor Ajustadas por Polinômios de Segundo Grau.** Quim. Nova, Vol. 32, Nº: 6. pp. 1571-1575, 2009.

CULSHAW, B. **Fiber Optics in Sensing and Measurement. IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics.** Vol. 6, nº 6, December 2000.

DALLY, JAMES. W.; RILEY, WILLIAN. F.; MCCONNELL, KENNETH. **Instrumentation for Engineering Measurement.** Second Edition. John Wiley & Sons. United States, 1993, ISBN 0-471-55192-9.

DYER, S. D.; KOFLER, J. D.; ESPEJO, R. J.; ETZEL, S. M. **Stability of Fiber Bragg Grating Wavelength Calibration References.** Bragg Gratings, Photosensitivity and Poling in Glass Waveguides, pp. 55-57, Monterey, C. A, September 2003.

DYER, S. D.; WILLIAMS, P. A.; ESPEJO, R. J.; KOFLER, J. D.; ETZEL, S. M. **Fundamental Limits in Fiber Bragg Grating Peak Wavelength Measurements.** NIST-USA.

ECHELLE INTERNATIONALE DE TEMPÉRATURE DE 1990 (EIT-90), Bureau International des Poids et Mesures, 1990.

EFENDIOGHI, FIDANBOYHI. **Fiber Optic Sensors and Their Applications. 5th International Advanced Technologies Symposium (IATS 09).** Turkey, May 2009.

ESPEJO, R. J.; SVALGAARD, M.; DYER, S. D. **Characterizing Fiber Bragg Grating Index Profiles to Improve the Writing Process.** IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 18, nº 21, November 2006.

FERREIRA DA COSTA, EDUARDO. **Nova Técnica Eletrônica para medida de Temperatura com Resolução de 0,5m °C usando Sensores de Fibras Ópticas com Grades de Bragg.** Dissertação de Mestrado, UNICAMP, Campinas, 2009.

FOKINE, M. **Foundation of Thermally Stable Chemical Composition Grating in Optical Fibers.** Optical Society of America, Vol. 19, nº 8, August 2002.

FOKINE, M. **High Temperature Miniature Oven with Low Thermal Gradient for Processing Fiber Bragg Gratings.** Review of Scientific Instruments, Vol. 72, nº 8, AIP (American Institute of Physics), August 2001.

FOKINE, M. **Underlying Mechanisms, Applications, and Limitations of Chemical Composition Gratings in Silica Based Fibers.** Journal of Non Crystalline Solids 349, pp. 98-104, Elsevier, (2004).

FRADEN, JACOB. **Handbook of Modern Sensors.** Physics, Designs and Applications, Fourth Edition, Springer, April 2010, ISBN 978-1-4419-6465-6.

FRAZÃO, O.; ARAÚJO, F. M.; DIAS, I.; FERREIRA, L. A.; SANTOS, J. L. **Sensores de Bragg em Fibras Ópticas.** INESC-Porto.

FU, H.; ZHOU, K.; SAFFARI, P.; MOU, C.; ZHANG, L.; HE, S.; BENNION, I. **Microchanneled Chirped Fiber Bragg Grating Formed by Femto Second Laser Aided Chemical Etching for Refractive Index and Temperature Measurements.** IEEE, Photonics Technology Letters, Vol. 20, Nº 19, October 2008.

FUJIWARA, TAKUMI.; NAGATA, HIDEYUKI.; BENINO, YASUHIKO.; KOMATSU, TAKAYUKI. **Crystallization Behaviors With Pre-Treatments of Thermal Annealing and Ultraviolet Laser Irradiation in Ge-Doped SiO₂ Glass Fiber Preforms.** Journal of the Ceramic Society of Japan 111, pp. 08 - 10, 2003.

FUSIEK, G.; NIEWCZAS, P.; MCDONALD, J. R. **Design of a Highly Accurate Optical Sensor System for Pressure and Temperature Monitoring in Oil Wells.** 12^a MTC 2009 - International Instrumentation and Measurement Technology Conference, Singapore. May 2009.

G., MELTZ,; W.W, MOREY,; W.H, GLENN. **Formation of Bragg Grating in Optical Fibers by Transverse Holographic Method.** Optics letters, Vol. 14, pp. 823-825, 1989.

GROBNIC, D.; SMELSER, C. W.; MIHAJOV, S. J.; WALKER, R. B. **Long-Term Thermal Stability Tests at 1000 °C of Silica Fiber Bragg Gratings Made with Ultrafast Laser Radiation.** IOP Publishing, Measurement Science and Technology, Vol. 17, Nº 5, April 2006.

GROOTHOFF, N.; CANNING, J. **Enhanced Type II A Gratings for High Temperature Operation.** Optics Letters, Vol. 29, nº 20, October 2004.

GROOTHOFF, NATHANIEL.; CANNING, JOHN. **Gratings in All Silica Photonic Crystal Fibre Using 193 nm.**

GU, X.; GUAN, L.; HE, Y.; ZHANG, H. B.; HERMAN, P. R. **High Strength Fiber Bragg Gratings for a Temperature Sensing Array.** IEEE Sensors Journal, Vol. 6, nº 3, June 2006.

HABEL, W. R.; BAUMANN ET AL, I. **Guidelines for the Characterization and Use of Fibre Optic Sensors – Base Definitions & a Proposed Standard for FBG Based Strain Sensors.** Proc SPIE, Vol. 7503.

HABEL, W. R. **Standards and Guidelines - Could They Enhance User Confidence in Fibre Sensor Technology.** European Workshop on Optical Fibre Sensors, Italy, July 2007.

HANSON, JOHN P. **Under Graduate Honors Thesis. Evaluation of Fiber Optic Technology for Advanced Reactor Instrumentation.** Ohio, State University, 2010.

HART Scientific, Inc. 5629 Au-Pt. Thermocouple, User Manual, 1997.

HART Scientific, Inc. Metrology Laboratory, Report of Calibration 862239, 1998-Au/Pt. Thermocouple Hart Scientific 5629 s/n 8-1006.

HELL, K. O.; MELTZ, G. **Fiber Bragg Gratings Technology Fundamentals and Overview.** Journal of Lightwave Technology, Vol. 15, nº 8, IEEE 1997, August 1997.

HIDAYAT, A. **Thermal Stability of Bragg Gratings Written in n-doped Silica Core Fibers.** MIPA, TAHUN 35, NOMOR, January 2006.

HIRAYAMA, N.; SANO, Y. **Fiber Bragg Grating Temperature Sensor for Practical Use.** ISA Transactions 39, pp. 169-173, Elsevier Science, 2000.

HOFFMANN, L.; MULLER, M. S.; KRAMER, S.; GIEBEL, M.; SCHWOTZER, G.; WIEDUWILT, T. **Applications of Fibre Optic Temperature Measurement.** Proceedings of Estonian Acad. Sci. Eng. Vol. 13, pp. 363-378, 2007.

HOLMAM, JACK PHILIP. **Experimental Methods for Engineers.** Sixth edition, Mcgraw-Hill, 1994, ISBN 0-07-029606-9.

HONG, Z.; GUANG, Q. X.; LIANG, W. H.; QUAN, F. D.; WEI, W. **Study of a High Temperature and High Pressure FBG Sensor With Al₂O₃ Thin Wall Tube Substrate.** Optoelectronics Letters, Vol. 4, Nº 4, July 2008.

HOFFMANN. L.; Muller. M.; KRAUNER, S. S.; GEEBEL, M., SCHWOTZER G.; WIEDUWI. **Applications of Fibre Optic Temperature Measurement.** Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, December 2007, ISSN 1406-0175.

INMETRO (Homepage). www.inmetro.gov.br

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). **Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM 2008)**. 1^a Edição Brasileira do VIM 2008, 2009.

KALINOWSKI, H. J.; FABRIS, J. L.; MULLER, M.; **Desenvolvimento de Sensores com Redes Foto Refrativos em Fibra Ótica para o Setor de Petróleo**. 2º Congresso Brasileiro de P & D em Petróleo e Gás.

KERSEY, A. D. **Optical Fiber Sensors for Permanent Downwell Monitoring Applications in the Oil and Gas Industry**. IEEE Trans. Electron, Vol. E 83-C, nº 3, March 2000.

KONG, D. H.; PARK, S. W.; KIM, S. H.; KIM, C. G.; HONG, C. S. **Measurement of Composites Under Temperature Using Fiber Bragg Grating Sensors**.

KREUZER, M. **Strain Measurement with Fiber Bragg Grating Sensors**. HBM, Germany.

LEIGH, J. R. **Temperature Measurement & Control**. IEE Control Engineer Series 33, 1991. Unedited Kingdom, ISBN 086-341-111-8.

LI, G. Y.; GUAN, B. O. **The Strain Response of Chemical Composition Gratings at High Temperatures**. Vol. 20, Nº 2, IOP Publishing, Measurement Science and Technology 20, 2009.

LI, Y.; LIAO, C. R.; WANG, D. N.; SUN, T.; GRATTAN, K. T. V. **Study of Spectral and Annealing Properties of Fiber Bragg Gratings Written in H₂ free and H₂ Loaded Fibers by Use of Femto Second Laser Pulses**. Optics Express 21239, Vol. 16, n 26, December 2008.

LI, Y.; YANG, M.; WANG, D. N.; LU, J.; SUN, T.; GRATTAN, K. T. V. **Fiber Bragg Gratings With Enhanced Thermal Stability by Residual Stress Relaxation** Optics Express. Vol. 17, Nº 22, October 2009.

LIAO, C.; LI, Y.; WANG, D. N.; SUN, T.; GRATTAN, K. T. V. **Morphology and Thermal Stability of Fiber Bragg Gratings For Sensor Applications Written in H₂ Free and H₂ Loaded Fibers by Femto Second Laser**. IEEE Sensors Journal, Vol. 10, nº 11, November 2010.

LIMA, M. L. N.; NOGUEIRA, R. N.; SILVA, J. C. C.; TEXEIRA, A. L. J.; ANDRE, P. S. B.; DA ROCHA, J. R. F.; KALONOWSKI, H. J.; PINTO, J. L. **Comparison of the Temperature Dependence of Different Types of Bragg Gratings**. Microwave and Optical Technology Letters, Vol. 45, nº 4, May 2005.

LIN, Y. B.; CHERN, L. C.; CHANG, K. C.; CHAM, Y. W.; WANG, L. A. **The Utilization of Fiber Bragg Grating Sensors to Monitor High Performance Concrete at Elevated Temperature**. IOP Publishing, Smart Materials and Structures, 2004.

LINDNER, E.; BECKER, M.; ROTHHARDT, M.; BARTELT, H. **Generation and Characterization of First Order Fiber Bragg Gratings with Bragg Wavelengths in Used Spectral Range.** Optics Communications 281, pp. 4612-4615, Elsevier, 2008.

LINDNER, E.; CANNING, J.; CHOJETZKI, C.; BRUCKNER, S.; BECKER, M.; ROTHHARDT, M.; BARTEL, H. **Thermal Regenerated Type II A Fiber Bragg Gratings for Ultra High Temperature Operation.** Optics Communications, Elsevier, 2010.

LINDNER, E.; CHOJETZKI, C.; BRUCKNER, S.; BECKER, M.; ROTHHARDT, M.; BARTELT, H. **Thermal Regeneration of Fiber Bragg Gratings in Photosensitive Fibers.** Optics Express 12 523, Vol. 17, nº 15, Journal Optical Society of America (OSA), July 2009.

LOWDER T. L.; SMITH K. H.; IPSON, B. L.; HOWKINS, A. R.; SELFRIDGE, R. H.; SCHULTZ, S. M. **High Temperature Sensing Using Surface Relief Fiber Bragg Gratings.** IEEE, Photonics Technology Letters Vol. 17, Nº 9, September 2005.

LUERGENS, J.; ADAMOVSKY G. **Thermal Evaluation of Fiber Bragg Gratings at Extreme Temperatures.** NASA/TM-2005-213560.

LUO, F.; CORDERO, J. H.; MORSE, T. F. **Multiplexed Fiber Optic Bragg Stack Sensors (FOBSS) for Elevated Temperatures.** IEEE, Photonics Technology Letters, Vol. 13, Nº 5, May 2001.

LUPI, C.; FELLI, F.; BROTZU, A.; CAPONERO, M. A.; PAOLOZZI, A. **Improving FBG Sensor Sensitivity at Cryogenic Temperature by Metal Coating.** IEEE Sensors Journal, Vol. 8, Nº 7, July 2008.

M, COX.; P, HARRIUS. **Accreditation Quality Assurance.** Vol. 8, pp.375-379, 2003.

MA, J.; BOCK, W.J.; URBANCZYK, W. **Error Analysis of Temperature-Compensated White-Light Interferometric Fiber-Optic Strain Sensor Actuator- A 2004.** 112, pp, 25-31.

