



RELATÓRIO TÉCNICO

Orçamento nº:	Relatório nº:	Data:	Número de páginas:
PRC_FOR_0123	FOR_0123	28/09/2023	9
Finalidade: Análise de desempenho de macrofibra polimérica em concreto de referência.			
Amostra nº: FORTIS		Referência técnica: NBR 16.940:2021	
Cliente: FORTIS – INDÚSTRIA E COMÉRCIO LIMITADA			CNPJ: 50.711.841/0001-85
Endereço: Av. Minasa, nº 25. Galpão B O Cond. Bussines Park Campinas. CEP: 13.180-400. Sumaré - SP.			
Contato: Rafael Falcão		Email: fortisindustria@gmail.com	Fone: (11) 98927-7307

1. IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS

A amostra foi recebida mediante declaração do fabricante e identificada conforme abaixo:

Tabela 1 - Identificação e declaração das amostras.

Identificação Qualimat	Identificação Cliente	Declaração de amostra	Data de recebimento
FOR	MacroFortis 58HC	Macrofibra polimérica	30/08/23



Imagens 1 e 2 - Identificação da amostra. A esquerda como recebida. Direita em detalhe.

2. OBJETIVO

Análise da resistência à tração na flexão, determinação do módulo de ruptura e resistências residuais de concreto reforçado com macrofibra polimérica conforme as determinações da ABNT NBR 16942:2021¹ através do método de ensaio preconizado pela ABNT 16940:2021².

¹ ABNT NBR 16492:2021 - Fibras poliméricas para concreto — Requisitos e métodos de ensaio.

² ABNT NBR 16940:2021 - Concreto reforçado com fibras — Determinação das resistências à tração na flexão (limite de proporcionalidade e resistências residuais) — Método de ensaio.

3. METODOLOGIA

3.1 Preparo e moldagem dos corpos de prova

Para a determinação do desempenho do Concreto Reforçado em conformidade com os documentos normativos, foi adotado o teor de 5,5 kg de **MacroFortis 58HC** por metro cúbico de concreto. Foram preparados e moldados pelo Instituto Qualimat: dois (02) corpos de provas cilíndricos Ø 10 x 20 cm, conforme ABNT NBR 5738:2015³ para determinação da resistência à compressão - NBR 5739:2018⁴ e, oito (8) corpos de provas prismáticos 150 x 150 x 550 mm conforme recomendações constantes no Anexo B da norma NBR 16942:2021 para determinação das resistências à tração na flexão (LOP) e as resistências residuais (fRs) conforme norma NBR 16940:2021. O processo de cura dos corpos de prova seguiu as recomendações da ABNT NBR 5738:2015.

3.1.1 Composição do concreto reforçado com fibras (CRF)

Para produção do concreto reforçado com fibras foi utilizado cimento CP V ARI – Cimento Portland de Alta Resistência Inicial⁵, com teor de argamassa de 52,0% e, a resistência a tração na flexão (LOP) de 4,3 ± 0,3 MPa, conforme a recomendação do Anexo B da norma NBR 16942:2021. Como agregado graúdo foi utilizado brita basáltica tipo 1 com DMC de 19mm. Como agregado miúdo foi adotado areia média quartzosa lavada comercial.



Imagens 3 e 4 - Identificação dos agregados miúdo e graúdo.

A consistência pelo abatimento do tronco de cone foi estabelecida em 12±1 cm em acordo com a tabela B.1 do Anexo B da ABNT NBR 16942:2021 e avaliada conforme ABNT NBR 16889:2020⁶ - Concreto — Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.

³ ABNT NBR 5738:2015 - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.

⁴ ABNT NBR 5739:2018 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.

⁵ ABNT NBR 16697:2018 - Cimento Portland – Requisitos.

⁶ ABNT NBR 16889:2020 - Concreto — Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.



Imagens 5, 6 e 7 – Concreto com fibras (esq), abatimento do tronco de cone (Slump test) e corpos de prova moldados. (dir).

O traço final em massa do compósito foi definido em 1 : 2,31 : 3,06 : 0,48 e os consumos dos materiais por metro cúbico estão apresentados na tabela a seguir.

