

8. Referências bibliográficas

Aas-Jakobsen K. **Fatigue of concrete beams and columns**. Bulletin nº 70-1, NHT Institutt for Betongkonstruksjoner: 148p.; Trondheim, Noruega; 1970.

Accetti K. M., Pinheiro L. M. **Tipos de fibras e propriedades do concreto com fibras**. 42º Congresso Brasileiro do Concreto – IBRACON, IIA-25: Fortaleza, Brasil; 2000.

Aguado A., Laranjeira F. **Presentación del anejo de hormigón con fibras de la EHE y ecuación constitutiva del hormigón con fibras**. Jornada sobre Aplicaciones Estructurales de Hormigón con Fibras: p. 1-32; Barcelona, Espanha; 2007.

Akçay B., Tasdemir M. A. **Mechanical behaviour and fibre dispersion of hybrid steel fibre reinforced self-compacting concrete**. Construction and Building Materials, 28: p. 287-293; 2012.

American Concrete Institute, **ACI 211.3R-75, Standard Practice for Selecting Proportions for No-Slump Concrete**. 19 p., Detroit; 2002.

_____ **ACI 215R-74, Considerations for Design of Concrete Structures Subjected to Fatigue Loading**. 25 p., Detroit; 1992.

_____ **ACI 544.1R-96, State-of-the-art Report on fiber reinforced concrete**. Manual of concrete Practice: 66 p., Detroit; 2006.

_____ **ACI 544.2R-89, Measurement of properties of Fiber Reinforced Concrete**. Manual of concrete Practice: 12 p., Detroit; 2006.

_____ **ACI 544.3R-93, Guide for Specifying, Proportioning, Mixing, Placing and Finishing Steel Fiber Reinforced Concrete**. 10 p., Detroit; 2006.

_____ **ACI 544.4R-88, Design Considerations for Steel Fiber Reinforced Concrete.** Manual of concrete Practice: 18 p., Detroit; 2006.

American Society for Testing and Materials, **ASTM C39/C39M – 09a. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.** Book of ASTM Standards: 7 p.; 2010.

_____ **ASTM C469 – 02. Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression.** Book of ASTM Standards: 5 p.; 2010.

_____ **ASTM C1018. Standard Test Methods to Flexural Toughness and First Crack Strength of Fiber Reinforced Concrete (Using Beam with Third-Point Loading),** ASTM, Vol. 4.02: p. 637-644; 1997.

_____ **ASTM C1609/C1609M – 10. Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber- Reinforced Concrete (Using Beam with Third-Point Loading).** Book of ASTM Standards: 9 p.; 2005.

Ang A. H. S., Tang W. H. **Probability concepts in engineering planning and design. Decision, risk and reliability.** Volume II: p. 186-235; 1975.

Araújo D. L. **Cisalhamento entre viga e laje pré-moldadas ligadas mediante nichos preenchidos com concreto de alto desempenho.** Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP: 319 p.; São Paulo, Brasil; 2002.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), **NBR-6118. Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento.** 170 p.; Rio de Janeiro, Brasil; 2007.

_____ **NBR-15530. Fibras de Aço para Concretos - Especificação.** 7 p.; Rio de Janeiro, Brasil; 2007.

Awad M. E., Hilsdorf H. K. **Strength and deformation characteristics of plain concrete subjected to hig repeated and sustained loads.** Civil Engineering Studies, Structural Research Series No. 372: Department of Civil Engineering, University of Illinois: 266 p.; Urbana, USA; 1971.

Bajaj V., Singh S. P., Singh A. P. **Flexural fatigue analysis of fibre-reinforced concrete**. Magazine of Concrete Research, 64(4): p. 361-373; 2012.

Balaguru P. N., Shah S. P. **Fiber-Reinforced Cement Composites**. McGraw-Hill International Editions. 530 p.; 1992.

Balbo J. T., Severi A. A. **Thermal gradients in concrete pavements in tropical environment: an experimental appraisal**. Journal of the Transportation Research Board, TRB 1809: p. 12-22; Washington, D.C.; 2002.

Banthia N., Trottier J. F. **Test methods for flexural toughness characterization of fiber reinforced concrete: Some concerns and propositions**. ACI Materials Journal, 92(1): p. 48-57; 1995.

Bentur A., Mindess S. **Fiber Reinforced Cementations Composites**. Elsevier Science publishers Ltd, 2nd edition: 603 p.; 2007.