MANDAL, J.; SHEN, Y.; PAL, S.; SUN, T.; GRATTAN, K. T. V.; AUGUSTI, A. T. **Bragg Grating Tuned Fiber Laser System For Measurement of Wider Range Temperature and Strain.** Optics Communications 144, pp 111-121, Elsevier, 2005.

MANUAL DE INSTRUÇÃO: Interrogador de Sensoramento Óptico.
Fabricante: Micron Optics, INC, Modelo sm 125.

MARQUES, LUIS MIGUEL PEREIRA. **Dissertação de Mestrado: Optimização de Processos de Produção de Sensores de Bragg em fibra Óptica.** Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008.

MARTELLI, CICERO.; CANNING, JOHN.; KRISTENSEN, MARTIN.; GROOTHOFF, NATHANIEL. **Refractive Index Measurement Within a Photonic Crystal Fibre Based on Short Wavelength Diffraction.** Sensors 2007, pp. 2492-2498, ISSN 1424-8220.

MARTELLI, CICERO.; SILVA, J. C. C.; KALINOWSKI, H. J.; CANNING, J.; GROOTHOFF, N. **Internal Temperature Measurements of a Concrete Cantilever Beam Using High Temperature Stable Fiber Bragg Gratings:** ACOFT 2006, Proceedings Melbourne Australia, July 2006, ISBN 0-9775 657-0-X.

MARTELLI, CICERO.; SILVA, J. C. C.; MORAES, P. J. D.; KALINOWSKI, H. J. **Sistema de Leitura de Redes de Bragg para Medidores Estáticos e Dinâmicos.** Revista de Física Aplicada e Instrumentação, Vol. 17, nº 1, Março 2004.

MATASANE, C.M.; WALDEN, BERTIL.; KAHN, M.T.E. **Measurement of Thermal and Transient Responses en Optical Fibre.** Measurement & Instrumentation, July, 2008.

MCGEE, THOMAS.D.; **Principles and Methods of Temperature Measurement.** John Wiley & Sons. 1988, ISBN 0-471-62767-4.

MEGRET, PATRICE.; BETTE, SEBASTIEN.; CRUNELLE, CATHY.; CAUCHETEUR, CHRISTOPHE. **Fiber Bragg Gratings.** Fundamentals and Applications. May, 2007.

MENG, H.; SHEN, W.; ZHANG, G.; TAN, C.; HUAG, X. **Fiber Bragg Grating Based Fiber Sensor for Simultaneous Measurement of Refractive index and Temperature.** Sensor and Actuators B: Chemical, Elsevier, 2010.

MIHAILOV, S. J.; GROBNIC, D.; SMELSER, C. W.; IU, P.; WALKER, R. B.; DING, H. **Induced Bragg Gratings in Optical Fibers and Waveguides Using an Ultrafast Infrared Laser and a Phase Mask.** Hindawi Publishing Corporation Laser Chemistry, Vol. 2008, article ID 416251.

MONTEIRO, MARCELO DOS SANTOS. **Dissertação de Mestrado: Avaliação Metrológica da Estabilidade Termoelétrica de Termopar.** Au/Pt, Rio de Janeiro, PUC-RJ, 2002.

MÉNDEZ, A. **Fiber Bragg Gratings Sensors: A Market Overview.** Proceedings of SPIE, Vol. 6619 661905-1.

NICHOLAS, J.V.; WRITE, D.R. **Traceable Temperature: An Introduction to Temperature Measurement and Calibration.** Wiley, Second Edition, 2001, ISBN 0471492914.

NIST (homepage). www.nist.gov

OLIVEIRA, V.; KALINOWSKI, H. J.; **Strongly Regenerated Bragg Gratings in Standard Single Mode Fibers.** UTFPR, Curitiba, 2010.

OLIVEIRA, VALMIR DE. **Dissertação em Ciência: Leitura de Redes de Bragg por Modulação Ótica.** UTFPR, Curitiba, 2005.

PAL, S.; MANDAL, J.; SUN, T.; GRATTAN, K. T. V.; FOKINE, M.; CARLSSON, F.; FONJALLAZ, P. Y.; WADE, S. A.; COLLINS, S. F. **Characteristic of Potential Fibre Bragg Grating Sensor Based Devices at Elevated Temperatures.** Institute of Physics Publishing Measurement Science and Technology, pp. 1131-113614, (2003).

PEREIRA DE OLIVEIRA, RODRIGO. **Dissertação de Mestrado: Sensor Monoponto Baseado em Redes de Bragg Gêmeas.** Coppe/ UFRJ, Rio de Janeiro, 2009.

PETKOVIC, SLAVOCHUB GARCIA.; SILVA, RODRIGO DA.; VIEIRA, HAMILTON D.; OVELHAS, KLAUS N.; MONTEIRO, MARCELO DOS SANTOS.; SANTOS, PAULO ROBERTO DA FONSECA. **Construção e Avaliação de um Termopar de Ouro Platina no Inmetro.** Metrologia 2003. SBM, Recife, Setembro, 2003.

PETKOVIC, SLAVOCHUB GARCIA.; SILVA, RODRIGO DA.; VIEIRA, HAMILTON D.; OVELHAS, KLAUS N. **Avaliação de Termopares Ouro Platina no Inmetro.** Enqualab 2004, São Paulo, Junho, 2004.

PHING, H. S.; ALI, J.; RAHMAN SAKTIOTO, R. A. **Growth Dynamics and Characteristics of Fabricated Fiber Bragg Grating Using Phase Mask Method.** Microelectronics Journal 40, pp. 608-610, Elsevier, 2009.

PISSADAKIS, STAVROS. **Optical Fibre Gratings: Fundamentals, Inscription Methods and Applications.** Forth, Greece, 2007.

POLOSO, T. **Fiber Bragg Gratings Optical Sensing Technology: Smart Materials** Bulletin, September 2001.

Pós-graduação PUC-RIO. **Normas para apresentação de teses e dissertações, 2001.**

RAO, Y. L.; DUAN, D. W.; FAN, Y. E.; KE, T.; XU, M. **High Temperature Annealing Behawors of CO₂ Laser Pulse Induced Long Period Fiber Grating in a Photonic Crystal Fiber.** Journal of Lightwave Technology, Vol. 28, nº 10, IEEE, May 2010.

REDDY, PARNE SAIDI.; PRASAD, RAVINUTHALA L.N. SAI.; YANA, KAMINENI SRIMANNARA.; SHANKAR, MADHUVARASU SAI.; GUPTA, DIPANKAR, SEN. **A Novel Method for High Temperature Measurements Using Fiber Bragg Grating Sensor.** Optica Applicata, Vol. XL, Nº 03, 2010.

RZHavin, Yu I. **Fiber Optic Sensors: Technical and Market Trends.** Measurement Techniques, Vol. 46, nº 10, 2003.

SANDERS, P. E.; MACDOUGALL, T. W. **Recent Developments in Fiber Optic Sensor Technology for High Temperature Well Monitoring.** QOREX LLC, Hartford.

SANG, X.; YU, C.; VARUNYOO, T. M.; WANG, K.; ZHANG, Q.; CHU, P. L. **Temperature Insensitive Chemical Sensor Based on a Fiber Bragg Grating.** Sensors and Actuators B 120, pp. 754-757, Elsevier, (2007).

SANTOS, PAULO ROBERTO DA FONSECA e PETKOVIC, SLAVOCHUB GARCIA. **Apostila do Curso de Termometria de Contato do Inmetro.** Rio de Janeiro, 2008.

SCHROEDER, R. J.; YAMATE, T.; UDD, E. **High Pressure and Temperature Sensing for the Oil Industry Using Fiber Bragg Gratings Written onto Side Hole Single Mode Fiber.**

SENNHAUSER, U.; FRANK, A.; MAURON, P.; NELLEN, M. **Reliability of Optical Fiber Bragg Grating Sensors at Elevated Temperature.** Swiss Federal Laboratories for Materials and Research, Switzerland, IEEE, 38º Annual International Reliability Physics Symposium, California, 2000.

SHANTUNG, T. **Emerging Challenges to Structural Integrity Technology for High Temperature Applications.** Front. Mech. Eng. China 2007, 2 (4): pp. 375-387.

SHAO, L. Y.; DONG, X.; ZHANG, A. P.; TAM, H. Y.; HE, S. **High Resolution Strain and Temperature Sensor Based on Distributed Bragg Reflector Fiber Laser.** IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 19, nº 20, October 2007.

SHEN, J.; SHEN, Y. **Investigation on the Structural and Spectral Characteristics of Deposited FBG Stacks at Elevated Temperature.** Elsevier, Sensors and Actuators A: Physical Science Direct, pp. 99-103, 2008.

SHEN, R. S.; ZHANG, J.; WANG, Y.; TENG, R.; WANG, B. Y.; ZHANG, Y. S.; YAN, W. P.; ZHENG, J.; DU, G. T. **Study on High Temperature and High Pressure Measurement by Using Metal Coated FBG.** Microwave and Optical Technology Letters, Vol. 50, Nº 5, May 2008.

SHEN, Y.; HE, J.; QIU, Y. **Thermal Decay Characteristics of Strong Fiber Bragg Gratings Showing High Temperature Sustainability.** Journal Optical Society of America (OSA), Vol. 24, nº 3, March 2007.

SHEN, Y.; TONG, L.; WANG, Y.; YE, L. **Sapphire Fiber Thermometer Ranging From 20 °C to 1800 °C.** Applied Optics, Vol. 38, nº 7, 1999.

SHEN, Y.; XIA L.; SUN, T.; GRATTAN K. T. V. **Photosensitive Indium Doped Germano Silica Fiber for Strong FBGs with High Temperature Sustainability.** IEEE, Photonics Technology Letters, Vol. 16, Nº 5, May 2004.

SHIMADA, Y.; NISHIMURA, A.; YOSHUKAWA, M.; KOBAYASHI, T. **Design of Monitoring System of High Temperature Piping System by Heat Resistant Fiber Bragg Grating.** JLMN Journal of Laser Micro/Nano Engineering, Vol. 5, Nº 1, 2010.

SILVA, J. C. C.; ABE, I.; CHAVES, R. C.; FABRIS, J. L.; PINTO, J. L.; KALINOWSKI, H. J.; BARBOSA, C. L. **Development of Bragg Grating Sensors at CEFET-PR.** Optics and Lasers in Engineering 39, pp. 511-523, Elsevier, 2003.

SILVA, J. C. C.; MARTELLI, CICERO.; DIESEL, B. W.; F, J. L.; KALINOWSKI, H. J.; GROOTHOFF, N.; CANNING, J. **Termômetro de Alta Temperatura (0 – 400 °C) Baseado em Redes de Bragg em Fibra Ótica para Aplicação no Setor de Petróleo.** III Seminário Nacional de Controle e Automação.

SILVA, J. C. C.; MARTELLI, CICERO.; PENNER, E.; KALINOWSKI, H. J.; **Temperature Effects in Concert Structures Measured with Fibre Bragg Gratings.** Second European Workshop on Optical Fibre Sensors, Proceedings of SPIE Vol. 55, February 2004.

SILVA, SUSANA FERREIRA DE OLIVEIRA. **Dissertação de Mestrado: Fibre Bragg Based Structures for Optical Sensors and Filtering.** Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2007.

SMELSER, C. W.; GROBNIC, D.; LU, P.; MIHAIOV, S. J.; **High Temperature Stable Type I IR Ultrafast Induced FBGs.** ECOC 2008, Brussels-Belgium, September 2008.

TAHIR, B. A.; ALI, J.; RAHMAN, R. A. **Fiber Bragg Grating Based System for Temperature Measurements.** International Journal of Modern Physics B, Vol. 23, Nº 10, pp. 2349-2316, 2009.

TANAKA, Y.; OGATA, M.; NAGASHIMA, K.; OGAWA, H.; MATSWURA, S.; KUMAGAI Y. **Experimental Investigation of Optical Fiber Temperature Sensors at Cryogenic Temperature and in High Magnetic Fields.** Physica C 470, pp. 1890-1894, Elsevier, 2010.

TANG, JAW- LUEN.; WANG, JIAN- NENG. **Error Analysis and Measurement Uncertainty for a Fiber Grating Strain-Temperature Sensor.** Sensors 2010, 10, 6582-6593; doi: 10.3390/s100706582.

TANG, L. L.; WANG, L. N. **Error Analysis and Measurement Uncertainty for a Fiber Grating Strain-Temperature Sensor.** Sensors 2010, ISSN 1424-8220.

TURENNE, M.; JOHNSON, R.; HUNTE, F.; SCHWARTZ, J.; SONG, H. **Multi-Purpose Fiber Optic Sensors for High Temperature Superconducting Magnets.** IEEE, 2009.

VALENTE, L.C.G.; SILVA, L. C. N.; RIBEIRO, A. S. **Técnicas de Leitura para Sensores a Fibra Ótica Baseados em Redes de Bragg.** 6^a Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos, Salvador, Agosto 2002.