Tabela 2 – Consumo de materiais por metro cúbico do concreto reforçado com fibra.

Material	Massa (kg)	Procedência
Cimento CP V – ARI	350,44	Cimento Nacional
Agregado miúdo	810,35	JUPE
Agregado graúdo (B1)	1071,49	JUPE
Água	168,21	Rede Pública
Aditivo Poli funcional	0,66% spc	GCPat Concera PUC 8400
Macrofibra	5,50	MacroFortis 58HC

4. RESULTADOS DOS ENSAIOS MECÂNICOS

4.1. Identificação dos corpos de prova

Tabela 3 – Identificação e datas de moldagem e rupturas dos corpos de prova.

Identificação	Tipo de corpo de prova	Data Moldagem	Data Entalhe	Data Ensaio	Idade
FOR-55-01C	Cilíndrico	31/08/23	-----	28/09/23	28
FOR-55-02C	Cilíndrico	31/08/23	-----	28/09/23	28
FOR-55-01P	Prismático	31/08/23	28/09/23	28/09/23	28
FOR-55-02P	Prismático	31/08/23	28/09/23	28/09/23	28
FOR-55-03P	Prismático	31/08/23	28/09/23	28/09/23	28
FOR-55-04P	Prismático	31/08/23	28/09/23	28/09/23	28
FOR-55-05P	Prismático	31/08/23	28/09/23	28/09/23	28
FOR-55-06P	Prismático	31/08/23	28/09/23	28/09/23	28
FOR-55-07P	Prismático	31/08/23	28/09/23	28/09/23	28
FOR-55-08P	Prismático	31/08/23	28/09/23	28/09/23	28

Tabela 4 – Dimensões e dados dos corpos de provas prismáticos.

Identificação	Comp (mm)	Largura média (mm)	Altura média (mm)	Prof. Entalhe (mm)	Vão (mm)	Altura Hsp (mm)	Entalhe Largura (mm)	Entalhe Y (mm)
FOR-55-01P	550,2	150,9	152,4	26,8	501,0	152,4	3,2	3,1
FOR-55-02P	550,4	151,2	151,9	26,5	501,0	151,9	2,9	3,1
FOR-55-03P	550,1	150,9	151,2	26,3	501,0	151,2	3,3	3,1
FOR-55-04P	551,3	150,3	151,6	26,6	501,0	151,6	3,1	3,1
FOR-55-05P	550,9	151,0	151,0	26,5	501,0	151,0	3,3	3,1
FOR-55-06P	551,0	151,5	151,7	26,7	501,0	151,7	3,3	3,1
FOR-55-07P	550,4	150,8	152,0	26,6	501,0	152,0	3,2	3,1
FOR-55-08P	550,6	151,2	151,8	26,5	501,0	151,8	3,0	3,1
Médias	550,6	151,0	151,7	26,6	501,0	151,7	3,2	3,1

4.2. Desempenho mecânico do compósitos

4.2.1. Resistência à compressão axial - ABNT NBR 5739:2018

Tabela 5 – Resistência à compressão axial aos 28 dias.

Identificação	f_{c28} [MPa]
FOR-55-01C	46,3
FOR-55-02C	41,9
Resultado	46,3 MPa

4.2.1. Resistência à tração na flexão e resistências residuais - ABNT NBR 16940:2021

Para a realização do ensaio a taxa de aumento da medida da abertura da fissura (CMOD) foi constante de 0,05 mm/min até CMOD=0,1 mm. A partir de CMOD=0,1 mm a taxa de aumento do CMOD foi constante de 0,20 mm/min até o final do ensaio (CMOD=4,0 mm).

Nas imagens a seguir um exemplo da análise do desempenho do concreto reforçado com fibras à tração na flexão com a determinação do limite de proporcionalidade e a determinação das resistências residuais dos compósitos em laboratório.



Imagens 7 e 8 – Análise do desempenho do concreto reforçado com fibras à tração na flexão – CMOD. Corpo de prova FOR-55-02P antes e depois do ensaio.