Bischoff P. H., Perry S. H., **Compressive behavior of concrete at high strain rates**. Materials and Structures, 24: p. 425-450; 1991.

Cachim P. B., Figueiras J. A., Pereira P. A. A. **Fatigue behavior of fiber-reinforced concrete in compression**. Cement and Concrete Composites, 24: p. 211-217; 2002.

Callister W. D. J. **Ciência e Engenharia de Materiais. Uma introdução**. 5^a Edição, Editora LTC: 589 p.; Rio de Janeiro, Brasil; 2002.

Castillo E., Fernández-Cantelli A., Ruiz-Ripoll M. L. **A general model for fatigue damage due to any stress history**. International Journal of Fatigue, 30: p. 150-164; 2008.

Castillo E., Fernández-Cantelli A., Koller R., Ruiz-Ripoll M. L. **A statistical fatigue model covering the tension and compression Wöhler fields**. Probabilistic Engineering Mechanics, 24: p. 199-209; 2009.

Castro J. T. P., Meggiolaro M. A. **Fadiga. Técnicas e Práticas de Dimensionamento Estrutural sob Cargas Reais de Serviço. Volume I – Iniciação de Trincas.** 1ª edição: 466 p.; Rio de Janeiro, Brasil; 2009.

Cervo T. C. **Estudo da resistência à fadiga de concretos de cimento Portland para pavimentação.** Tese de doutorado, Universidade Politécnica de São Paulo: 220 p.; São Paulo, Brasil; 2004.

Comité Euro-International du Béton. **Fatigue of concrete structures.** Bulletin d'information nº 188: p. 85-142; Viena, Áustria; 1988.

Cook D. J., Chindapasirt P. **Influence of loading history upon the compressive properties of concrete.** Magazine of Concrete Research, 32(111): p. 89-100; 1980.

Cook D. J., Chindapasirt P. **Influence of loading history upon the tensile properties of concrete.** Magazine of Concrete Research, 33(116): p. 154-160; 1981.

Cornellissen H. A. W. **Fatigue failure of concrete in tension.** Heron, 29(4): 67 p., Holanda; 1984.

Cornelissen H. A. W., Leewis M. **Fatigue experiments for the design of plain concrete pavements.** Workshop on Theoretical Design of Concrete Pavements, CROW-PIARC-CEMBUREAU, Report 1: 10 p.; Epen, Holanda; 1986.

Crepaldi A. A. P., Djanikian J. G. **Contribuição ao estudo da fadiga do concreto.** Boletim Técnico BT/PCC/276, EPUSP: 19 p.; São Paulo, Brasil; 2001.

Domenichini L., Di Mascio P. **Procedure for JPCP thickness design in Italy.** 2nd International Workshop on the Theoretical Design of Concrete Pavements, CROW-PIARC-CEMBUREAU: p. 312-330; Sigüenza, Espanha; 1990.

Ferrari V. J., Hanai J. B. **Desenvolvimento e análise de compósitos cimentícios híbridos de alto desempenho.** Revista Ibracon de Estruturas e Materiais, 2(3): p. 262-270; 2009.

Figueiredo A. D. **Concreto com fibras de aço**. Boletim Técnico BT/PCC/260, EPUSP: 68 p.; São Paulo, Brasil; 2000.

Figueiredo A. D., Tanesi J., Nince A. A. **Concreto com fibras de polipropileno**. Técnica, 10: 66 p.; São Paulo, Brasil; 2002.

Furtak K. **Ein verfahren zur berechnung der betonfestigkeit unter schwellenden belastungen** (Um método de cálculo da resistência do concreto sob cargas cíclicas (em alemão)). Cement and Concrete Research, 14: p. 885-865; 1984.

Gettu R., Gardner D. R., Saldívar H., Barragán B. E. **Study of the distribution and orientation of fibers in SFRC specimens**. Materials and Structures, 38: p. 31-37; 2005.

Goel S., Singh S. P., Singh P. **Flexural fatigue strength and failure probability of self compacting fibre reinforced concrete beams**. Engineering Structures, 40: p. 131-140; 2012.

Gonçalves R. **Análise de propagação de fissuras por fadiga em concreto pelo mef mediante a mecânica do dano contínuo**. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP: 116 p.; São Paulo, Brasil; 2003.

Granju J., Balouch S. U. **Corrosion of steel fibre reinforced concrete from the cracks**. Cement and Concrete Research, 35(3): p. 572-577; 2005.