VASIL'EV, S. A.; MEDVEDKOV, O. I.; KOROLEV, I. G.; BOZHKOV, A. S.; KURKOV, A. S.; DIANOV, E. M. **Fibre Gratings and Their Applications.** Quantum Electronics 35 (12), pp. 1085-1103, 2005.

VENUGOPALAN, T.; SUN, T.; GRATTAN, K. T. V. **Temperature Characterization of Long Period Gratings Written in Three Different Types of Optical Fibre for Potential High Temperature Measurements.** Sensors and Actuators A 160, pp. 29-34, Elsevier, 2010.

VENUGOPALAN, T.; SUN, T.; GRATTAN, K. T. V. **Temperature Characterization of Long Period Gratings Written in Three Different Types of Optical Fibre for Potential High Temperature Measurements.** Sensors and Actuators A: Physical, Elsevier, City University London, April 2010.

VENUGOPALAN, T.; SUN, T.; GRATTAN, K. T. V. **Temperature Characterization of Long Period Gratings Written in Three Different Types of Optical Fibre for potential High Temperature Measurements.** London.

VIEGAS, D.; ABAD, S.; SANTOS, J. L.; FERREIRA, L. A.; ARAÚJO, F. M. M. **Miniature High Temperature Fiber Bragg Grating Sensor Design Based on U-Shaped Lossless Taper for Thermal Mapping Applications.** IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 22, Nº 11, June 2010.

WANG, Q.; FEN, Z.; DENG, F.; HUANG, G.; YAN, L.; DAI, Y. **Fiber Bragg Gratings for Strain Sensing in High Temperature Superconducting Magnet.** IEEE Transactions on Applied Superconductivity, Vol. 17, Nº 2, June 2007.

WANG, Q.; ZHANG, L.; SUN, C.; YU, Q. **Multiplexed Fiber Optic Pressure and Temperature Sensor System for Down Hole Measurement.** IEEE, Sensor Journal, Vol. 18, Nº 11, November 2008.

WNUK, V. P.; MENDEZ, A.; FERGUSON, S. **Process for Mounting and Packaging of Fiber Bragg Grating Strain Sensors for Use in Harsh Environment Applications:** Smart Structures Conference 2005.

WRIGHT, P. J. **The Future of Fiber Optics in the Offshore Oil Industry – A Review of the Subsea Applications of Optical Fiber.** Ocean Design, Inc.

WU, M. CHOU.; DEHAVEN, S. L. **High Sensitivity Cryogenic Temperature Sensors Using Pressurized Fiber Bragg Gratings.**

WU, Q.; SEMENOVA, Y.; SUN, A.; WONG, P.; FARRELL, G. **High Resolution Temperature Insensitive Interrogation Technique for FBG Sensors.** Optics & Laser Technology 42, pp.653-656, 2010.

WUNG, M.; STUMP, K.; PLANT, T. K. **High Temperature Stable Fiber Bragg Gratings:** IEEE 2002.

XIAO, H.; DENG, L.; RICKRELL, G.; MAY, R. G.; WANG, A. **Single-Crystal Sapphire Fiber Based Strain Sensor for High Temperature Applications.** Journal of Lightwave Technology, Vol. 21, nº 10, IEEE 2003, October 2003.

XU, JUNCHENG. Tese de Doutorado: **High Temperature Bandwidth Fiber Optic Pressure Sensors.** Instituto Politécnico de Virginia, Virginia, USA 2005.

YU, Y. B.; CHOW, W. K. **Review on an Advanced High Temperature Measurement Technology: The Optical Fiber Thermometry.** Journal of Thermodynamics, Article ID 823482, 2009.

ZHAN, Y.; WU, H.; YANG, Q.; XIANG, S.; HE, H. **Fiber Grating Sensors for High Temperature Measurement.** Elsevier, Optics and Lasers Engineering Science Direct, pp. 349-354, 2008.

ZHAN, Y.; XUE, S.; YANG, O.; XIANG, S.; HE, H.; ZHU, R. **A Novel Fiber Bragg Grating High Temperature Sensor.** Elsevier, Optics, Science Direct, pp. 535-539, 2008.

ZHANG, B.; KAHRIZI, M. **Characteristics of Fiber Bragg Grating Temperature Sensor at Elevated Temperatures.** Proceedings of the 2005 International Conference on MEMS, NANO and Smart Systems (ICMENS 05), Computer Society, 2005.

ZHANG, B.; KAHRIZI, M. **High Temperature Bragg Grating Waveguide Sensor.** Proceedings of the International Conference on MEMS, NANO and Smart Systems (ICMENS 03), Computer Society, ISBN 0-7695-1947-4, 2003.

ZHANG, B.; KAKRIZI, M. **High Temperature Resistance Fiber Bragg Grating Temperature Sensor Fabrication.** IEEE Sensors Journal, Vol. 7, Nº 4, April 2007.

ZHANG, J.; LI, Y. **Calibration Method for Fiber Bragg Grating Temperature Sensor.** 9^a International Conference on Electronic Measurement & Instruments, ICEMI 2009, IEEE, October 2009, ISBN 978-1-4244-3863-1.

ZHANG, YIBING. **Novel Optical Sensors for High Temperature Measurement in Harsh Environments.** Tese de Doutorado. Instituto Politécnico de Virginia, Virginia, USA 2003.

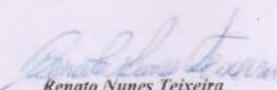
ZHAO, W.; SHEN, Y.; SUN, T.; GRATTAN, K. T. V. **FBGs in Bi-Ge Co-doped Photosensitive Fibre for High Temperature Measurement up to 1000 °C.** Journal Optical Society of America (OSA), 2006.

ZHU, J. J.; ZHANG, A. P.; XIA, T. H.; HE, S.; XUE, W. **Fiber Optic High Temperature Sensor Based on Thin Core Fiber Model Interferometer.** IEEE Sensors Journal, Vol. 10, nº 9, September 2010.

ZHU, TAO.; KE, TAO.; RAO, YUNJIANG.; CHIANG, KIN SENG. **Fabry-Perot Optical Tip Sensor for High Temperature Measurement.** Optics Communications 283, pp. 3683-3685, Elsevier, 2010.

APÊNDICE A

Certificado de calibração do termopar Au/Pt emitido pelo Laboratório de Termometria do Inmetro no ano de 2010.

	<p style="text-align: center; margin: 0;">  Serviço Público Federal Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – Inmetro </p> <p style="text-align: center; font-size: 2em; color: #4682B4; margin-top: 10px;"><i>Certificado de Calibração</i></p> <p style="text-align: center; font-weight: bold; margin-top: 5px;">DIMCI 0478/2010</p> <p style="text-align: center; font-weight: bold; margin-top: -10px;">Número do Certificado</p>	
<p>Cliente</p> <p>Nome: Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - Inmetro</p> <p>Endereço: Av. Nossa Senhora das Graças, 50 – Xerém – Duque de Caxias - RJ - CEP: 25250-020.</p>		
<p>Identificação do Item</p> <p>Item: Termopar</p> <p>Fabricante: Inmetro</p> <p>Modelo/Tipo: Tipo Au/Pt</p> <p>Número de Série: INM-2003-01</p> <p>Código de Identificação: PR 087</p>		
<p>Informações Administrativas</p> <p>Processo Inmetro: 011860/2010 Data da Calibração: 11/03/2010</p> <p>Laboratório Responsável: Laboratório de Termometria – Later</p>		
<p>19/03/2010 Data de Emissão</p> <p> Renato Nunes Teixeira Chefe da Divisão de Metrologia Térmica</p> <p style="font-size: small; margin-top: 10px;">Valido somente com a chancela.</p>		
<p>Inmetro - Av. Nossa Senhora das Graças, 50 - Xerém, Duque de Caxias, RJ, Brasil, CEP: 25250-020 Samci - Tel.: (21) 2679-9077/9210 - Fax: (21) 2679-1507 - e-mail: samci@inmetro.gov.br</p> <p style="margin-top: 10px;">(Pág. 1/6)</p>		

Continuação do APÊNDICE A

Certificado de Calibração

DIMCI 0478/2010
Número do Certificado

Características do Item

Diâmetro do Sensor: 6 mm (tubo protetor de quartzo)

Comprimento do Sensor: 500 mm

Comprimento total do Termopar: 1500 mm

Diâmetro dos Fios: 0,5 mm

Informações Pertinentes à Calibração

Faixa de Calibração: 0 °C a 1000 °C

A rastreabilidade das medições de temperatura é mantida através de comparações internacionais com institutos metrográficos de outros países.

As temperaturas desta calibração estão referenciadas à Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT-90) e os resultados da calibração são rastreados ao Sistema Internacional de Unidades (SI), por intermédio dos padrões metrográficos nacionais.

As medições realizadas estão referenciadas ao seguinte padrão: Multímetro digital, Código de identificação PR049, Certificado DIMCI 2675/2009, emitido pelo Inmetro.

Condições ambientais: Durante a calibração a temperatura do laboratório encontrava-se dentro da faixa compreendida entre 19 °C e 23 °C e a umidade entre 40 % ur e 70 % ur.

Procedimento de Medição

A calibração do termopar foi realizada pelo método dos pontos fixos de temperatura. As forças eletromotrices do termopar foram medidas nas células de pontos fixos através do multímetro, sendo realizada aquisição automática de dados com o auxílio de um computador.

A Junção de Referência foi mantida a 0°C, em um banho de gelo, com profundidade de imersão de 200 mm.

A profundidade de imersão do sensor foi de 200 mm no banho de gelo, de 180 mm nas células da prata (Ag) e Alumínio (Al), e de 160 mm nas células do Zinco (Zn) e Estanho (Sn), com uma imersão de 400 mm nos fornos.

Com os resultados apresentados na tabela 2, foi ajustada uma curva polinomial para a faixa de temperatura abaixo:

a) De 0°C a 1000°C $\Rightarrow E = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + a_5 t^5 + a_6 t^6 + a_7 t^7 + a_8 t^8 + a_9 t^9$

A tabela 3 apresenta os coeficientes do polinômio ajustado.

(Pág. 2/6)

Continuação do APÊNDICE A

Certificado de Calibração

DIMCI 0478/2010
Número do Certificado

Resultados e Declaração da Incerteza de Medição

A tabela 2 apresenta os valores das forças eletromotrices medidas nos pontos de calibração:

TABELA 2 - f.e.m. medidas nos pontos de calibração

Célula	Temperatura /°C	f.e.m. / μ V
Banho de gelo	0,000	-0,26
Sn 32	231,928	2233,41
Zn 33	419,527	4941,07
Al 34	660,323	9312,42
Ag 50	961,78	16108,50

TABELA 3 – Coeficientes do polinômio

Faixa 1:	De 0°C a 1000°C
a_0	$-2,647149 \times 10^{-81}$
a_1	$6,026484 \times 10^{00}$
a_2	$1,936466 \times 10^{-02}$
a_3	$-2,229986 \times 10^{-05}$
a_4	$3,287119 \times 10^{-08}$
a_5	$-4,242062 \times 10^{-11}$
a_6	$4,569270 \times 10^{-14}$
a_7	$-3,394303 \times 10^{-17}$
a_8	$1,429816 \times 10^{-20}$
a_9	$-2,516728 \times 10^{-24}$

A incerteza expandida de medição (U) = 0,07°C para a faixa de 0 °C a 1000 °C, é declarada como a incerteza padrão combinada multiplicada por um fator de abrangência $k=2$, o qual corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza expandida da medição foi determinada de acordo com a *Terceira Edição Brasileira do "Guia para Expressão da Incerteza de Medição"*(ISO GUM).

A tabela 4 apresenta os valores de temperatura e força eletromotriz do termopar.

