

## 7 Referências

- Ablameyko, S.; Goras, L.; Gori, M.; Piuri, V. **Neural Networks for Instrumentation, Measurement and Related Industrial Applications**. Vol 185. Italy IOS Press. 2003.
- Abdelrahman, M.; Subramanian, S. **An Intelligent Signal Validation For a Cupola Furnace – Part II: Testing and Analysis**. Proc. of the American Control Conference, San Diego, California, 1999.
- Almeida, S.; Pinto, R.; Trindade, R.; Guimarães, F.; Ramirez, J. **Sistema para Auto-Calibração e Linearização de Sensores utilizando Redes de Funções de Base Radial com Aprendizado Multiobjetivo**. Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Automática, Bonito. P. 1331-1338, 2010.
- Angeli, C. **Diagnostic Expert Systems: From Expert's Knowledge to Real-Time Systems**. Advance Knowledge Based Systems: Model And Applications & Research, v. 1, pp 50-73, 2010.
- Antory, D., Irwin, G., Kruger, U., McCullough, G. **Improved Process Monitoring Using Nonlinear Principal Component Models**. International Journal of Intelligent Systems, n. 23, p. 520 – 544, 2005.
- Afonso P.; Ferreira J.; Castro J. **Sensor Fault Detection and Identification in a Pilot Plant under Process Control**. Chemical Eng. Research and Design, 1998, n. 76, p. 490-498, 1998.
- ABB **Fieldbus Tool Hand-Held Configuration Devices .Mobility DHH800-MFC**. Configuration Devices with HART Communications, 2006.
- Barron, A. **Universal Aproximation bounds for superpositions of a sigmoidal function**, IEEE Transactions on Information Theory Journal, n. 39, p. 930-945. 1993.
- Bishop, C. **Neural Networks for Pattern Recognition**. Oxford UP, 1995.
- Bueno, I. **Utilização de Redes Neurais Artificiais na Monitoração e Detecção de Falhas em Sensores do Reator IEA-R1**. Dissertação de Mestrado, IPEN/USP, 2006.

- Böhme, Th.; Fletcher, I.; Cox, C. **Reliable Neuro Self-Tuning Control using Auto-Associative Neural Networks for the Water Treatment**. Journal e & i Elektrotechnik und Informationstechnik, n. 6, p. 116, 1999.
- Bychkovskiy, V.; Megerian, S.; Esttrin, D. e Potkonjak, M. **A collaborative approach to in-place sensor calibration**. Proceedings of the 2nd International Workshop on Information Processing in Sensor Networks, 2003.
- Catunda, Sebastian. **Sensores Inteligentes**. Tutoriais do XVIII Congresso Brasileiro de Automática, Bonito. p. 231-244, 2010
- Coura, R., Seixas J., Soares W. **Classificação de Sinais de Sonar Passivo Utilizando Componentes Principais Não-lineares**. Learning and Nonlinear Models, v. 2, p. 60-72, 2004.
- Committee on Advance Research Instrumentation. **Advance Research Instrumentation and Facilities**. The National Academies Press., Washington D.C, 2006.
- Cuenca, W.,; Seixas, J.; Levy. A. **Análise de Componentes Principais para Identificar Descargas Parciais em Transformadores de Potência**. Anais do SBRN. Rio de Janeiro, RJ, 2004.
- Cuisano, J.C. . **Redução das emissões em motores Diesel-Gás**. Dissertação de Mestrado. Laboratório de Engenharia Veicular LEV/ PUC-Rio, 2006.
- Cummins Intelect Integrated Electronics Software Engine Company. **Fault Information System for QSK19-23-45-60-78 Engines**, 2004.
- De Miguel, L.; Blázquez, L. **Fuzzy Logic-based Decision-Making for Fault Diagnosis in a DC Motor**. Engineering Applications of AI, v. 18, p.423–450. Janeiro, 2005.
- Dreyfus, G. **Neural Networks Methodology and Applications**. Eyrolles, Paris, 2004.
- Eyng, E. **Controle Feed Forward-Feedback Aplicado as Colunas de Absorção do Processo de Produção de Etanol por Fermentação**. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Química, UNICAMP, SP, 2008.
- Fantoni, P.F.; Hoffmann, M.I.; Shankar, R e Davis, E.L. **On-line Monitoring of Instrument Channel Performance in Nuclear Power Plant using Peano**. Progress in Nuclear Energy, n. 43, p. 83-89, 2003.
- Franco, L. **Protocolos de comunicação industriais**. Enciclopédia de Automática: Controle e Automação, Vol. 2, p. 370-392, Blucher, São Paulo, 2007.