Grzybowski M., Meyer C. **Damage accumulation in concrete with and without fiber reinforcement**. ACI Materials Journal, 90: p. 594-604; 1993.

Hanson J. M. **Considerations for design of concrete structures subjected to fatigue loading**. ACI Journal, 71(3): p. 97-120; 1974.

Heeralal M., Kumar P. R., Rao Y. V. **Flexural fatigue characteristics of steel fiber reinforced recycles aggregate concrete (SFRRAC)**. Series: Architecture and Civil Engineering. FACTA Universitatis, 7(1): p. 19-33; 2009.

Helene P. R. L., **Corrosão em armaduras para concreto armado**. IPT, PINI: 45 p.; São Paulo, Brasil; 1996.

Hohberg R. **Zum ermüdungsverhalten von beton** (O comportamento do concreto à fadiga (em alemão)). Tese de Doutorado, Universidade Técnica de Berlim: 97 p., Alemanha; 2004.

Holmen J. O. **Fatigue of concrete by constant and variable amplitude loading**. Tese de Doutorado, University of Trondheim: 218 p., Noruega; 1979.

Hordijk D. A., Wolsink G. M., de Vries J. **Fracture and fatigue behavior of high strength limestone concrete as compared to gravel concrete**. Heron, 40(2): p. 125-146, Holanda; 1995.

Hsu T. C. **Fatigue of plain concrete**. ACI Journal, 78: p. 292-304; 1981.

Iwama S., Fukuda T. **Design method and researches of concrete pavements in Japan**. Workshop on Theoretical Design of Concrete Pavements, CROW-PIARC-CEMBUREAU: 16 p.; Epen, Holanda; 1986.

Jansen A. **Research to fatigue behaviour of topping on prefabricated concrete girders**. Dissertação de Mestrado, Delft University of Technology: 128 p., Holanda; 1996.

Johnston C. D. **Fibre-reinforced cement and concrete**. VM. Malhorta. Advances in concrete technology, 2nd edition: p. 603-673; Ottawa, Canadá; 1994.

Japan Society of Civil Engineers. **JSCE-SF4. Method of tests for flexural strength and flexural toughness of steel fiber reinforced concrete**. p. 58-66; 1984.

Kim J., Kim Y. **Experimental study of the fatigue behaviour of high strength concrete**. Cement and Concrete Research, 26(10): p. 1513-1523; 1996.

Klaiber F. W., Lee D. Y. **Effects of air content, water-cement ratio and aggregate type on the flexural fatigue strength of plain concrete**. ACI Journal, Special Publication, 75(5): p. 111-132; 1982.

Kooimann A. G. **Modeling steel fibre reinforced concrete for structural design**. Tese de doutorado, Delft University of Technology: 170 p., Holanda; 2000.

Koyanagawa M., Yoneya H., Kokubu K. **Evaluation of reliability of concrete pavement in consideration of fatigue properties**. 3rd International Workshop on the Design and Evaluation of Concrete Pavements, CROW - PIARC – CEMBUREAU: p. 207-216; Krumbach, Alemanha; 1994.

Lai C. D., Pra Murphy D. N., Xie M. **Springer Handbook of Engineering Statistics**. Hoang Pham edition: p. 63-76; 2006.

Lappa E. S., Braam C. R., Walraven J. C. **Bending performance of high strength steel fibre reinforced concrete: static and fatigue load condition**. Measuring, Monitoring and Modeling Concrete Properties: p. 113-138, 2006.

Lee M. K., Barr B. I. G. **An overview of the fatigue behavior of plain and fibre reinforced concrete**. Cement and Concrete Composites, 26: p. 299-305; 2004.

Li H., Zhang M. H., Ou J. P. **Flexural fatigue performance of concrete containing nano-particles for pavement**. International Journal of Fatigue, 29: p. 1291-1301; 2007.

Li V. C., Matsumoto T. **Fatigue crack growth analysis of fiber reinforced concrete with effect of interfacial bond degradation**. Cement and Concrete Composites, 20: p. 339-351; 1998.

Maggi P. L. O. **Comportamento de pavimentos de concreto estruturalmente armados sob carregamentos estáticos e repetidos**. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP: 205 p.; São Paulo, Brasil; 2004.

Mailhot T., Bissonnette B., Saucier P., Pigeon M. **Flexural fatigue behavior of steel fibre reinforced concrete before and after cracking**. Materials and Structures, 34: p. 351-359; 2001.