(Pág. 3/6)

Continuação do APÊNDICE A

Certificado de Calibração

DIMCI 0478/2010
Número do Certificado

TABELA 4 – Tabela do Termopar

t/°C	f.e.m. /µV									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	6	12	18	24	30	37	43	49	56
10	62	68	75	81	88	94	101	108	114	121
20	128	135	141	148	155	162	169	176	183	190
30	197	205	212	219	226	233	241	248	256	263
40	270	278	285	293	301	308	316	324	331	339
50	347	355	363	370	378	386	394	402	410	418
60	427	435	443	451	459	468	476	484	493	501
70	510	518	527	535	544	552	561	569	578	587
80	596	604	613	622	631	640	649	658	667	676
90	685	694	703	712	721	730	739	749	758	767
100	777	786	795	805	814	824	833	843	852	862
110	871	881	891	900	910	920	930	940	949	959
120	969	979	989	999	1009	1019	1029	1039	1049	1059
130	1069	1080	1090	1100	1110	1121	1131	1141	1152	1162
140	1172	1183	1193	1204	1214	1225	1235	1246	1257	1267
150	1278	1289	1299	1310	1321	1332	1343	1353	1364	1375
160	1386	1397	1408	1419	1430	1441	1452	1463	1474	1486
170	1497	1508	1519	1530	1542	1553	1564	1576	1587	1598
180	1610	1621	1633	1644	1656	1667	1679	1690	1702	1713
190	1725	1737	1748	1760	1772	1784	1795	1807	1819	1831
200	1843	1855	1867	1879	1890	1902	1914	1926	1939	1951
210	1963	1975	1987	1999	2011	2024	2036	2048	2060	2073
220	2085	2097	2110	2122	2134	2147	2159	2172	2184	2197
230	2209	2222	2234	2247	2260	2272	2285	2298	2310	2323
240	2336	2349	2361	2374	2387	2400	2413	2426	2439	2452
250	2464	2477	2490	2503	2517	2530	2543	2556	2569	2582
260	2595	2608	2622	2635	2648	2661	2675	2688	2701	2715
270	2728	2741	2755	2768	2782	2795	2809	2822	2836	2849
280	2863	2876	2890	2904	2917	2931	2945	2958	2972	2986
290	3000	3013	3027	3041	3055	3069	3083	3097	3110	3124
300	3138	3152	3166	3180	3194	3208	3223	3237	3251	3265
310	3279	3293	3307	3322	3336	3350	3364	3379	3393	3407
320	3422	3436	3450	3465	3479	3494	3508	3523	3537	3552
330	3566	3581	3595	3610	3624	3639	3654	3668	3683	3698
340	3713	3727	3742	3757	3772	3786	3801	3816	3831	3846
350	3861	3876	3891	3906	3921	3936	3951	3966	3981	3996
360	4011	4026	4041	4056	4071	4086	4102	4117	4132	4147
370	4163	4178	4193	4209	4224	4239	4255	4270	4285	4301
380	4316	4332	4347	4363	4378	4394	4409	4425	4440	4456
390	4472	4487	4503	4519	4534	4550	4566	4582	4597	4613
400	4629	4645	4661	4676	4692	4708	4724	4740	4756	4772

Continuação do APÊNDICE A

Certificado de Calibração

DIMCI 0478/2010

Número do Certificado

t/°C	<i>E.e.m. /µV</i>									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
410	4788	4804	4820	4836	4852	4868	4884	4900	4916	4932
420	4948	4965	4981	4997	5013	5029	5046	5062	5078	5095
430	5111	5127	5144	5160	5176	5193	5209	5226	5242	5258
440	5275	5291	5308	5325	5341	5358	5374	5391	5407	5424
450	5441	5457	5474	5491	5508	5524	5541	5558	5575	5591
460	5608	5625	5642	5659	5676	5693	5710	5727	5744	5761
470	5778	5795	5812	5829	5846	5863	5880	5897	5914	5931
480	5948	5966	5983	6000	6017	6034	6052	6069	6086	6104
490	6121	6138	6156	6173	6190	6208	6225	6243	6260	6278
500	6295	6313	6330	6348	6365	6383	6401	6418	6436	6453
510	6471	6489	6506	6524	6542	6560	6577	6595	6613	6631
520	6649	6666	6684	6702	6720	6738	6756	6774	6792	6810
530	6828	6846	6864	6882	6900	6918	6936	6954	6972	6990
540	7009	7027	7045	7063	7081	7100	7118	7136	7154	7173
550	7191	7209	7228	7246	7265	7283	7301	7320	7338	7357
560	7375	7394	7412	7431	7449	7468	7486	7505	7524	7542
570	7561	7580	7598	7617	7636	7654	7673	7692	7711	7730
580	7748	7767	7786	7805	7824	7843	7862	7881	7899	7918
590	7937	7956	7975	7994	8013	8033	8052	8071	8090	8109
600	8128	8147	8166	8186	8205	8224	8243	8262	8282	8301
610	8320	8340	8359	8378	8398	8417	8436	8456	8475	8495
620	8514	8534	8553	8573	8592	8612	8631	8651	8671	8690
630	8710	8729	8749	8769	8788	8808	8828	8848	8867	8887
640	8907	8927	8947	8966	8986	9006	9026	9046	9066	9086
650	9106	9126	9146	9166	9186	9206	9226	9246	9266	9286
660	9306	9326	9346	9367	9387	9407	9427	9447	9468	9488
670	9508	9528	9549	9569	9589	9610	9630	9651	9671	9691
680	9712	9732	9753	9773	9794	9814	9835	9855	9876	9896
690	9917	9938	9958	9979	10000	10020	10041	10062	10082	10103
700	10124	10145	10165	10186	10207	10228	10249	10270	10291	10311
710	10332	10353	10374	10395	10416	10437	10458	10479	10500	10521
720	10542	10564	10585	10606	10627	10648	10669	10691	10712	10733
730	10754	10775	10797	10818	10839	10861	10882	10903	10925	10946
740	10968	10989	11010	11032	11053	11075	11096	11118	11139	11161
750	11182	11204	11226	11247	11269	11291	11312	11334	11356	11377
760	11399	11421	11442	11464	11486	11508	11530	11552	11573	11595
770	11617	11639	11661	11683	11705	11727	11749	11771	11793	11815
780	11837	11859	11881	11903	11925	11947	11969	11992	12014	12036
790	12058	12080	12103	12125	12147	12169	12192	12214	12236	12259
800	12281	12304	12326	12348	12371	12393	12416	12438	12461	12483

Continuação do APÊNDICE A

t /°C	f.e.m. / μ V									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
810	12506	12528	12551	12573	12596	12619	12641	12664	12687	12709
820	12732	12755	12777	12800	12823	12846	12868	12891	12914	12937
830	12960	12982	13005	13028	13051	13074	13097	13120	13143	13166
840	13189	13212	13235	13258	13281	13304	13327	13350	13374	13397
850	13420	13443	13466	13489	13513	13536	13559	13582	13606	13629
860	13652	13676	13699	13722	13746	13769	13793	13816	13839	13863
870	13886	13910	13933	13957	13981	14004	14028	14051	14075	14098
880	14122	14146	14169	14193	14217	14241	14264	14288	14312	14336
890	14359	14383	14407	14431	14455	14479	14502	14526	14550	14574
900	14598	14622	14646	14670	14694	14718	14742	14766	14790	14814
910	14839	14863	14887	14911	14935	14959	14984	15008	15032	15056
920	15081	15105	15129	15153	15178	15202	15226	15251	15275	15300
930	15324	15349	15373	15397	15422	15446	15471	15495	15520	15545
940	15569	15594	15618	15643	15668	15692	15717	15742	15766	15791
950	15816	15841	15865	15890	15915	15940	15965	15989	16014	16039
960	16064	16089	16114	16139	16164	16189	16214	16239	16264	16289
970	16314	16339	16364	16389	16414	16439	16465	16490	16515	16540
980	16565	16590	16616	16641	16666	16692	16717	16742	16767	16793
990	16818	16844	16869	16894	16920	16945	16971	16996	17022	17047
1000	17073									

Klaus Natorf Quelhas
Técnico Executor

Hamilton Davidson Vieira
Chefe do Laboratório de Termometria

(Pág. 6/6)

APÊNDICE B

Certificado de calibração do multímetro digital Hewlett Packard emitido pelo Laboratório de Termometria do Inmetro no ano de 2010.

 <p style="text-align: center;">Serviço Público Federal Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - Inmetro</p>	<p style="text-align: center;"><i>Certificado de Calibração</i></p> <p style="text-align: right;">DIMCI 0907/2010 Número do Certificado</p> <p><i>Cliente</i></p> <p>Nome: Inmetro / Laboratório de Higrometria - Lahig Endereço: Av. Nossa Senhora das Graças, 50 - Xerém - Duque de Caxias - RJ - CEP: 25250-020</p> <p><i>Identificação do Item</i></p> <p>Item: Multímetro Digital Fabricante: Hewlett Packard Modelo/Tipo: 3457A Número de Série: 2703A10171 Código de Identificação: PR 039</p> <p><i>Informações Administrativas</i></p> <p>Processo Inmetro: 059064/2009 Data da Calibração: 18/05/2010 Laboratório Responsável pela Calibração: Laboratório de Tensão e Corrente Elétrica - Latce</p> <p style="text-align: center;">20/05/2010 Data de Emissão</p> <p style="text-align: center;">  Edson Afonso Chefe da Divisão de Metrologia Elétrica </p> <p style="text-align: right; font-size: small;">Valido somente com a chancela.</p> <p>O presente certificado de calibração atende aos requisitos da norma NBR ISO/IEC 17025 e é válido apenas para o instrumento de medição/padrão acima caracterizado, não sendo extensivo a quaisquer outros instrumentos de medição, ainda que similares. Este certificado de calibração somente pode ser reproduzido em sua forma integral; reproduções parciais devem ser previamente autorizadas pelo Inmetro.</p> <p style="text-align: center;">Inmetro – Av. Nossa Senhora das Graças, 50 – Xerém, Duque de Caxias, RJ, Brasil, CEP 25250-020 Samci – Tel.: (21) 2679-9077/9210 – Fax: (21) 2679-1507 – e-mail: samci@inmetro.gov.br (Pág. 1/4)</p>
---	---

Continuação do APÊNDICE B

 <i>Certificado de Calibração</i>
DIMCI 0907/2010 Número do Certificado
<p><i>Características do Item</i></p> <p>Funções: Resistência, Tensão Contínua, Tensão Alternada, Corrente Contínua e Corrente Alternada. Resolução máxima: 7½ dígitos</p> <p><i>Informações Pertinentes à Calibração</i></p> <p>O(s) instrumento(s) padrão(ões) do Latce utilizado(s) nesta calibração, estão rastreados ao(s) seguinte(s) padrão(ões) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Padrão primário de tensão DC do Latce, baseado na constante Josephson Kj-90 e estabelecido através da comparação chave SIM.EM.BIPM-K10.b1 em 2009. <p>Condições ambientais:</p> <p style="margin-left: 20px;">Temperatura: $(22,5 \pm 1,0)^\circ\text{C}$. Umidade relativa: $(55 \pm 10)\%$.</p> <p>Configurações do Multímetro Digital :</p> <p style="margin-left: 20px;">Tensão Contínua : NPLC: 100; Range Automático.</p> <p><i>Procedimento de Medição</i></p> <p>O Multímetro Digital foi calibrado através de medição direta dos valores gerados por uma fonte de alta exatidão. Estes valores foram corrigidos de acordo com o certificado de calibração do padrão utilizado.</p> <p><i>Resultados e Declaração da Incerteza de Medição</i></p> <p>Os resultados da calibração referem-se ao valor médio de 3 medições obtidas no instrumento sob calibração e estão contidos nas tabelas a seguir, sendo (V_c) valores convencionais e (V_i) indicações do instrumento sob calibração. As incertezas expandidas de medição (U), são declaradas como as incertezas padrão combinadas, multiplicadas pelo fator de abrangência k, com v_{eff} graus de liberdade efetivos, os quais correspondem a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. As incertezas expandidas da medição foram determinadas de acordo com a Terceira Edição Brasileira do “Guia para Expressão da Incerteza de Medição” (ISO GUM).</p>
<small>(Pág. 2/4)</small>

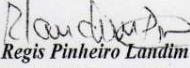
Continuação do APÊNDICE B

<i>Certificado de Calibração</i>					
DIMCI 0907/2010 <small>Número do Certificado</small>					
TENSÃO CONTÍNUA - TERMINAL DIANTEIRO					
Faixa (mV)	Vc (mV)	Vi (mV)	U (μ V)	k _c	V _{eff}
30	-9,00000	-8,99978	0,23	2,00	∞
	-6,00000	-5,99990	0,24	2,00	∞
	-3,00000	-3,00007	0,30	2,00	∞
	-1,00000	-1,00013	0,19	2,00	∞
	0,25000	0,24981	0,25	2,00	∞
	0,50000	0,49983	0,19	2,00	∞
	0,75000	0,74984	0,22	2,00	∞
	1,00000	0,99977	0,20	2,00	∞
	2,50000	2,49974	0,25	2,00	∞
	5,00000	4,99966	0,20	2,00	∞
	7,50000	7,49961	0,30	2,00	∞
	10,00000	9,99950	0,20	2,00	∞
300	20,00000	19,99916	0,21	2,00	∞
	30,00000	29,99890	0,31	2,00	∞
	40,00000	40,0004	0,3	2,00	∞
	50,00000	50,0005	0,3	2,00	∞
	60,00000	60,0006	0,3	2,00	∞
	70,00000	70,0007	0,4	2,00	∞
(Pág. 3/4)					

Continuação do APÊNDICE B

Certificado de Calibração					
DIMCI 0907/2010 Número do Certificado					
TENSÃO CONTÍNUA - TERMINAL TRASEIRO - CANAL 0					
Faixa (mV)	Vc (mV)	Vi (mV)	U (μ V)	k	V _{eff}
30	-9,00000	-8,99972	0,23	2,00	∞
	-6,00000	-5,99982	0,24	2,00	∞
	-3,00000	-2,99996	0,30	2,00	∞
	-1,00000	-1,00002	0,19	2,00	∞
	0,25000	0,24992	0,25	2,00	∞
	0,50000	0,49992	0,19	2,00	∞
	0,75000	0,74990	0,22	2,00	∞
	1,00000	0,99987	0,20	2,00	∞
	2,50000	2,49981	0,25	2,00	∞
	5,00000	4,99978	0,20	2,00	∞
	7,50000	7,49972	0,30	2,00	∞
	10,00000	9,99960	0,20	2,00	∞
	20,00000	19,99925	0,21	2,00	∞
	30,00000	29,99901	0,31	2,00	∞
300	40,00000	40,0004	0,3	2,00	∞
	50,00000	50,0005	0,3	2,00	∞
	60,00000	60,0006	0,3	2,00	∞
	70,00000	70,0008	0,4	2,00	∞
	80,00000	80,0010	0,4	2,00	∞
	90,00000	90,0009	0,4	2,00	∞
	100,00000	100,0012	0,4	2,00	∞


Vanderson Morgado Teixeira
 Técnico Responsável


Regis Pinheiro Landim
 Chefe do Laboratório de Tensão e Corrente Elétrica

(Pág. 4/4)

APÊNDICE C

Sumário das Características dos Instrumentos de Medição de Temperatura.