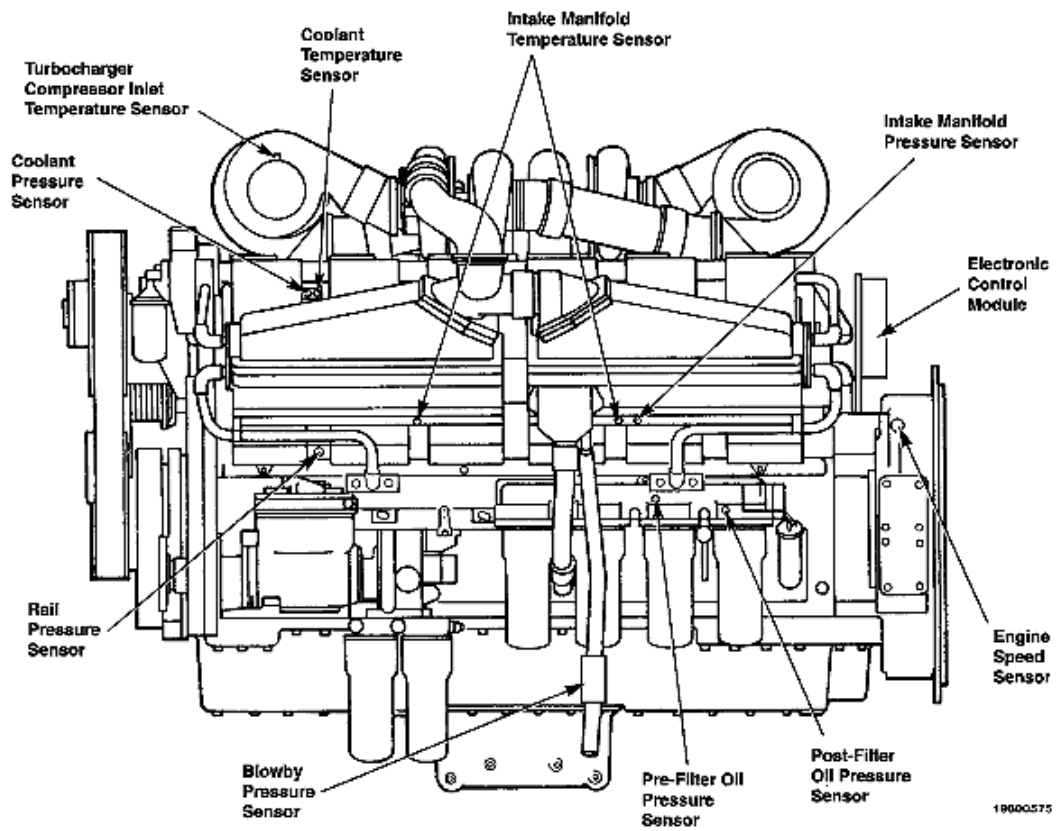
- Ferreiro, R.; Pérez, J.; Piñon, A.; Calvo, J. **On Fault Isolation by Functional and Hardware Redundancy**. World Automation Congress (WAC), Budapest, Hungary, 2006.
- FLUKE. **725 Multifunction Process Calibrator. Manual do Usuário**. Fluke Corporation Everett E.U.A, 2004.
- Garcia-Alvarez, D.; Fuente, M. J.; Vega, P.; Sainz, G. **Fault Detection and Diagnosis using Multivariate Statistical Techniques in a Wastewater Treatment Plant**. Proc. of the 7th IFAC International Symposium on Advanced Control of Chemical Processes, Turkey, 2009.
- Geng, Z.Q.; Zhu, Q.X. **Multiscale nonlinear principal component analysis (NLPCA) and its application for chemical process monitoring**. Industrial and Engineering Chemistry Research, v. 44, p.3585–3593, 2005.
- Hall, C. **Sensores e Instrumentação**. Departamento de Pos-Graduação de Metrologia da PUC-Rio, Rio de Janeiro, Brasil, 2010.
- Haykin, S. **Neural Networks – A Comprehensive Foundation**. Macmillan College Publishing Company, 1998.
- Hines, J.; Garvey D. **Process and Equipment Monitoring Methodologies Applied to Sensor Calibration Monitoring**. Wiley InterScience Quality and Reliability Engineering International, v. 23,p. 123-135, 2007.
- Hines, J.; Grinok, A.; Attieh, I.; Urigh, R. **Improved Methods for On-line Sensor Calibration Verification**. 8th. Int. Conf. Nuclear Engineering. Baltimore, USA, 2000.
- INMETRO **Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia**, 5ª Edição, Rio de Janeiro, 2007.
- Jang, J. **ANFIS: Adaptive-Network-based Fuzzy Inference Systems**. IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, v. 23, p. 665-685, 1993.
- Koscielny, J.; Syfert, M. **Fuzzy Diagnostic Reasoning that takes into Account the Uncertainty of the Relation between Faults and Symptoms**. Int. J. Appl. Math. Comput. Sci., n.16, p. 27–35, 2006.
- Klir, G., Yuan, B. **Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications**. Prentice Hall PTR. Upper Saddle River, NJ, 1995.
- Kramer, M.A. **Nonlinear Principal Component Analysis using Autoassociative Neural Networks**. A.I.Ch.E. Journal 37, v. 2, p. 233–243, 1991.
- Kramer, M. A. **Autoassociative Neural Networks**. Computers in Chemical Engineering, 16: v. 4, p. 313-328, 1992.