Mansur M. A., Chin M. S., Wee T. H. **Stress-strain relationship of high-strength fiber concrete in compression**. Journal of Materials in Civil Engineering, 11(1): p. 21-29; 1999.

Marangon E. **Caracterização material e estrutural de concretos autoadensáveis reforçados com fibras de aço**. Tese de doutorado, COPPE/UFRJ: 309 p.; Rio de Janeiro, Brasil; 2011.

Mehta K., Monteiro P. J. M. **Concreto. Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 3ª Ed, IBRACON: 674 p.; São Paulo, Brasil; 2008.

Meneghetti L. C. **Análise do comportamento à fadiga de vigas de concreto armado reforçadas com PRF de vidro, carbono e aramida**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul: 277 p.; Porto Alegre, Brasil; 2007.

Milenkovic A., Pluis M. **Fatigue of normal weight concrete and lightweight concrete**. EuroLightCon: Economic Design and Contrutcion with Light Weight Aggregate Concrete. Document BE96-3942/R34: 72 p.; 2000.

Mindess S., Young J. F., Darwin D. **Concrete**. 2nd editon. Prentice Hall: 644p.; 2002.

Naaman A. E., Fischer G., Krstulovic-Opara N. **Measurement of tensile properties of fiber reinforced concrete**: High Performance Fiber Reinforced Cement Composites, HPRFRC-5: p. 2-13; Mainz, Germany; 2007.

Naaman A. E., Hammoud H. **Fatigue characteristics of high performance concrete**. Cement and Concrete Composites, 20: p. 353-363; 1998.

Nicolaidis D., Kanellopoulos A. Karihaloo B. L. **Fatigue life and self-volumetric changes of CARDIFRC**. Magazine of Concrete Research, 62(9): p. 679-683; 2010.

Nunes G. T. N. **Análise experimental de vigas de concreto reforçado com fibras de aço submetidas a esforços de cisalhamento**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás: 219 p.; Goiânia, Brasil; 2006.

Oh B. H. **Fatigue-life distributions of concrete for various stress levels.** ACI Materials Journal, 88(2): p. 122-128; 1991.

Oliveira C. A. S. **Avaliação da redução de armadura mínima de flexão em vigas de concreto armado com adição de fibras de aço.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás: 234 p.; Goiânia, Brasil; 2007.

Oliveira S. L. **Taxa de armadura longitudinal mínima em vigas de concreto de alta resistência com fibras de aço.** Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ: 115 p.; Rio de Janeiro, Brasil; 2005.

Paskova T. **Low-cycle fatigue and damage mechanics of concrete with and without fiber reinforcement.** PhD Thesis, Columbia University: 150 p.; New York, USA; 1994.

Paskova T., Meyer C. **Low-cycle fatigue of plain and fiber-reinforced concrete.** ACI Materials Journal, 94: p. 273-285; 1997.

Przybilla C., Fernández-Cantelli A., Castillo E. **Deriving the primary cumulative distributive function of fracture stress for brittle materials from 3- and 4-point bending tests.** Journal of the European Ceramic Society, 31: p. 451-460; 2011.

Raithby K. D., Galloway J. W. **Effects of moisture condition, age, and rate of loading on fatigue of plain concrete.** ABELES Symposium: Fatigue of Concrete. ACI Publication, 41: p. 15-34; Hollywood, USA; 1974.

Raue E., Tartsch E. **Experimental results of fatigue and sustained load tests on autoclaved aerated concrete.** Journal of civil engineering and management, XI: p. 121-127; 2005.

Reinhardt H. W., **Simple relations for the strain rate influence of concrete.** König G., Reinhardt H. W., Walraven J. C. editors. Annual journal of concrete and concrete structures. Institut fuer Massivbau, Universidade Técnica de Darmstadt: p. 203-211; Darmstadt, Alemanha; 1987.

RILEM TC 162-TDF. **Test and Design Methods for Steel Fiber Reinforced Concrete: Bending Test - Final Recommendation.** Materials and Structures, 35(9): p. 579-582; 2002.

Rodrigues A. J. **Comportamento de vigas de concreto com fibras e baixas taxas de armadura longitudinal.** Dissertação de mestrado, COPPE/UFRJ: 149 p.; Rio de Janeiro, Brasil; 2009.