Equipamento	Faixa de Medição (°C)	Exatidão Aproximada (°C)	Resposta Transiente	Custo	Observações
Termômetro de Líquido em Vidro					
a) Álcool	- 70 até 65	± 0,5	Pobre	Baixo	Usado como termômetro de baixo custo.
b) Mercúrio	- 40 até 600	± 0,25	Pobre	Variável	Pode apresentar exatidão de ± 0,05 °C com calibração especial.
c) Gás Preenchido com Mercúrio	- 40 até 500	± 0,25	Pobre	Variável	
Termômetro com Expansão de Fluido					
a) Líquido ou Gás	- 100 até 550	± 1	Pobre	Baixo	Muito usado em aplicações industriais.
b) Pressão de Vapor	- 6 até 200	± 1	Pobre	Baixo	
Lâmina Bimetálica	- 70 até 550	± 0,25	Pobre	Baixo	Muito usado em equipamentos de controle de temperatura.
Termômetro de Resistência Elétrica	- 300 até 1000	± 0,0025	Depende do tamanho do elemento.	Pode ser caro para trabalhos de alta exatidão.	Mais exato de todos os equipamentos.
Termistores	- 70 até 250	± 0,01	Muito bom	Baixo, mas em alguns casos pode ser caro.	Usado para compensação de temperatura em circuitos, podem ser fabricados em tamanho bem reduzido.

Continuação do APÊNDICE C

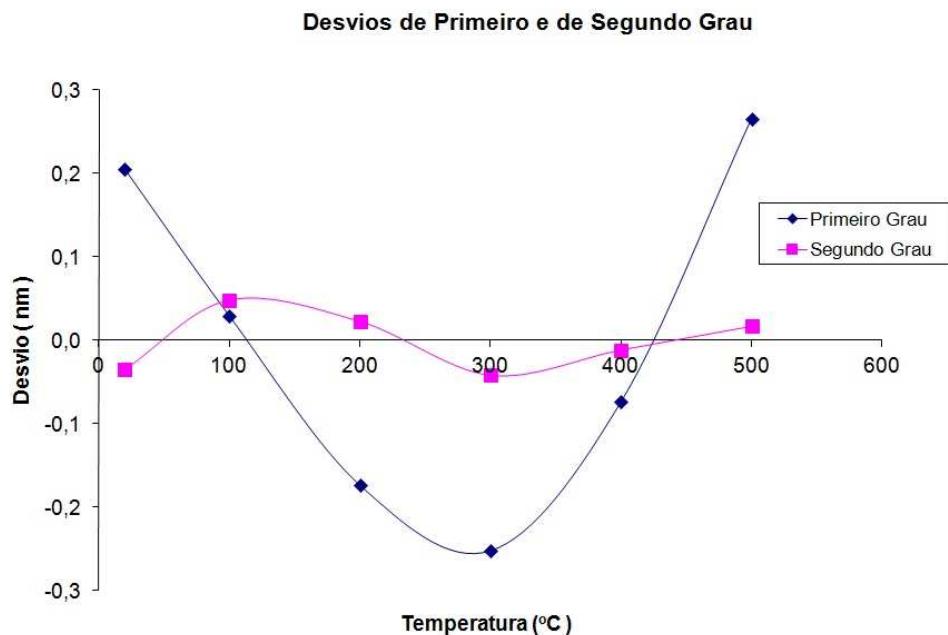
Sumário das Características dos Instrumentos de Medição de Temperatura.

Equipamento	Faixa de Medição (°C)	Exatidão Aproximada (°C)	Resposta Transiente	Custo	Observações
Termopar Cobre/Constantan	- 180 até 350	± 0,25	Bom, dependendo do tamanho do fio.	Baixo	
Termopar Ferro/Constantan	- 180 até 650	± 0,25	Bom, dependendo do tamanho do fio.	Baixo	Superior em atmosferas redutoras
Termopar Cromel/Alumel	- 180 até 1200	± 0,25	Bom, dependendo do tamanho do fio.	Baixo	Resistente à oxidação em altas temperaturas.
Termopar Platina/Platina com 10 % de Ródio	- 15 até 1650	± 0,25	Bom, dependendo do tamanho do fio.	Alto	Mais resistente à oxidação em altas temperaturas. Exatidão de ± 0,07 °C pode ser obtida em condições controladas.
Pirômetro Ótico	Acima de 650	± 10	Pobre	Médio	Muito usado em medições industriais de fornos.
Pirômetro de Radiação	Acima de - 15	± 0,5 °C para faixas baixas, de ± 2,5 °C até ± 10 °C para altas temperaturas , depende das condições da cavidade negra e do tipo de pirômetro.			

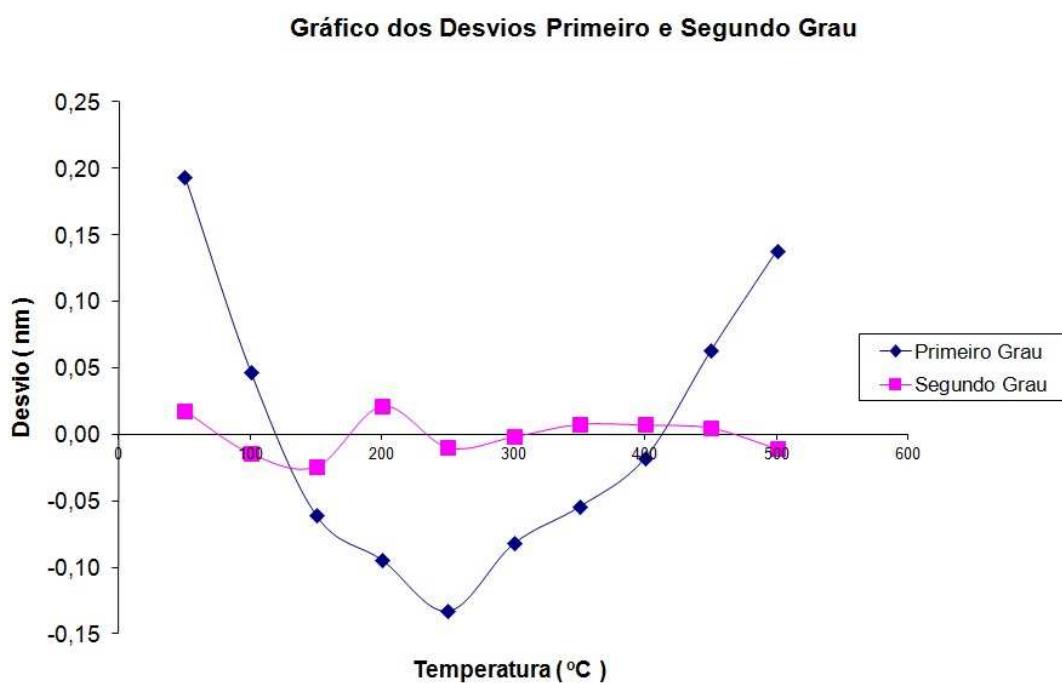
APÊNDICE D

Gráficos de desvios encontrados para a aplicação de polinômios de primeiro e segundo grau para as medições realizadas com as diferentes redes de Bragg.

Rede de Bragg do Tipo I confeccionada pela PUC/RJ



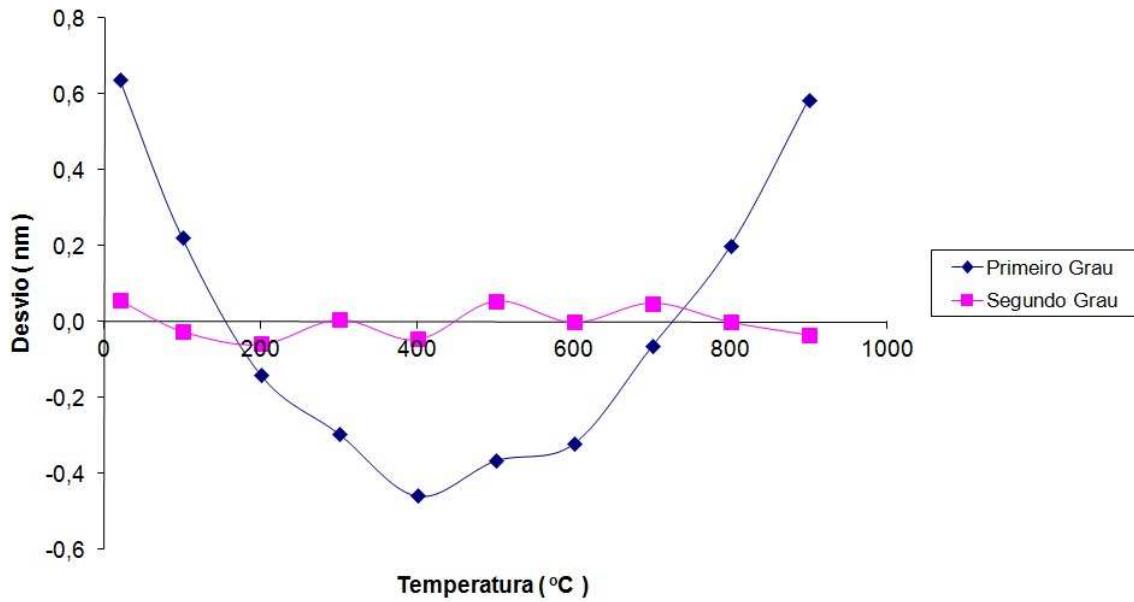
Rede de Bragg do Tipo II confeccionada pela UTFPR



Continuação do APÊNDICE D

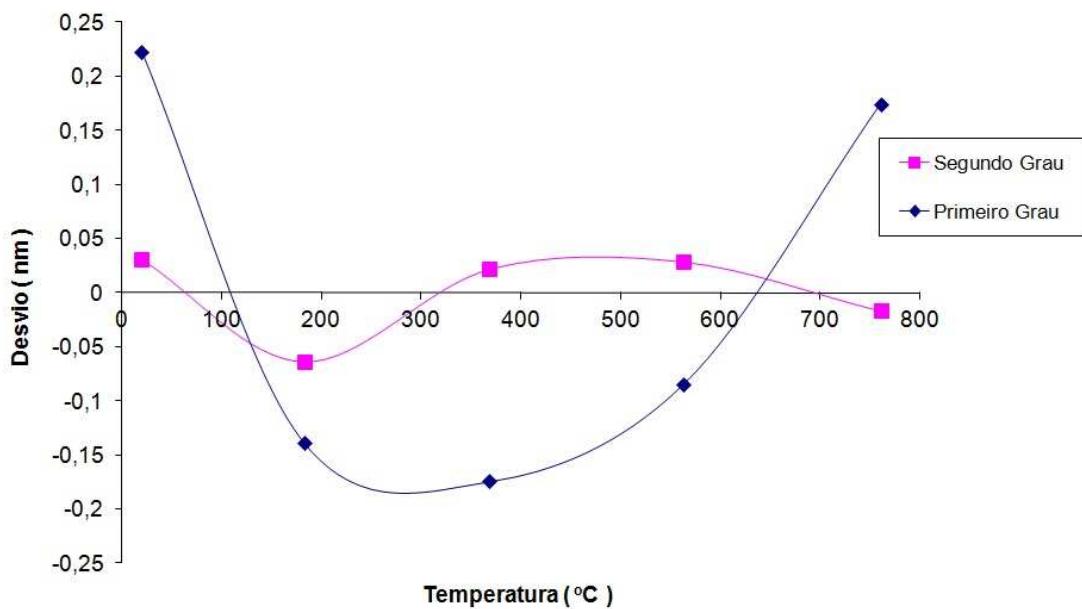
Rede de Bragg do Tipo Regenerada confeccionada pela Universidade de Sidney