- Mahmoud, W.; Hagggar, R.; Abdelrahman, M. **Hardware Implementation of a Automated Sensor Self-Validation System for Cupula-Furnace**. Proc. of the 9<sup>th</sup> Annual IEEE Symposium on Field-Programmable Custom Computing Machines (FCCM'01), 2001
- Marseguerra M.; Zoia A. **The Autoassociative Neural Networks in Signal Analysis I: The data dimensionality reduction and its geometric interpretation**. Annals of Nuclear Energy, n. 32, p.1191-1206, 2005.
- Marseguerra M.; Zoia A. **The Autoassociative Neural Networks in Signal Analysis II: Application to on-line monitoring of a simulated BWR component**. Annals of Nuclear Energy. n. 32, p. 1207-1223, 2005.
- Marseguerra M.; Zoia A. **The Autoassociative Neural Networks in Signal Analysis III: Enhancing the reliability of a NN with application to a BWR**. Annals of Nuclear Energy, n. 33, p. 475-489, 2006.
- Mendel, J.M. **Fuzzy Logic Systems for Engineering: A Tutorial**, Proceedings of the IEEE, v. 83, n. 3, p. 345-377, 1995.
- Monsef, W. A.; Fayed, A. **Design of a Neural – PLC controller for Industrial Plant**. Conference on Machine Learning; Models, Technologies & Applications. Las Vegas Nevada, USA, 2007.
- Murphey, Y.; Crossman, J.; Chen, Z. **Multiple Signal Fault Detection Using Fuzzy Logic**. Lecture Notes in Computer Science, n. 2718, p.123-129, 2003.
- Na, M.; Oh, S. **A Neuro-Fuzzy Inference System Combining Wavelet Denoising, Principal Component Analysis, and Sequential Probability Ratio Test for Sensor Monitoring**, Nuclear Technology, v. 140, n 11, p. 178-197, 2002.
- Ni, K.; Ramanathan, N.; Hajj, M.; Balzano, L.; Nair, S.; Zahedi, S.; Khohler E., Pottie, G.; Hansen, M.; Srivastava, M. **Sensor network data fault types**. ACM Trans. Sensor Netw. V. 5, n. 3, Article 25, p. 29, 2009.
- Najafi, M., Culp, Ch., Langari R. **Enhanced Auto-Associative Neural Networks for Sensor Diagnosis (E\_AANN)**. Proc. of Int. J. Conf. on Neural Networks (IJCNN) & IEEE Int. Conf. on Fuzzy Systems, Hungary, 2004.
- Oliveira, M. **Metodologia para Validação de Sinais usando modelos Empíricos com Técnicas de Inteligência Artificial aplicada a um Reator Nuclear**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.
- Oliveira, M.; Amaral, J.L; Amaral J.F. **Algoritmos para Auto-ajuste de Sensores utilizando Redes Neurais**. 8th Int. Seminar on Elect. Metrology. João Pessoa, PB, 2009.