Os gráficos a seguir, apresentam o desempenho dos compósitos sendo considerado as recomendações da ABNT NBR 16938:2021⁷, para identificação de valores atípicos (discrepantes), conforme o Anexo A, método aplicado para eliminar até dois resultados.

⁷ ABNT NBR 16938:2021 - Concreto reforçado com fibras — Controle da qualidade

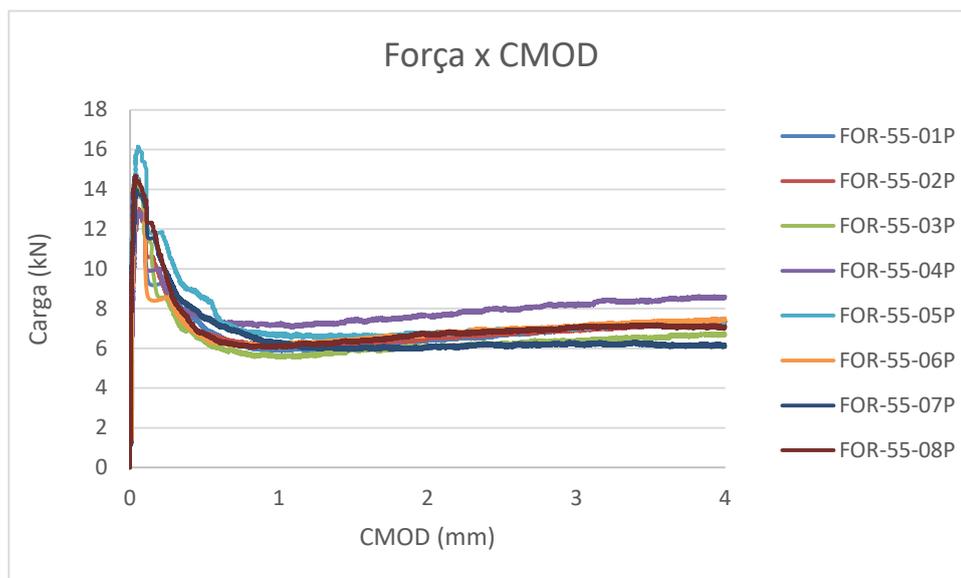


Gráfico 1 – Curva força [kN] versus CMOD [mm]. Teor 5,5 Kg/m³. Macrofibra **MACROFORTIS 58HC**.

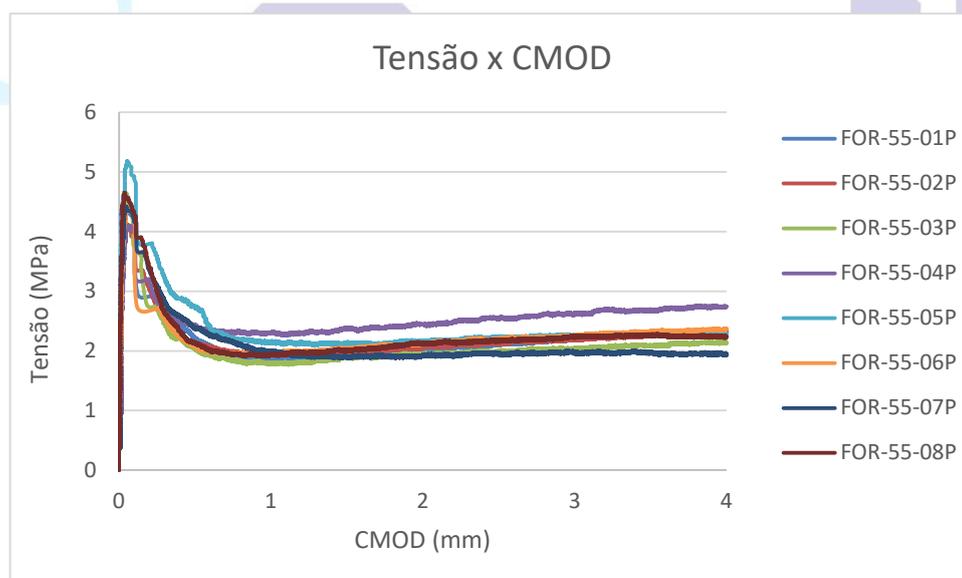


Gráfico 2 – Curva tensão [MPa] versus CMOD [mm]. Teor 5,5 Kg/m³. Macrofibra **MACROFORTIS 58HC**.