Rodrigues P. P. F., Montardo J. P. **A influência da adição de fibras de polipropileno nas propriedades dos concretos para pisos e pavimentos.** 44º Congresso Brasileiro do Concreto – IBRACON, Belo Horizonte: 16 p., Brasil; 2002.

Rossi P., Parant E. **Damage mechanisms analysis of multi-scale fibre reinforced cement-based composite subject to impact and fatigue loading.** Cement and Concrete Research, 38: p. 413-421; 2008.

Ross S. M. **Introduction to probability and statics for engineers and scientists.** 3rd edition. University of California: 641 p., 2004.

Rüsch H. **Researches toward a general flexural theory for structural concrete.** ACI Journal, 57(1): p. 1-28; 1960.

Saucedo L., Yu R. C., Medeiros A., Zhang X. X., Ruiz G. **A probabilistic fatigue model based on the initial distribution to consider frequency effect in plain and fiber reinforced concrete.** International Journal of Fatigue, 48: p. 308-318; 2013.

Schäffer A. **Verificação de seções de concreto armado solicitadas por flexão composta à fadiga.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul: 115 p.; Porto Alegre, Brasil; 2002.

Schumaker P. **Rotation capacity of self-compacting steel fiber reinforced concrete.** Tese de Doutorado, Delft University of Technology: 238 p., Holanda; 2006.

Serna P. **Recientes ejemplos estructurales de aplicación de hormigón de fibras**. Jornada sobre Aplicaciones Estructurales de Hormigón con Fibras: p. 33-48; Barcelona, Espanha; 2007.

Siemes A. J. M. **Fatigue evaluation of concrete structures – Preliminary studies, procedure and examples**. Heron, 33(3): 75 p., Holanda; 1988.

Silva Filho J. N. **Análise experimental de vigas “T” em concreto armado reforçadas à flexão com FRP submetidas a carregamentos pseudo-estáticos e cíclicos**. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília: 308 p.; Brasília, Brasil; 2005.

Sparks P. R. **Influence of rate of loading and material variability on the fatigue characteristics of concrete**. ACI Journal, Special Publication: 75(16): p. 331-342; 1982.

Sparks P. R., Menzies J. B. **The effect of rate of loading upon the static and fatigue strengths of plain concrete in compression**. Magazine of concrete research, 25(83): p. 73-80; 1973.

Stet M. J. A., Frénay J. **Fatigue properties of plain concrete**. 8th International Symposium on Concrete Roads. AIPCR-CEMBUREAU, Theme I: p. 129-136; Lisboa, Portugal; 1998.

Taylor G. D. **Materials in Construction**. Longman Scientific and Technical, 2nd ed: 284 p., Londres; 1994.

Tepfers R., Kutti T. **Fatigue strength of plain, ordinary and lightweight concrete**. ACI Journal, 76(29): p. 635-652; 1979.

Tepfers R. **Fatigue of plain concrete subjected to stress reversals**. ACI Journal, Special Publication, 75(9): p. 195-215; 1982.

Thomas J., Ramaswamy A. **Mechanical properties of steel fiber-reinforced concrete**. Journal of Materials in Civil Engineering, 19(5): p. 385-392; 2007.

UNE-EN 12350-2. **Ensayo de hormigón fresco. Parte 2: Ensayo de asentamiento.** AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación: 12 p., Espanha; 2009.

UNE-EN 14651. **Método de ensayo para hormigón con fibras metálicas. Determinación de la resistencia a la tracción por flexión (límite de proporcionalidad (LOP), resistencia residual.** AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación: 17 p., Espanha; 2007.

Vandewalle L. **Reconstruction of urban highways.** 8th International Symposium on Concrete Roads. AIPCR-CEMBUREAU, Theme IV: p. 259-263; Lisboa, Portugal; 1998.

Vasconcelos R. E. **Fatura do concreto reforçado com fibras de aço e de polipropileno em meio normal e agressivo.** Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas: 181 p.; Campinas, Brasil; 2012.

Vegt K. B., Weerheijm J. **Failure mechanism of concrete under impact loading.** Proceedings of the 6th international conference on fracture mechanics of concrete and concrete structures. Volume 1: New Trends in Fracture Mechanics of Concrete: p. 579-587; Catania, Itália; 2007.

Weibull W. **A statistical distribution function of the strength of materials.** Ingeniörs Vetenskaps Akademiens Handlingar, 151: 45 p.; Estocolmo, Suécia; 1939.