- Oliveira, A.; Catunda, S. **Sistema de Medição**: Terminologia e incerteza. Enciclopédia de Automática: Controle e Automação, v. 2, p. 311-331, Blucher, São Paulo, 2007.
- Panishankar, C.; Orth, S.; Frolik, J.; Abdelrahman. **Fuzzy Rules for Automated sensor Self-Validation and Confidence Measure**. Proc. of American Control Conference, Chicago, Illinois, 2000.
- Patra, J.; Juhola, M.; Meher, P. **Intelligent sensor using computationally efficient Chebyshev Neural Network**. IET Sci. Meas. Technol., 2008, 2, (2), pp. 68–75
- Pegado, J. **Estudo e Implementação de Algoritmos Inteligentes para Detecção e Classificação de Falhas na Medição de Gás Natural**. Dissertação de Mestrado, Automação na Indústria de Petróleo e Gás. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN., 2009.
- Pereira, J.; Carvalho, A.; Tatibana, G.; Sanches, R.; Carrasco, B.; Flora, N.; Hines, J. **Uma Nova Estratégia de Modelagem para Monitoramento de Instrumentos e Verificação de Calibração usando Redes Neurais Artificiais**. 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás. Salvador, Brazil, 2006.
- Qiao,W.; Venayagamoorthy, G.; Harley, R. **Missing-Sensor-Fault-Tolerant Control for SSSC FACTS Device with Real-Time Implementation**. IEEE Transactions on Power Delivery, v. 24,n. 2, 2009.
- Ramanathan, N.; Schoellhammer, T.; Estrin, D.; Hansen, M.; Harmon, T.; Kohler, E.; Srivastava, M. **The final frontier: Embedding networked sensors in the soil**. Tech. Rep. 68, CENS, 2006.
- Ramusen, B.; Hines, W.; Uhrig, R. **A novel Approach to Process Modeling for Instrument Surveillance and Calibration Verification**. Proc. Of the Int. Topical Meeting on Nuclear Plant Instrumentation, Control and Human-Machine Interfaces Technologies (NPIC&HMIT), Washington, D.C, 2000.
- Reyes, J.; Vellasco, M.; Tanscheit, R. **Sistemas de Inferência Fuzzy para Auto-compensação e Auto-Validação em sensores Inteligentes**. Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Automática, Bonito, 2010.
- Riveira, J.; Carrillo, M.; Chacon, M.; Herrera, G.; Bojorquez, G. **Self Calibration and Optimal Response in Intelligent Sensors Design Based on Artificial Neural Networks**. Sensors Journal, n. 7, p 1509-1529, 2007.
- Rocha Neto, J.; Nogueira, M. **Redes de Transdutores Inteligentes**. Enciclopédia de Automática: Controle e Automação, v. 2, p. 332-369, Blucher, São Paulo, 2007.