Desvios de Primeiro e de Segundo Grau



Rede de Bragg do Tipo Regenerada confeccionada pela UTFPR

Desvios de Primeiro e de Segundo grau

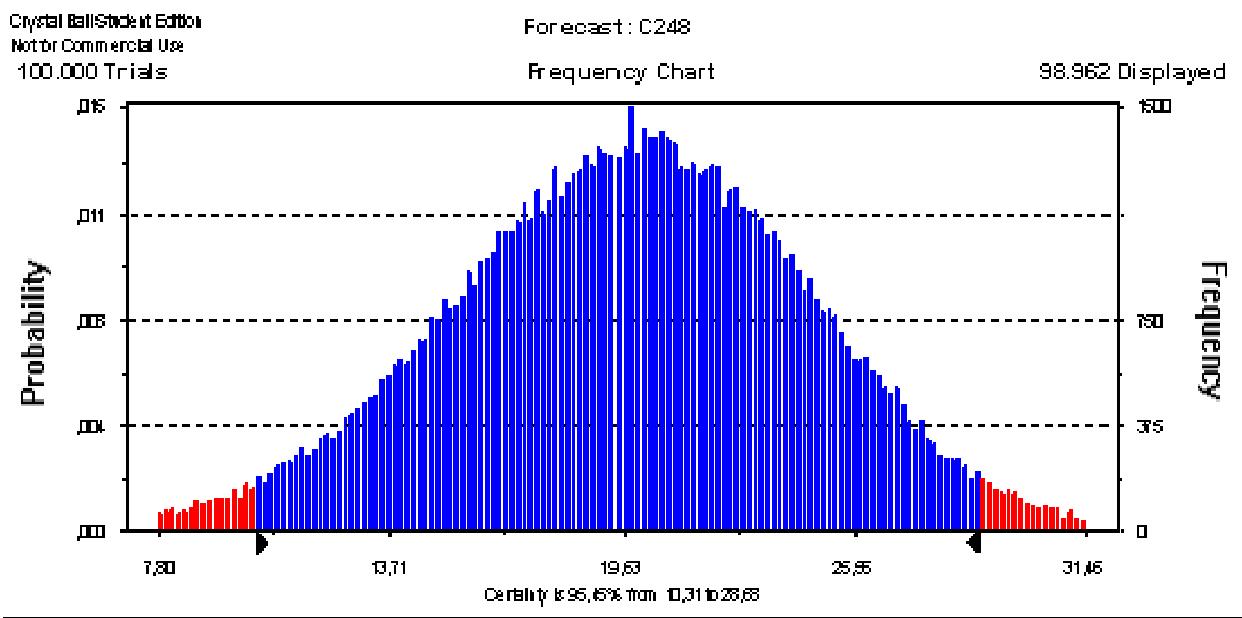


APÊNDICE E

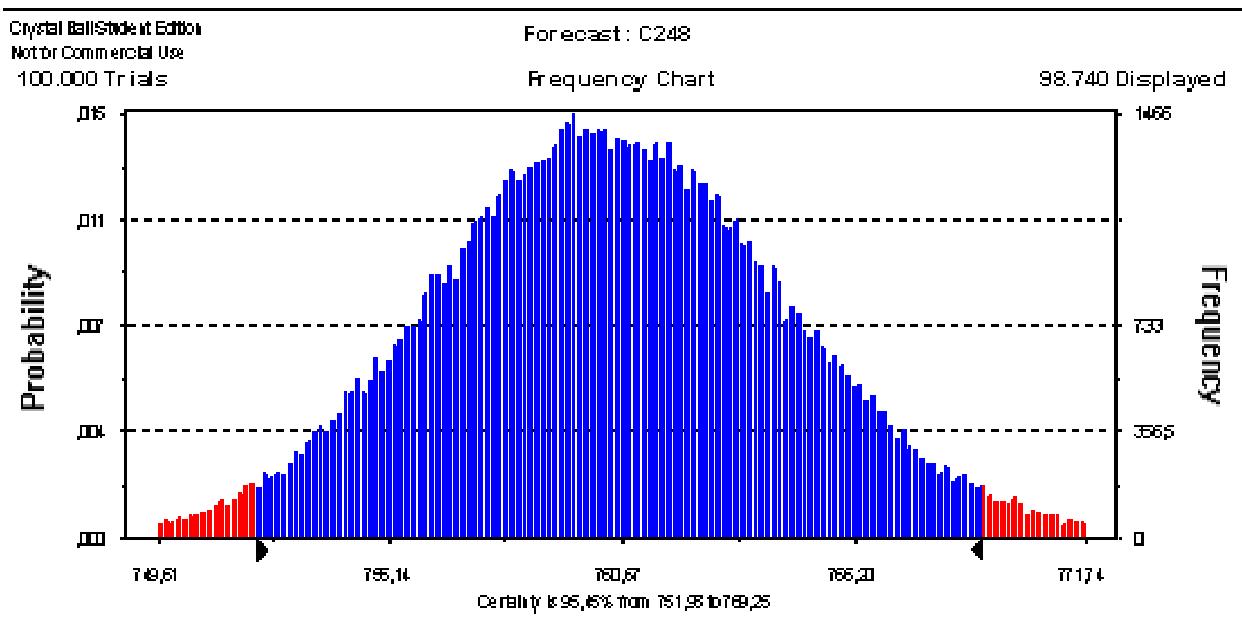
Cartas de frequências determinadas pelo Método de Monte Carlo aplicadas nas medições dos diferentes tipos de redes de Bragg aplicando 100000 iterações.