Weibull W. **A statistical distribution function of wide applicability.** ASME Journal of Applied Mechanics, 18: p. 293-297; 1951.

Williams H. A. **Fatigue of lightweight aggregate concrete beams.** ACI Journal, 39: p. 441-448; 1943.

Wu K. R., Chen B., Yao W., Zhang D. **Effect of coarse aggregate type on mechanical properties of high-performance concrete.** Cement and Concrete Research: 31(10): p 1421-1425; 2001.

Yazici S., Inan G., Tabak V. **Effect of aspect ratio and volume fraction of steel fiber on the mechanical properties of SFRC**. Construction and Building Materials, 21(6): p. 1250-1253; 2007.

Yin W., Hsu T. T. C. **Fatigue behavior of steel fiber reinforced concrete in uniaxial and biaxial compression**. ACI Materials Journal, 92: p. 1-11; 1995.

Zhang B., Phillips D. V., Wu K. **Effect of loading frequency and stress reversal of fatigue life of plain concrete**. Magazine of Concrete Research, 48(177): p. 361-375; 1996.

Zhang B., Phillips D. V., Wu K. **Further research on fatigue properties of plain concrete**. Magazine of Concrete Research, 49(78): p. 241-252; 1997.

Zhang H., Tian K. **Properties and mechanism on flexural fatigue of polypropylene fiber reinforced concrete containing slag**. Journal of Wuhan University of Technology-Mater Sci. Ed., 36(3): p. 533-540; 2011.

Zhang X. X., Ruiz G., Yu R. C., Poveda E. and Porrás R. **Rate effect on the mechanical properties of eight types of high-strength concrete and comparison with FIB MC2010**. Construction and Building Materials, 30: p. 301-308; 2012.

Zhao D. F., Chang Q. Y., Yang J. H., Song Y. P. **A new model for fatigue life distribution of concrete**. Key Engineering Materials, 348-349: p. 201-204; 2007.

Anexo A

Neste Anexo A apresentam-se as fichas comerciais das fibras de polipropileno e de aço utilizadas neste trabalho.

A ficha comercial das fibras de polipropileno descreve fibras de 30 mm e 40 mm de comprimento, porém neste trabalho foram utilizadas apenas as fibras de 40 mm de comprimento.



GRAMINFLEX PE30/PE40

The Polypropylene fiber hooked by the two ends for the concrete.

Description

GRAMINFLEX PE30 and PE40, is a two end hooked Polypropylene fiber which provides high elasticity on concrete, bending strength, impact resistance, reinforcement function.

Areas of Use

- Ground concrete
- Especially Shotcrete
- Concretes effected by acids
- Pumped concrete
- Tunnels
- Especially in the external field concretes subjected to reinforcement corrosion.

Properties

- Stainless
- High resistance to alkali
- Provides a higher density to concrete.
- Increases impact and tensile strength of concrete.
- High resistance to dynamic loads and fatigue.
- High flexural strength.
- Prevents the cracking and the spread.
- Water-repellent properties.
- Resistant to chemicals such as acid juices, salt, chlorine, and micro-organisms.
- Provides the perfect blend in concrete.
- In shotcrete machines, does not wear of like steel fibers.
- In shotcrete minimizes the fiber loss.
- Thanks to wave-curved and hooked by the two ends, fibers provide maximum anchorage.

Technical Data

Fiber lenght	GRAMINFLEX PPE30 ; 30mm GRAMINFLEX PPE40 ; 40mm
Fiber thickness	0,50 mm
Fiber width	1,00 / 1,30 mm
Density	0,91 gr / cm ³
Tensile strength	600 N / mm ²
Elasticity modulus	3500 Mpa
Flexibility	> % 14
Melting point	253°C
Water retention	% 0,01 – 0,044
Color	Grey

Consumption

4 - 5 kg / m³

Fiber types and sizes according to different use

GRAMINFLEX PE 30

- Shotcrete.
- Industrial floors.

GRAMINFLEX PE 40

- Industrial floors.

Fibers mixing with concrete

In the concrete plant

- Polypropylene fibers are added to the concrete with the other aggregates concrete components.

On the concrete over the transmixer

- Packages should be added slowly to the concrete inside the transmixer interval of 30 seconds.
- After adding the last package, the mixer should be used with the high power during 5 minutes.

Design of Concrete

The following properties of the mixture should be taken to obtain good results from fiber-reinforced concrete.