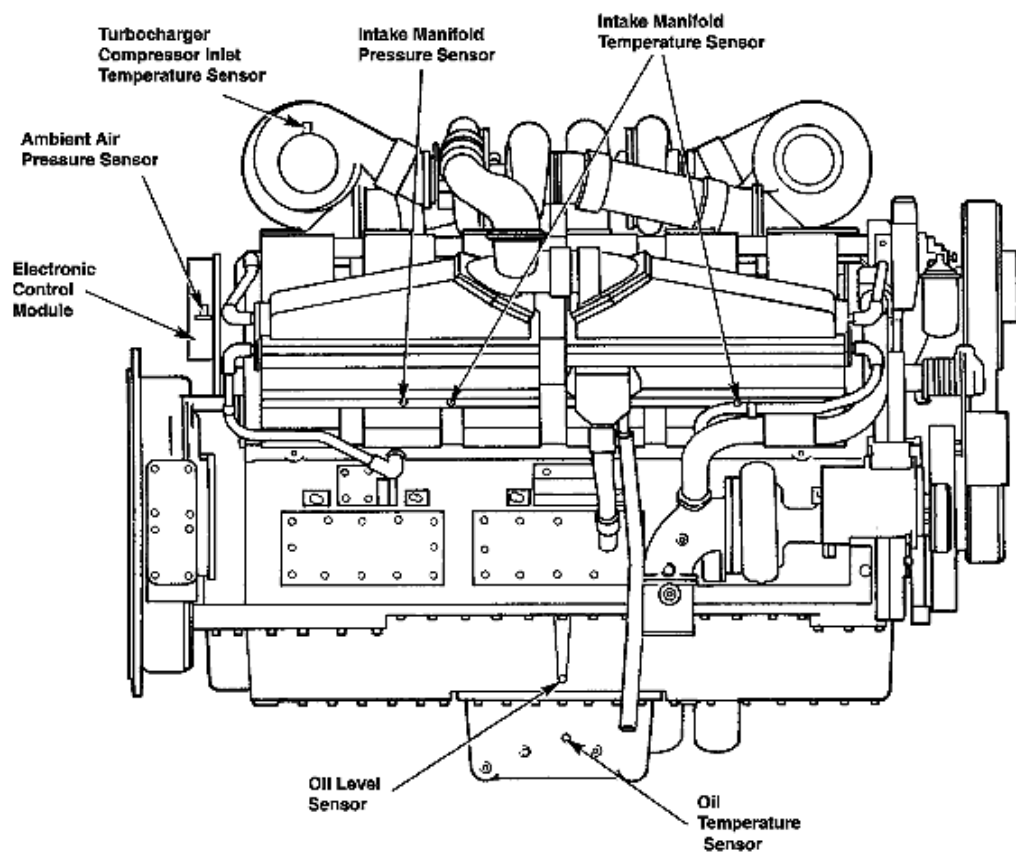
- Ross, T. **Fuzzy Logic with Engineering Applications** (second ed.), Wiley, 2004.
- Sanz J.; Perera R.; Huerta C. **Fault diagnosis of Rotating Machinery based on Auto-Associative Neural Networks and Wavelet transforms.** Journal of Sound and Vibration, n. 302, p. 981-999, 2007.
- Sharma, A. B.; Golubchik, L.; Govindan, R. **Sensor faults: Detection methods and prevalence in real-world datasets.** ACM Trans. Sensor Netw. 6, 3, Article 23, 39 paginas, 2010
- Silva, I.; Spatti, D.; Flauzino, R. **Redes Neurais Artificiais para Engenharia e Ciências Aplicadas- Curso Prático.** ArtLiber, São Paulo, 2010.
- Simani, C.; Fantuzzi, S. Beghelli. **Diagnosis techniques for sensor faults of industrial processes.** IEEE Trans. Contr. Syst. Technol, n. 8, p. 848. 2000.
- Singh, H. **Development and Implementation of an Artificially Intelligent Search Algorithm for Sensor fault Detection using Neural Networks.** Master of Science. Thesis, Texas A&M University, USA, 2004.
- Tanscheit, R.; Gomide, F.; Minhoto, M. **Modelagem e Controle Nebuloso.** Enciclopédia de Automática: Controle e Automação, v. 2, p. 283-324, Blucher, São Paulo, 2007.
- Taymanov, R.; Sapozhnikova, K. **Problems of Terminology improvement in Metrology.** Proc. of the XIX IMEKO World Congress Fundamental and Applied Metrology, Lisbon, Portugal, 2009.
- Tian, G.Y.; Zhao, Z.X.; Baines R.W. **A Fielbus-based intelligent sensor. Mechatronics,** n. 10, p. 835-849, 1999.
- Theilliol, D.; Noura, H.; Ponsart J. **Fault Diagnosis and Accommodation of a Three-Tank System based on Analytical Redundancy.** The Instrumentation, Systems, and Automation Society (ISA). V. 41, n. 3, p. 365-382, 2002.
- Osowski, S.; Linh, T.; Brudzewski, K. **Neuro Fuzzy TSK Network for Calibration of Semiconductor Sensor Array for Gas Measurement.** Proc. of the IEEE Transactions on Instrumentation and Measurements, n. 53,p. 3, 2004
- Upadhyaya, B. R. e Eryurek, E. **Application of Neural Networks for Sensor Validation and Plant Monitoring. Nuclear Technology.** n. 97, p.170-176, 1992
- Wang, S.; Xiao, F. **AHU sensor fault diagnosis using pricipal component analysis method.** Energy & Buildings v. 36, n. 2, p. 147-160, 2004.