Rede Regenerada UTFPR medida em Modo de Reflexão

Temperatura 20°C



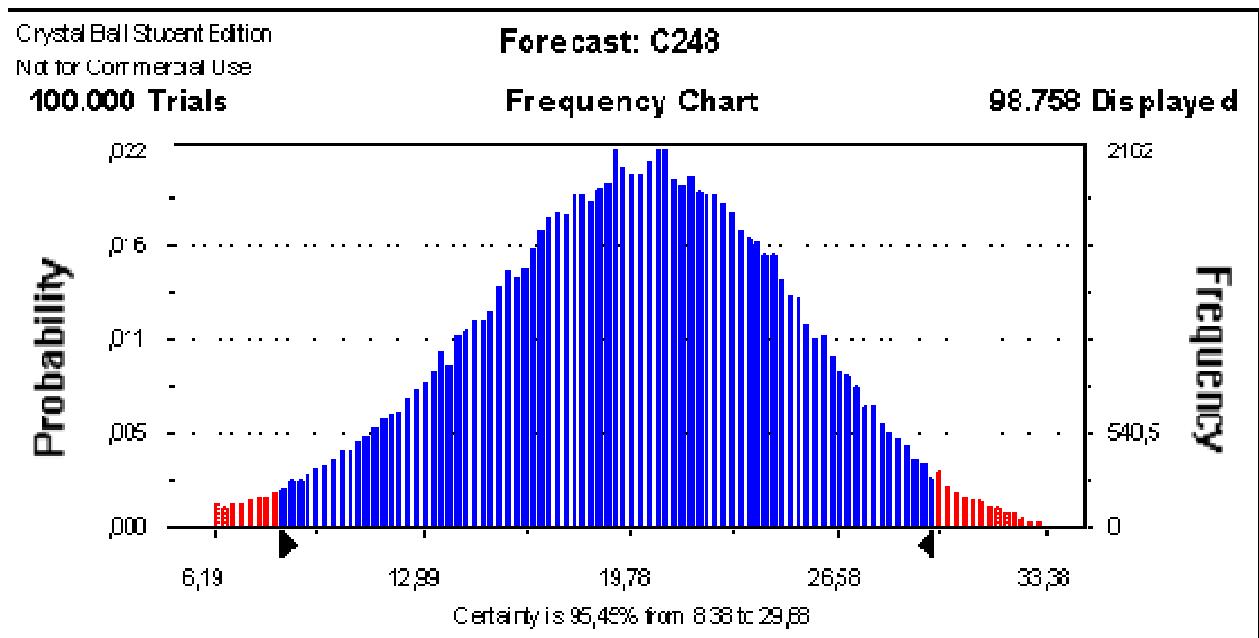
Temperatura 500°C



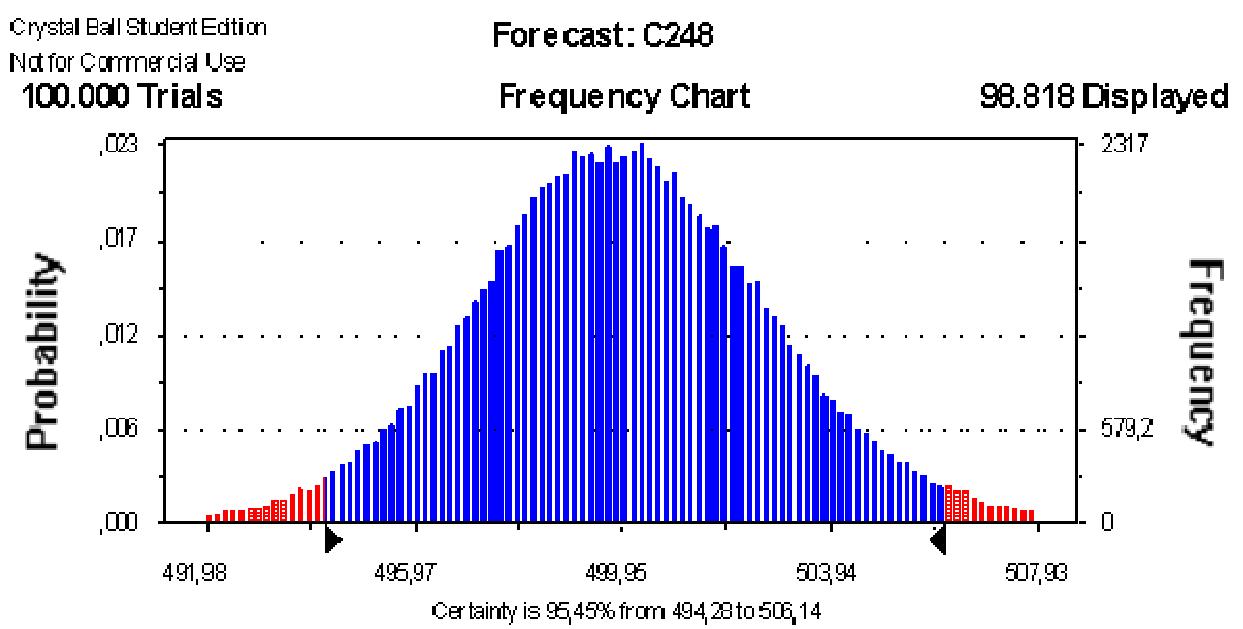
Continuação do APÊNDICE E

Rede Tipo I - PUC no Modo de Reflexão

Temperatura 20°C

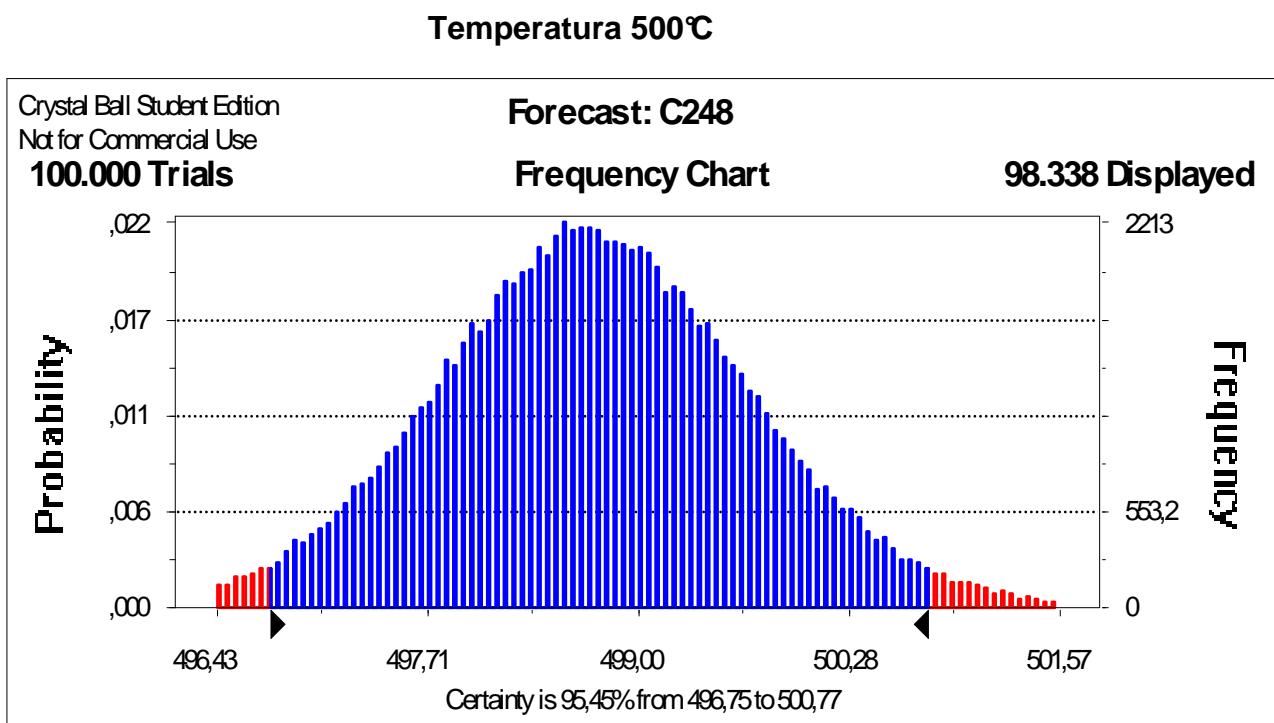
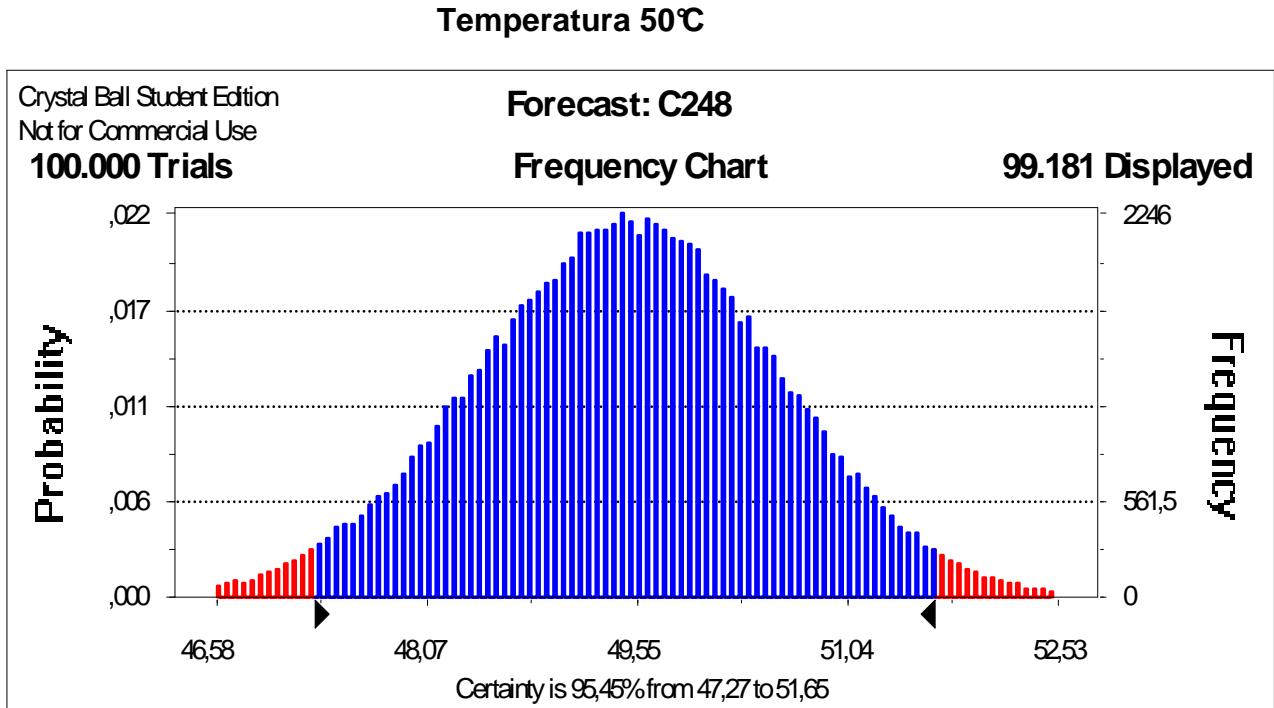


Temperatura 500°C



Continuação do APÊNDICE E

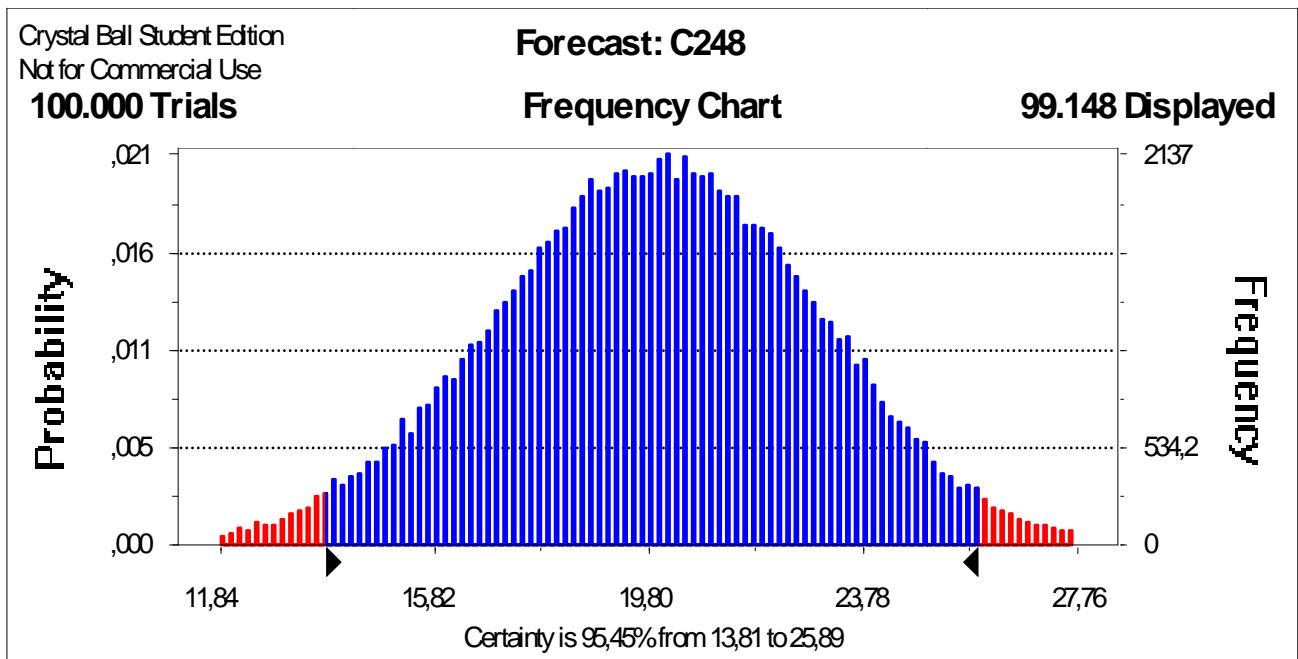
Rede Tipo II – UTFPR Modo de Reflexão e Transmissão Rede 1 (ciclo 1)



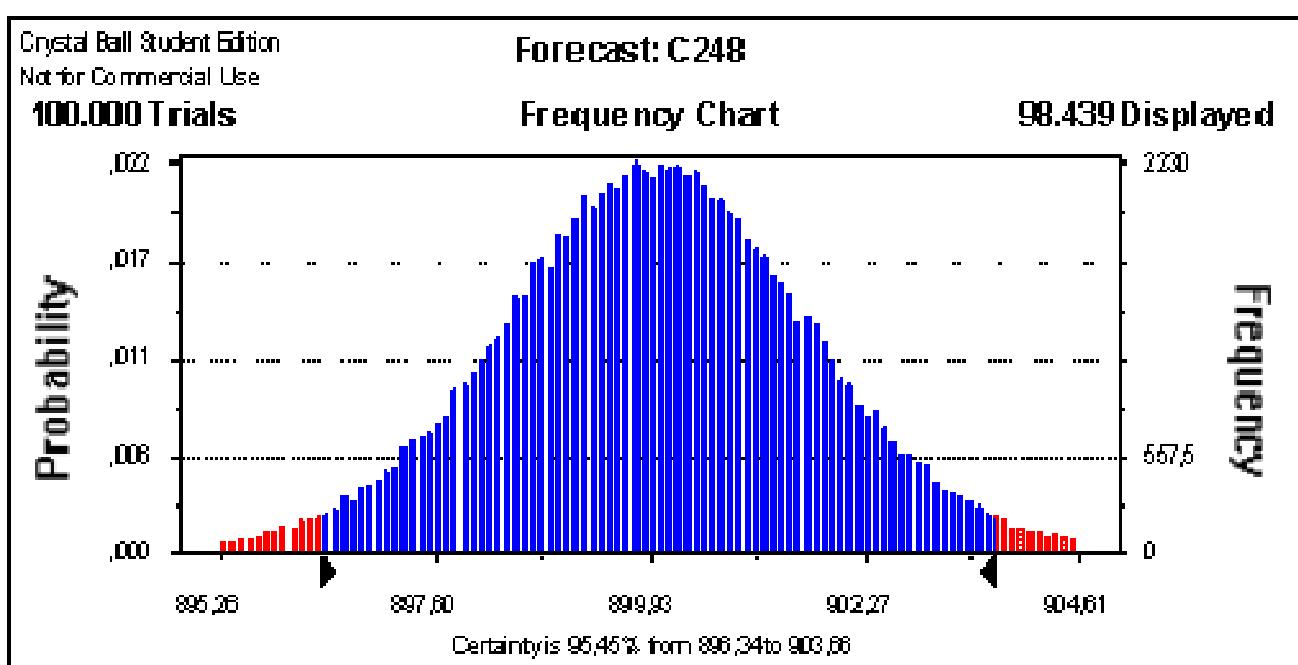
Continuação do APÊNDICE E

Rede Tipo Regenerada Austrália Rede 2 em Modo de Reflexão

Temperatura 20°C



Temperatura 900°C



Continuação do APÊNDICE E

Rede Tipo Regenerada Austrália Rede 4 em Modo de Reflexão – Ciclo 1

Temperatura 20°C

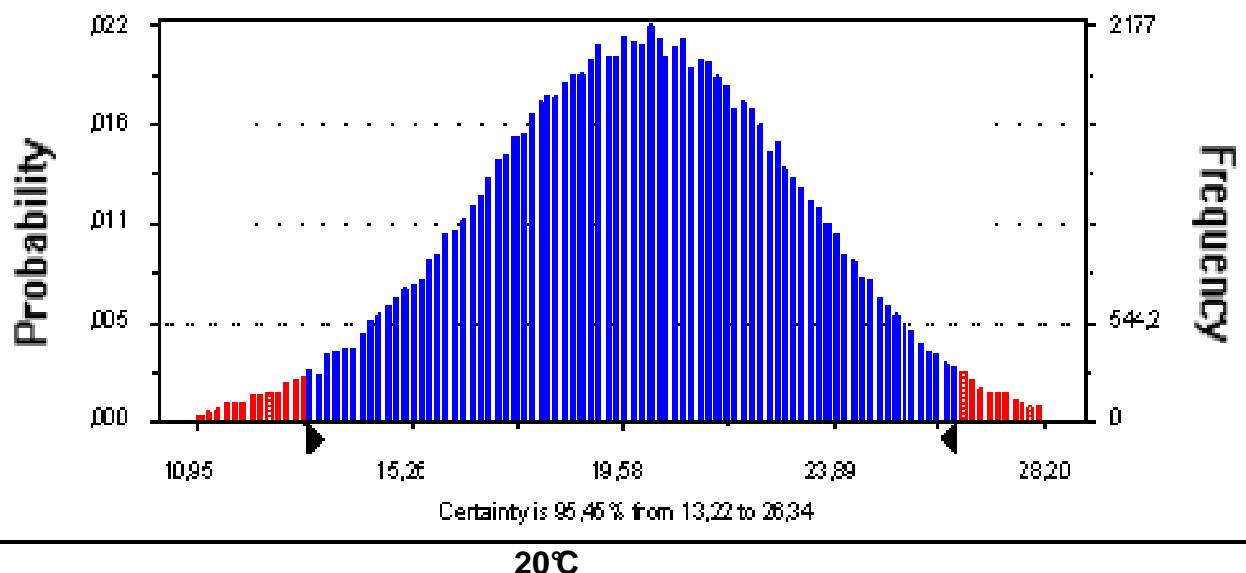
Crystal Ball Student Edition
Not for Commercial Use