- Correct granulometric.
- The correct dosage of cement.
- The correct water / cement ratio.
- Curing of concrete.

Adding Polypropylene fibers to the concrete may reduce the workability. Workability loss occurs more of a high dosage and long fibers. To prevent the workability loss and to use concrete mixed with fibers easily, instead of adding more water, super plasticizer materials should be used.

Concrete Slump must be at least 12 cm.

Packaging

GRAMINFLEX PE30 ; In 5kg packages
GRAMINFLEX PE40 ; In 5kg packages.



Technical data sheet

Hooked-end steel fibres

HE 55/35

Dimensions

Wire diameter (d)	0.55 mm (± 0.04 mm)
Fibre length (L)	35.0 mm (+2/-3 mm)
Hook length (l and l')	1 – 4
Hook depth (h and h')	1.80 mm (+1/-0 mm)
Hook angle (α and α')	45° (min. 30°)
Aspect ratio (L/d)	64
Number of the fibre	max. 5% of L'
Hook angle of the fibre	< 30°
Number of fibres per kg	15300
Fibre length per 10 kg	5365 m

Packaging

Available cardboard boxes	
Net weight/box	25 kg
Boxes/palette	48
Weight/palette	1200 kg
The fibres are oriented in one direction	
Palettes are wrapped or welded in a plastic folio	
Available also in big bag of 500 kg	

Miscellaneous

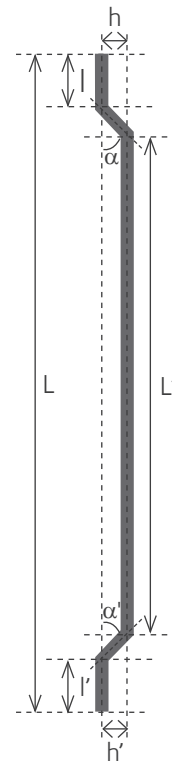
The described fibre is in accordance with the following standards:

- EN 14889-1 type 1, cold-drawn wire
- ASTM A820/A820M-04 type I, cold-drawn wire

All information in this promotional material illustrates products and services in a non final way and invites further technical or commercial explanation. This is not contractual. Copyright ArcelorMittal – February 2010.

Material characteristics

- Tensile strength of drawn wire 1200 N/mm²
- Rod wire C4D or C7D according to EN 10016-2



ArcelorMittal Bissen
WireSolutions

B.P. 16, L-7703 Bissen
T +352 83 57 72 1 | F +352 83 56 98

www.arcelormittal.com/steelfibres



Anexo B

Distribuição estatística de Weibull

Quando uma análise estatística indica que existe um alto grau de variabilidade, essa análise necessita usar modelos que sejam capazes de capturar essa variedade. A distribuição estatística de Weibull é capaz de modelar uma grande variedade de dados por meio dos seus parâmetros de ajuste de escala e forma.

A distribuição de Weibull leva o nome do seu criador, o físico sueco Walodi Weibull que em 1939 utilizou essa distribuição para modelar a resistência de ruptura de materiais dúcteis e frágeis (Weibull, 1939). Posteriormente Weibull (1951) utilizou com sucesso sua distribuição estatística em vários campos de aplicação como: tensão de escoamento do aço, variedade do tamanho da cinza volante, resistência de uma fibra de algodão indiana, vida à fadiga do aço ST-37, altura de homens adultos nascidos nas ilhas britânicas, entre outros.

A distribuição estatística de Weibull é uma função de distribuição cumulativa CDF que pode ser descrita como:

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x-n_0}{\lambda}\right)^k\right], \quad x \geq n_0 \quad \text{eq.(B.1)}$$

onde x é a variável principal, n_0 é o parâmetro de locação, λ é o parâmetro de escala e k é o parâmetro de forma. Quando n_0 é nulo a Equação B.1 se reduz à distribuição de Weibull de dois parâmetros:

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k\right] \quad \text{eq.(B.2)}$$

A função de distribuição cumulativa CDF é definida como a integral da função de densidade de probabilidades PDF. A função de densidade de probabilidades PDF é uma função matemática contínua que tem como objetivo descrever os resultados obtidos em experimentos aleatórios, *i.e.*, representar estatisticamente um experimento qualquer.