- Wrest D.; Hines W.; Uhrig R. **Instrument Surveillance and Calibration Verification through Plant Wide Monitoring Using Autoassociative Neural Networks**. University of Tenn-Knoxville, USA, 1996.
- Witten, I.; Eibe, F. **Data Mining Practical Machine Learning Tool and Techniques**. Elsevier. Morgan Kaufman, 2005.
- Xiao X; Hines, J.W.; Uhrig, R. E. **Online Sensor Calibration Monitoring and Fault Detection for Chemical Processes**. Maintenance and Reliability Center. University of Tennessee, USA, 1998.

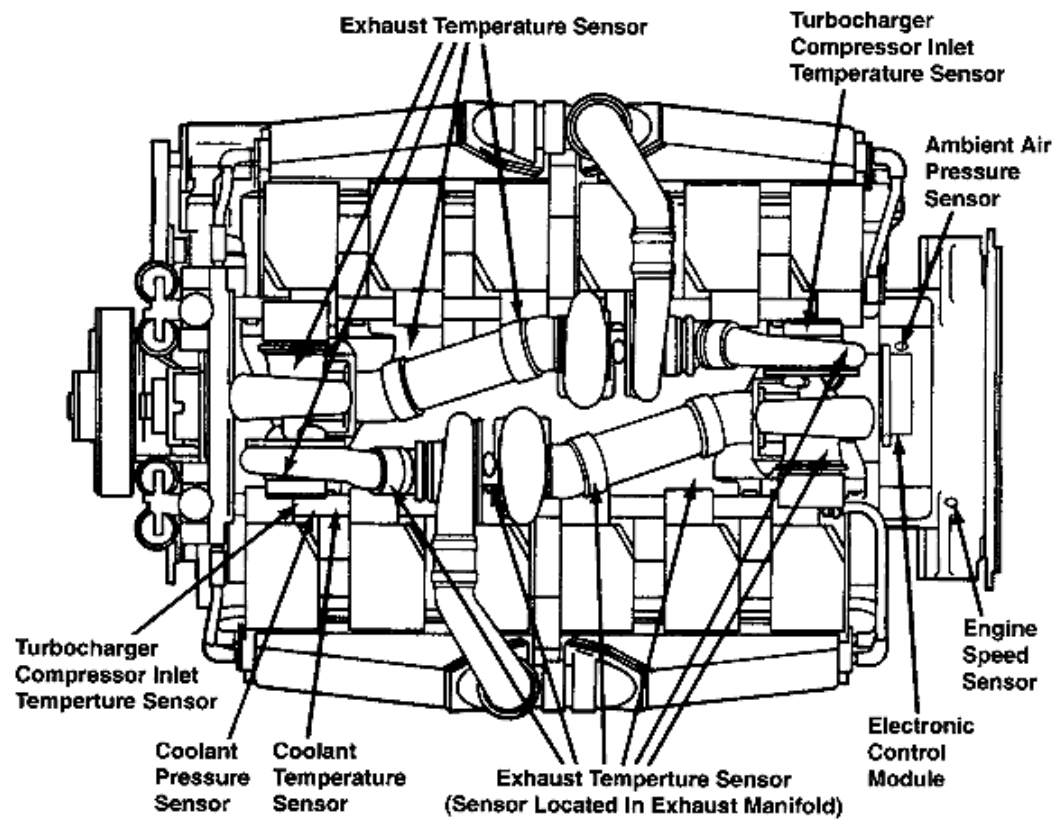
**ANEXO 1****Vista Esquerda do Motor**

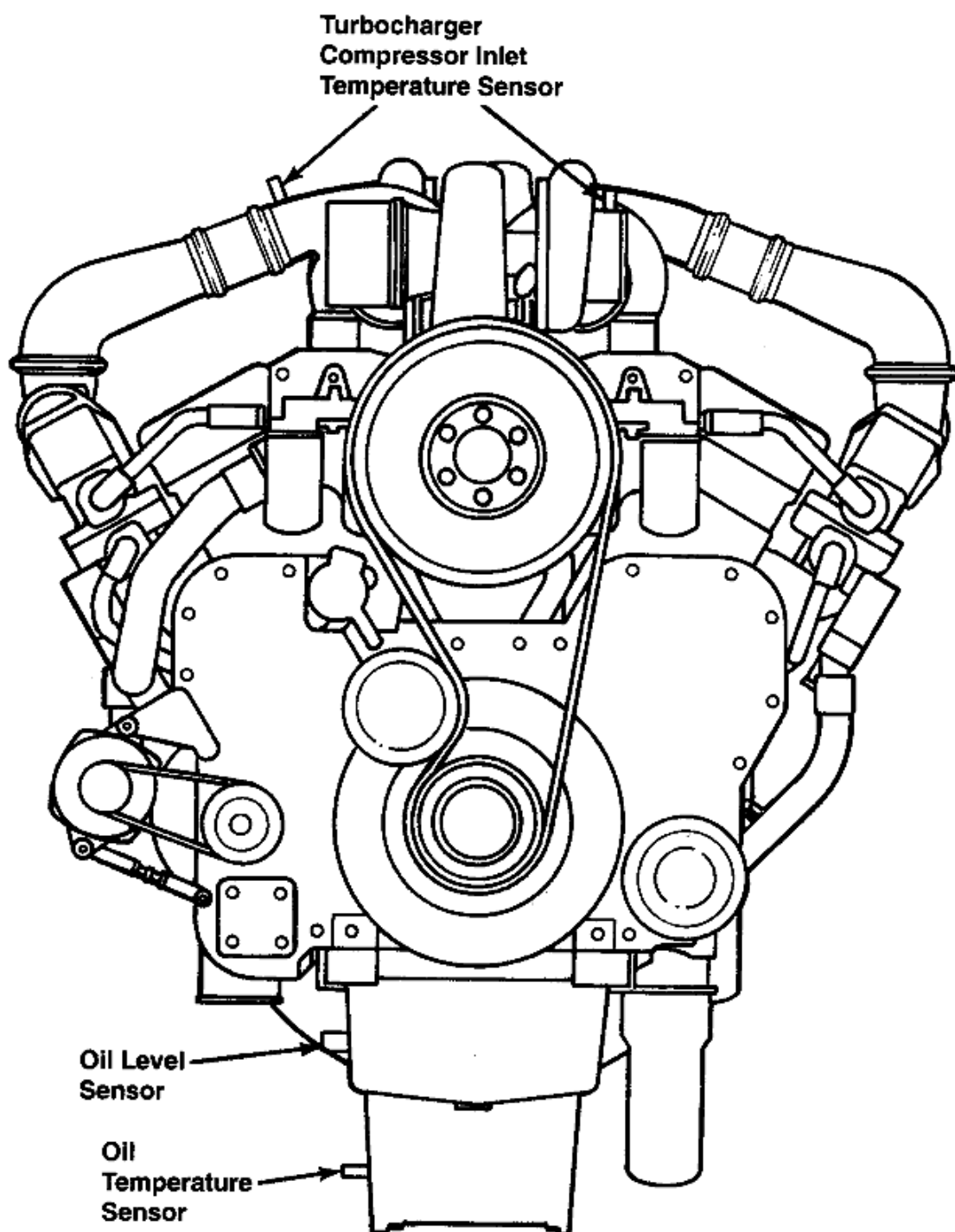


### Vista Direita do Motor

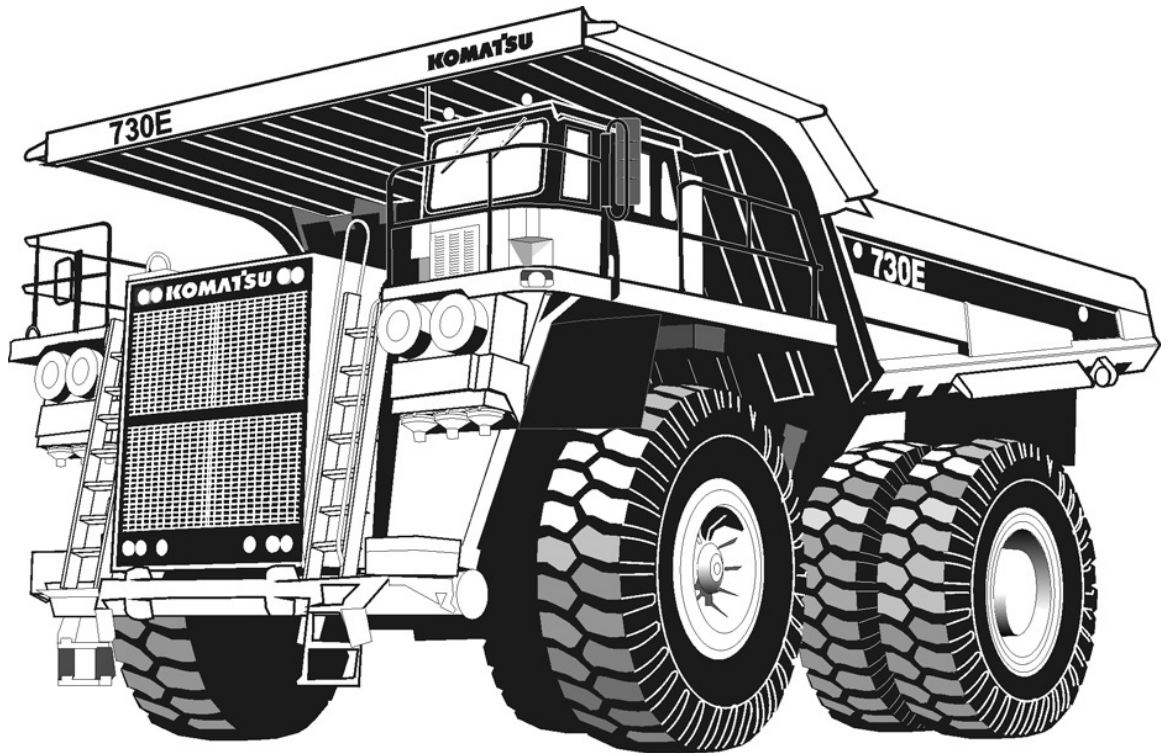


### Vista Superior do Motor



**Vista Frontal do Motor**

**Figura do Caminhão da Mina Barrick - Peru**



**ANEXO 2****Correlações entre os 16 sensores de Temperatura**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1,00	0,87	0,87	0,87	0,82	0,86	0,84	0,86	0,85	0,93	0,92	0,87	0,91	0,82	0,90	0,89
2	0,87	1,00	0,88	0,89	0,86	0,88	0,87	0,87	0,87	0,86	0,85	0,82	0,85	0,85	0,85	0,84
3	0,87	0,88	1,00	0,89	0,86	0,89	0,88	0,88	0,88	0,87	0,87	0,83	0,86	0,87	0,85	0,85
4	0,87	0,89	0,89	1,00	0,86	0,88	0,87	0,87	0,87	0,86	0,85	0,92	0,85	0,85	0,84	0,93
5	0,82	0,86	0,86	0,86	1,00	0,96	0,97	0,82	0,85	0,88	0,87	0,88	0,88	0,84	0,87	0,84
6	0,86	0,88	0,89	0,88	0,96	1,00	0,98	0,88	0,88	0,87	0,87	0,83	0,86	0,87	0,86	0,85
7	0,84	0,87	0,88	0,87	0,97	0,98	1,00	0,87	0,88	0,88	0,89	0,86	0,88	0,88	0,88	0,87