100.000 Trials

Forecast: C248

Frequency Chart

99.151 Displayed



Temperatura 800°C

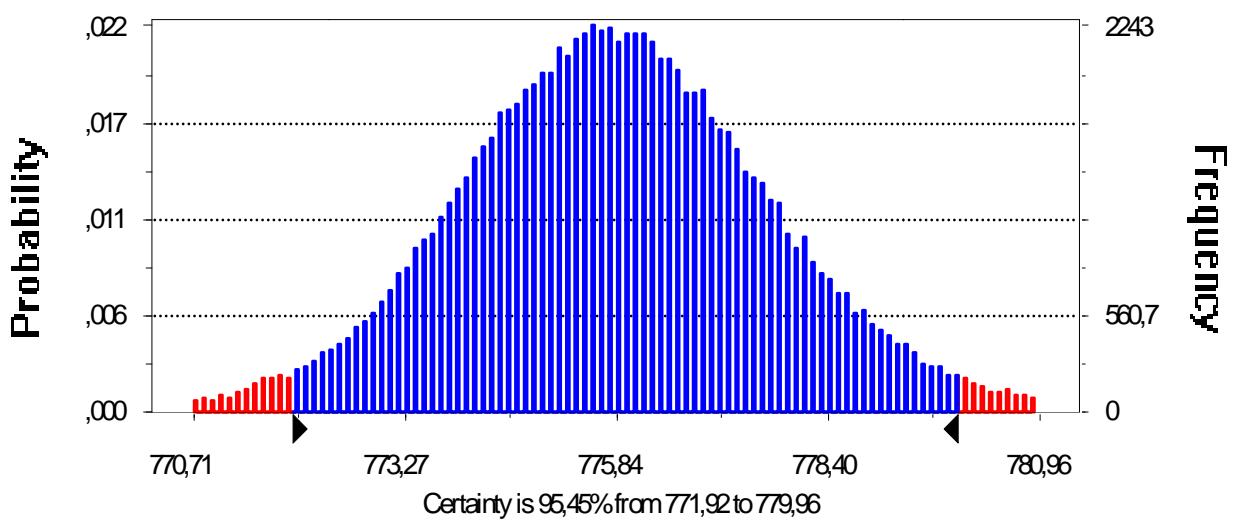
Crystal Ball Student Edition
Not for Commercial Use

100.000 Trials

Forecast: C248

Frequency Chart

98.504 Displayed



APÊNDICE F

Fórmulas aplicadas para a determinação dos coeficientes c_{ij} dos polinômios empregados nas regressões.

$$c_{ij} = 0 \quad \text{para} \quad j > i$$

$$c_{11} = \sqrt{a_{11}}$$

$$c_{21} = \frac{a_{21}}{c_{11}}$$

$$c_{n1} = \frac{a_{n1}}{c_{11}}$$

$$c_{22} = \sqrt{a_{22} - c_{21}^2}$$

$$c_{32} = (a_{32} - c_{31} \cdot c_{21}) / c_{22}$$

$$c_{n2} = (a_{n2} - c_{n1} \cdot c_{21}) / c_{nn}$$

$$c_{jj} = \sqrt{a_{jj} - c_{j,j-1}^2 - c_{j,j-2}^2 - \dots - c_{j,1}^2}$$

$$c_{ij} = (a_{ij} - c_{ij-1} \cdot c_{j,j-1} - c_{i,j-2} \cdot c_{j,j-2} - \dots - c_{i,1} \cdot c_{j,1}) / c_{jj}$$

Continuação do APÊNDICE F

Fórmulas aplicadas para a determinação dos coeficientes b_{ij} dos polinômios empregados nas regressões.

$$b_{11} = \frac{1}{c_{11}}$$

$$b_{21} = -\frac{b_{11} \cdot c_{21}}{c_{22}}$$

$$b_{31} = -\frac{c_{31} \cdot b_{11} + c_{32} \cdot b_{21}}{c_{33}}$$

$$b_{22} = \frac{1}{c_{22}}$$

$$b_{n1} = -\frac{c_{n1} \cdot b_{11} + c_{n2} \cdot b_{21} + \dots + c_{n,n-1} \cdot b_{n-1,1}}{c_{nn}}$$

$$b_{32} = -(c_{32} \cdot b_{22}) / c_{33}$$

$$b_{42} = -(c_{42} \cdot b_{22} + c_{43} \cdot b_{32}) / c_{44}$$

$$b_{jj} = \frac{1}{c_{jj}}$$

$$b_{n2} = -\frac{c_{n2} \cdot b_{22} + c_{n3} \cdot b_{32} + \dots + c_{n,n-1} \cdot b_{n-1,2}}{c_{nn}}$$

$$b_{ij} = -(c_{ij} \cdot b_{jj} + -c_{i,j+1} \cdot b_{j+1,j} + \dots - c_{i,i-1} \cdot b_{i-1,j}) / c_{ii}$$

APÊNDICE G

Melhor capacidade de medição realizada pelo Laboratório de Termometria do Inmetro para as diferentes faixas de temperatura estando estas oficializadas no BIPM/França.

Calibration or Measurement Services			Measurand Level or Range			Conditions/Independent variables			Measurement					Expanded Uncertainty	
Quantity	Instrument or artifact	Instrument Type or Method	Minimum value	Maximum value	units	Parameter	Specifications	Value	Units	Coverage Factor	Level of Confidence	Is the expanded uncertainty a relative one?	NMI Service Identifier	Comments	
Temperature	Tungsten strip lamps	Comparison	800	1500	°C	Radiance	Lamp C746V	0.6 to 1.0	°C	2	95%	No	8240	Approved on 29 June 2004	
Temperature	Tungsten strip lamps	Comparison	1500	2200	°C	Radiance	Lamp C739/G	1.1 to 2.3	°C	2	95%	No	8241	Approved on 29 June 2004	
Temperature	Disappearing filament pyrometer	Comparison	800	1500	°C	Comparison	Lamp C746V	2.5 to 4	°C	2	95%	No	8242	Approved on 29 June 2004	
Temperature	Disappearing filament pyrometer	Comparison	1500	2200	°C	Comparison	Lamp C739/G	4 to 5	°C	2	95%	No	8243	Approved on 29 June 2004	
Temperature	Industrial PRT	Comparison	-80	0	°C	Low temperature bath		0.02	°C	2	95%	No	8291, 8292	Hysteresis uncertainty for each IPPT must be added to the combined uncertainty quoted in the Calibration Report Approved on 12 July 2007	
Temperature	Industrial PRTs	Comparison	0	420	°C	Water and salt baths		Includes interpolation equation with coefficients	°C	2	95%	No	8280, 8291, 8292	Hysteresis uncertainty for each IPPT must be added to the combined uncertainty quoted in the Calibration Report Approved on 12 July 2007	

Continuação do APÊNDICE G

The BIPM key comparison database

Thermometry, Brazil, INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial)



Calibration or Measurement Services			Measurand Level or Range			Conditions/Independent variables			Measurement			Expanded Uncertainty			Comments
Quantity	Instrument or artifact	Instrument Type or Method	Minimum value	Maximum value	units	Parameter	Specifications	Value	Units	Coverage Factor	Level of Confidence	Is the expanded uncertainty a relative one?	NMI Service Identifier		
Temperature	Industrial PRTs	Comparison	420	550	°C	Salt bath	Includes interpolation equation with coefficients	0.04	°C	2	95%	No	8290, 8291, 8292	Hysteresis uncertainty for each IPRT must be added to the combined uncertainty quoted in the Calibration Report Approved on 12 July 2007	
Temperature	Digital thermometers	Comparison	-80	550	°C	Low temperature and salt baths	Electrical resistance sensor	0.1	°C	2	95%	No	8290, 8291, 8292	Hysteresis uncertainty for each IPRT must be added to the combined uncertainty quoted in the Calibration Report Approved on 12 July 2007	
Temperature	Thermocouples types SR	Comparison	0	1100	°C	One-zone furnace		1	°C	2	95%	No	8280, 8281	Pre-determined value of inhomogeneity included in the CMC entry Approved on 12 July 2007	
Temperature	Liquid-in-glass thermometers	Comparison	-80	-5	°C	Stirred liquid bath partial immersion	Alcohol bath, total immersion, graduation 0.1 °C	0.05	°C	2	95%	No	8290, 8291, 8292	Approved on 12 July 2007	
Temperature	Liquid-in-glass thermometers	Comparison	100	410	°C	Stirred liquid bath	Oil and salt bath, total immersion, graduation 0.1 °C	0.05	°C	2	95%	No	8290, 8291, 8292	Approved on 12 July 2007	

APÊNDICE H

Catalogo do Interrogador da Empresa Micron Optics



Applications

- Full Spectrum Measurements of fiber Bragg grating (FBG), extrinsic Fabry-Perot, long period grating (LPG), and other optical sensor components.
- Continuous lifetime health monitoring of bridges, dams, buildings, tunnels, ships, aircraft, trains, and other complex structures.
- Development of fiber optic sensors and transducers.

Features

- High accuracy absolute measurements of strain, temperature, pressure and other static sensors.
- On-board NIST traceable wavelength reference.
- Wide wavelength swept laser supporting more sensors per channel.

Deployments

- Civil structures (bridges, dams, tunnels, mines, buildings).
- Energy (wind turbines, pipelines, nuclear reactors, solar panel farms).
- Oil & gas (well reservoir management, platform structural health, pipeline condition).
- Aerospace vehicles (airframes, composite structures, wind tunnels, dynamic tests).
- Marine vessels (hull, mast, rudder, deck, cargo containers).
- Transportation (railways, trains, roadways, specialty vehicles, cranes).
- Homeland security (perimeter intrusion, heat detection, security gate monitoring).
- Medical devices (probes, catheters).

Description

The sm125 Optical Sensing Interrogator is a compact, field proven, industrial grade static sensor interrogation module designed for robust, reliable, long term field operation.

The sm125 Optical Sensing Interrogator is built upon the Micron Optics x25 optical interrogator core, featuring a high power, low noise swept wavelength laser, realized with Micron Optics patented Fiber Fabry-Perot Tunable Filter technology. The x25 interrogator core employs full spectral scanning and data acquisition, providing measurements with high absolute accuracy, flexible software post-processing, and high dynamic range performance. x25 based interrogators support continuous on-board NIST traceable wavelength reference components and are ideally suited to measure many different optical sensor types, including FBGs, long period gratings, extrinsic Fabry-Perot sensors, and many others. Well over half of the fiber optic sensors deployed today are measured with instrumentation that uses Micron Optics technology.

The Micron Optics "sm - Sensing Module" platform responds directly to the user commands of the optical interrogator core and outputs sensor wavelength data via Ethernet port and custom protocol. All module settings, sensor calculations, data visualization, storage, and alarming tasks are run on external pc or sensor processor module. The Sensing Module platform is ideal for custom, client developed system management tools, but is equally compatible with local or remote installations of Micron Optics ENLIGHT.



sm125 Field Module

Micron Optics ENLIGHT Sensing Analysis Software is included with Micron Optics sensing interrogator systems and provides a single suite of tools for data acquisition, computation, and analysis of optical sensor networks. ENLIGHT combines the useful features of traditional sensor software with the specific tools needed to optimize optical properties during the design, implementation, and operations phases of an optical sensor system. Tables, graphs, and additional data visualization features make ENLIGHT easy to use. Learn more about ENLIGHT at http://www.micronoptics.com/sensing_software.php.

Continuação do APÊNDICE H

Optical Sensing Interrogator | sm125

Specifications	sm125-200	sm125-500	sm125-700			
Optical Properties						
Number of Optical Channels ¹	1 (up to 16)	4 (up to 16)	4 (up to 16)			
Scan Frequency	1 Hz	2 Hz	5 Hz			
Wavelength Range	1520-1570 nm	1510-1590 nm	1510-1590 nm			
Wavelength Accuracy ²	10 pm	1 pm	2.5 pm			
Wavelength Stability ³	5pm	1 pm	2.5 pm			
Wavelength Repeatability ⁴	1 pm at 1 Hz	0.5 pm at 1 Hz, 0.2 pm at 0.1 Hz				
Dynamic Range ⁵	40 dB	50 dB	30 dB			
Full Spectrum Measurement		Included				
Internal Peak Detection Mode		Included				
Optical Connectors		FC/APC				
Data Processing Capabilities						
Interfaces	Ethernet - other interfaces available via an sp125 Sensing Processor Module					
Protocols	Custom Micron Optics protocol via Ethernet (others available)					
Remote Software	Spectral analysis, peak detection, data logger, peak tracking, and instrument control					
LabVIEW™ Source Code	Allows for customization of remote software					
Enhanced Data Management	ENLIGHT Sensing Analysis Software					
Mechanical, Environmental, Electrical Properties						
Dimensions; Weight	117 mm x 234 mm x 135 mm; 2 kg (4.5 lbs)					
Operating Temperature; Humidity	0° to 50° C; 0 to 80%, non-condensing					
Storage Temperature; Humidity	-20° to 70° C; 0 to 95%, non-condensing					
Input Voltage	7-36 VDC (100~240 VAC, 47~63 Hz), AC/DC converter included					
Power Consumption at 12V	20 W typ, 30 Max					
Options						
8 or 16 Channel Expansion	Please see our 8 or 16 channel sm041 multiplexers					
Increased Scan Frequency ⁶	2, 5, or 10 Hz					
Notes:						
1. sm125 accommodates up to 4 integrated optical channels. Max of 16 ch possible when combined with sm041 multiplexer.						
2. Per NIST Technical Note 1297, 1994 Edition, Section D.1.1.1, definition of "accuracy of measurement"						
3. Captures effects of long term use over full operating temperature range of the instrument.						
4. Per NIST Technical Note 1297, 1994 Edition, Section D.1.1.2, definition of "repeatability [of results of measurements]"						
5. Defined as laser launch power minus detection noise floor.						
6. 10 Hz scan rate available with 40 nm (1525-1565nm) wavelength range.						