A tabela 6 e 7 apresentam o desempenho da macrofibra **MACROFORTIS 58HC** nos compósitos analisados.

Tabela 6 – Valores do Limite de Proporcionalidade, forças, resistências residuais para respectivos CMOD's.

Corpo de prova	FL Carga [N]	F ₁ CMOD 0,5 [N]	F ₂ CMOD 1,5 [N]	F ₃ CMOD 2,5 [N]	F ₄ CMOD 3,5 [N]	LOP [MPa]	fr ₁ [MPa]	fr ₂ [MPa]	fr ₃ [MPa]	fr ₄ [MPa]
FOR-55-01P	14710	7021	6115	6702	7209	4,64	2,22	1,93	2,12	2,28
FOR-55-02P	13031	6714	6240	6719	7218	4,12	2,12	1,97	2,12	2,28
FOR-55-03P	14612	6369	5924	6216	6547	4,67	2,04	1,89	1,99	2,09
FOR-55-04P	12833	7586	7420	7948	8391	4,10	2,43	2,37	2,54	2,68
FOR-55-05P	16144	8510	6613	6902	7159	5,18	2,73	2,12	2,22	2,30
FOR-55-06P	13761	6547	6412	6921	7334	4,36	2,08	2,03	2,20	2,33
FOR-55-07P	13960	7533	6027	6178	6200	4,42	2,39	1,91	1,96	1,97
FOR-55-08P	14685	6700	6313	6845	7156	4,65	2,12	2,00	2,17	2,27
Média	14217	7122	6383	6804	7152	4,52	2,26	2,03	2,16	2,27

5. RESULTADOS

Os resultados dos valores de resistência no limite de proporcionalidade e das resistências residuais e as relações entre as resistências da macrofibra **MACROFORTIS 58HC** em concreto de referência com teor de 5,5 kg/m³ podem ser visualizados na tabela a seguir:

Tabela 7 – Valores do Limite de Proporcionalidade e resistências residuais.

LOP [MPa]	fr ₁ [MPa]	fr ₂ [MPa]	fr ₃ [MPa]	fr ₄ [MPa]	fr ₁ m/flm ≥ 0,3	fr ₃ m/flm ≥ 0,3	fr ₄ m/flm ≥ 0,3
4,52	2,26	2,03	2,16	2,27	0,50	0,48	0,51

Os valores médios das resistências residuais apresentados para o teor de fibra de 5,5 kg/m³ da macrofibra **MACROFORTIS 58HC** atenderam os valores mínimos estabelecidos no item 5.5 da ABNT NBR 16942:2021, que é de 1,5MPa para fr₁ e 1,0MPa para fr₂, fr₃ e fr₄.

6. DOCUMENTOS NORMATIVOS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16940. Concreto reforçado com fibras - Determinação das resistências à tração na flexão (limite de proporcionalidade e resistências residuais) - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2021.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16942. Fibras poliméricas para concreto — Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2021.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5739. Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16889. Concreto — Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 2020.
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5738 :2015 Versão Corrigida:2016. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2016.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16938. Concreto reforçado com fibras — Controle da qualidade. Rio de Janeiro, 2021.

DOCUMENTO ASSINADO DIGITALMENTE

São Carlos, 28 de setembro de 2023.


Eng. George Oda
Instituto Qualimat

INSTITUTO QUALIMAT
Instituto Brasileiro de Qualidade em Materiais
CNPJ: 07.695.830/0001-20

Os resultados apresentados referem-se as amostras ensaiadas.

Vedada alteração deste documento sem autorização expressa dos autores - Lei 9610/98.

Certificado de calibração da prensa número 205/2023 emitido pela empresa Embracal Manutenção e Calibração, laboratório de calibração acreditado pela Cgcre, de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CAL 0556.

Certificado de calibração do extensômetro número 206/2023 emitido pela empresa Embracal Manutenção e Calibração, laboratório de calibração acreditado pela Cgcre, de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CAL 0556.