8	0,86	0,87	0,88	0,87	0,82	0,88	0,87	1,00	0,88	0,85	0,86	0,80	0,84	0,87	0,84	0,85
9	0,85	0,87	0,88	0,87	0,85	0,88	0,88	0,88	1,00	0,88	0,88	0,85	0,87	0,88	0,87	0,87
10	0,93	0,86	0,87	0,86	0,88	0,87	0,88	0,85	0,88	1,00	0,89	0,88	0,89	0,88	0,89	0,88
11	0,92	0,85	0,87	0,85	0,87	0,87	0,89	0,86	0,88	0,89	1,00	0,88	0,89	0,89	0,89	0,88
12	0,87	0,82	0,83	0,92	0,88	0,83	0,86	0,80	0,85	0,88	0,88	1,00	0,89	0,85	0,88	0,86
13	0,91	0,85	0,86	0,85	0,88	0,86	0,88	0,84	0,87	0,89	0,89	0,89	1,00	0,88	1,00	0,88
14	0,82	0,85	0,87	0,85	0,84	0,87	0,88	0,87	0,88	0,88	0,89	0,85	0,88	1,00	0,88	0,88
15	0,90	0,85	0,85	0,84	0,87	0,86	0,88	0,84	0,87	0,89	0,89	0,88	1,00	0,88	1,00	0,88
16	0,89	0,84	0,85	0,93	0,84	0,85	0,87	0,85	0,87	0,88	0,88	0,86	0,88	0,88	0,88	1,00

Nº	Sensores do Grupo 1
1	Temperatura de escape cilindro 1LB
2	Temperatura de escape cilindro 1RB
3	Temperatura de escape cilindro 2LB
4	Temperatura de escape cilindro 2RB
5	Temperatura de escape cilindro 3LB
6	Temperatura de escape cilindro 3RB
7	Temperatura de escape cilindro 4LB
8	Temperatura de escape cilindro 4RB

Nº	Sensores do Grupo 1
9	Temperatura de escape cilindro 5LB
10	Temperatura de escape cilindro 5RB
11	Temperatura de escape cilindro 6LB
12	Temperatura de escape cilindro 6RB
13	Temperatura de escape cilindro 7LB
14	Temperatura de escape cilindro 7RB
15	Temperatura de escape cilindro 8LB
16	Temperatura de escape cilindro 8RB

**Correlações Grupo 2**

	1	2	3	4	5	6	7
1	1,00	0,99	0,67	0,35	0,68	0,56	0,10
2	0,99	1,00	0,66	0,34	0,67	0,55	0,11
3	0,67	0,66	1,00	0,84	0,98	0,96	-0,28