Assumindo-se que uma determinada variável aleatória Y tenha um valor x e adotando-se um intervalo de $(x - dx/2)$ até $(x + dx/2)$, a probabilidade dos resultados dos experimentos ficarem contidos nesse intervalo é $f_Y(x)dx$ é a função densidade de probabilidades. A probabilidade da variável Y assumir valores, por exemplo, entre a e b é obtida por:

$$P(a \leq Y \leq b) = \int_a^b f_Y(x)dx \quad \text{eq.(B.3)}$$

Para que uma função matemática $f_Y(x)dx$ seja considerada uma PDF (Figura B.1a) as seguintes condições devem ser satisfeitas:

$$f_Y(x) \geq 0 \quad \text{eq.(B.4)}$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} f_Y(x) dx = 1 \quad \text{eq.(B.5)}$$

$$\int_a^b f_Y(x)dx = P(a \leq Y \leq b) \quad \text{eq.(B.6)}$$

A função de distribuição cumulativa CDF é definida como a integral da função de densidade de probabilidades PDF:

$$F_Y(a) = \int_{-\infty}^a f_Y(x)dx \quad \text{eq.(B.7)}$$

onde $F_Y(a)$ representa a probabilidade da variável aleatória Y assumir valores menores ou iguais a a . Uma CDF (Figura B.1b) deve satisfazer as seguintes condições:

$$F_Y(-\infty) = 0 \quad \text{eq.(B.8)}$$

$$0 \leq F_Y(x) \leq 1 \quad \text{eq.(B.9)}$$

$$F_Y(\infty) = 1 \quad \text{eq.(B.10)}$$

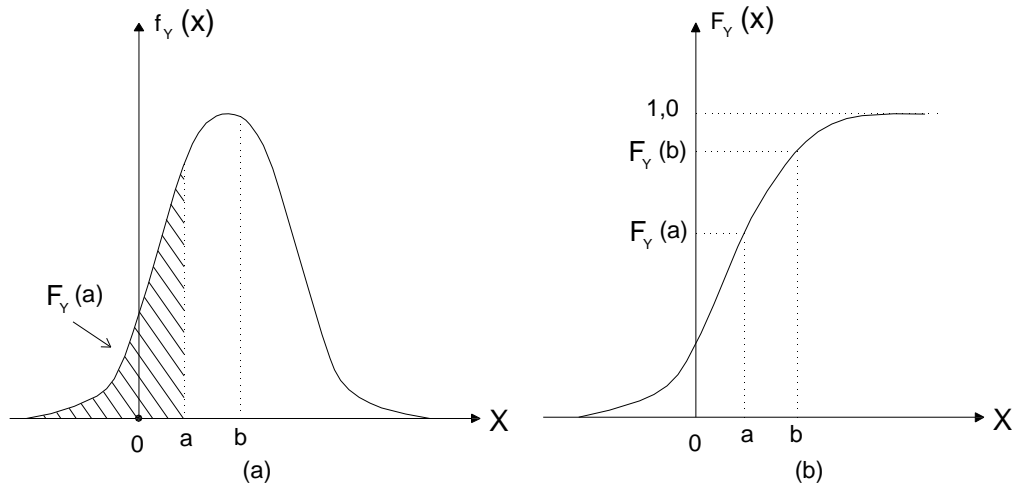


Figura B 1 – (a) Função Densidade de Probabilidades PDF; (b) Função de Distribuição Cumulativa CDF.

A distribuição de Weibull pode ser expressa pelas Equações B.1, B.2 ou B.7, ou ainda pela Figura B.1b. Essa distribuição, ou essa curva, pode ser ajustada a uma série de dados de um experimento qualquer, buscando-se representar nessa curva a distribuição estatística de uma amostra de dados, como ocorreu na validação do modelo probabilístico proposto no capítulo 6. Com os parâmetros de ajuste de Weibull λ , k e n_0 também é possível calcular a média e o desvio padrão de uma amostragem de dados com grande variabilidade, onde a média e desvio padrão têm mais sentido físico, como foi o caso dos valores apresentados nas Figuras 5.8 e 5.9. A média μ_Y é calculada como:

$$\mu_Y = n_0 + \lambda \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad \text{eq.(B.11)}$$

e o desvio padrão σ_Y como:

$$\sigma_Y = \lambda \sqrt{\Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{k}\right)} \quad \text{eq.(B.12)}$$

onde a Função Gama $\Gamma(k)$ é definida por:

$$\Gamma(k) = \int_0^{\infty} \exp(-x) x^{k-1} dx \quad \text{eq.(B.13)}$$