CONFORME ORIENTAÇÕES DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS E PRODUTOS AFINS – ABIFIBRA ESTE RELATÓRIO É VALIDO ATÉ MARÇO DE 2024.

Relatorio FORTIS 0123.pdf

Documento número #4dd948d0-aef9-4d01-803d-19ef55577b84

Hash do documento original (SHA256): 4c67a72804b555dc2ca341e4b59dafd0736f09961f1b40d47c19efa7b67ebf50

Assinaturas



George Akira Oda

CPF: 181.104.438-77

Assinou como contratada em 28 set 2023 às 21:31:53



Rafael Falcão

CPF: 351.388.988-76

Assinou como contratante em 02 out 2023 às 09:35:47

Log

- 28 set 2023, 21:26:35 Operador com email oda@qualimat.com.br na Conta 8ee039d5-b863-45fd-9c55-a7b14d8a5587 criou este documento número 4dd948d0-aef9-4d01-803d-19ef55577b84. Data limite para assinatura do documento: 28 de outubro de 2023 (21:26). Finalização automática após a última assinatura: habilitada. Idioma: Português brasileiro.
- 28 set 2023, 21:30:53 Operador com email oda@qualimat.com.br na Conta 8ee039d5-b863-45fd-9c55-a7b14d8a5587 alterou o processo de assinatura. Data limite para assinatura do documento: 28 de outubro de 2023 (21:26).
- 28 set 2023, 21:30:53 Operador com email oda@qualimat.com.br na Conta 8ee039d5-b863-45fd-9c55-a7b14d8a5587 adicionou à Lista de Assinatura: fortisindustria@gmail.com para assinar como contratante, via E-mail, com os pontos de autenticação: Token via E-mail; Nome Completo; CPF; endereço de IP. Dados informados pelo Operador para validação do signatário: nome completo Rafael Falcão.
- 28 set 2023, 21:30:53 Operador com email oda@qualimat.com.br na Conta 8ee039d5-b863-45fd-9c55-a7b14d8a5587 adicionou à Lista de Assinatura: oda@qualimat.com.br para assinar como contratada, via E-mail, com os pontos de autenticação: Token via E-mail; Nome Completo; CPF; endereço de IP. Dados informados pelo Operador para validação do signatário: nome completo George Akira Oda e CPF 181.104.438-77.
- 28 set 2023, 21:31:53 George Akira Oda assinou como contratada. Pontos de autenticação: Token via E-mail oda@qualimat.com.br. CPF informado: 181.104.438-77. IP: 187.66.82.25. Localização compartilhada pelo dispositivo eletrônico: latitude -22.010622 e longitude -47.9043717. URL para abrir a localização no mapa: <https://app.clicksign.com/location>. Componente de assinatura versão 1.615.0 disponibilizado em <https://app.clicksign.com>.

-
- 02 out 2023, 09:35:47 Rafael Falcão assinou como contratante. Pontos de autenticação: Token via E-mail fortisindustria@gmail.com. CPF informado: 351.388.988-76. IP: 177.26.254.213. Localização compartilhada pelo dispositivo eletrônico: latitude -23.15741115887049 e longitude -46.89346639684003. URL para abrir a localização no mapa: <https://app.clicksign.com/location>. Componente de assinatura versão 1.615.0 disponibilizado em <https://app.clicksign.com>.
- 02 out 2023, 09:35:48 Processo de assinatura finalizado automaticamente. Motivo: finalização automática após a última assinatura habilitada. Processo de assinatura concluído para o documento número 4dd948d0-aef9-4d01-803d-19ef55577b84.
-

**Documento assinado com validade jurídica.**

Para conferir a validade, acesse <https://validador.clicksign.com> e utilize a senha gerada pelos signatários ou envie este arquivo em PDF.

As assinaturas digitais e eletrônicas têm validade jurídica prevista na Medida Provisória nº. 2200-2 / 2001

Este Log é exclusivo e deve ser considerado parte do documento nº 4dd948d0-aef9-4d01-803d-19ef55577b84, com os efeitos prescritos nos Termos de Uso da Clicksign, disponível em www.clicksign.com.