4	0,35	0,34	0,84	1,00	0,78	0,90	-0,59
5	0,68	0,67	0,98	0,78	1,00	0,96	-0,18
6	0,56	0,55	0,96	0,90	0,96	1,00	-0,33
7	0,10	0,11	-0,28	-0,59	-0,18	-0,33	1,00

Nº	Sensores Grupo 2
1	P. do ar na saída do turbo de alta esquerdo
2	P. do ar na saída do turbo de alta direito
3	Temperatura do ar no <i>aftercooler</i> de frente esquerdo
4	Temperatura do ar no <i>aftercooler</i> posterior esquerdo
5	Temperatura do ar no <i>aftercooler</i> de frente direito
6	Temperatura do ar no <i>aftercooler</i> posterior direito
7	Pressão do refrigerante motor

**Correlações do Grupo 3**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,000	0,337	-0,164	-0,167	-0,045	0,126	0,316	-0,144	-0,004
2	0,337	1,000	0,135	0,132	0,090	-0,079	-0,184	-0,359	-0,079
3	-0,164	0,135	1,000	0,997	0,469	-0,943	-0,746	-0,307	-0,443
4	-0,167	0,132	0,997	1,000	0,396	-0,946	-0,749	-0,312	-0,441
5	-0,045	0,090	0,469	0,396	1,000	-0,381	-0,288	-0,080	-0,219
6	0,126	-0,079	-0,943	-0,946	-0,381	1,000	0,655	0,349	0,468
7	0,316	-0,184	-0,746	-0,749	-0,288	0,655	1,000	0,125	0,141
8	-0,144	-0,359	-0,307	-0,312	-0,080	0,349	0,125	1,000	0,339
9	-0,004	-0,079	-0,443	-0,441	-0,219	0,468	0,141	0,339	1,000

Nº	Sensores Grupo 3
1	Pressão no combustível ferroviário
2	Temperatura do aceite motor
3	Pressão do aceite no motor á entrada do filtro
4	Pressão do aceite motor á saída do filtro
5	P. diferencial devido aos filtros de aceite
6	Pressão de gases no cárter
7	Temperatura do refrigerante motor
8	Temperatura da entrada de ar no Compressor
9	Temperatura do ECM do motor