

CONCRETOS NÃO CONVENCIONAIS

Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC

Concreto Reforçado com Fibras - CRF

Concreto Armado com barras não metálicas - FRP

ESPECIALISTA EM PROJETOS E ENSAIOS DE MATERIAIS NÃO
CONVENCIONAIS PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO



EVOLUÇÃO
E N G E N H A R I A

CONCRETO ARMADO // CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS
CONCRETO ARMADO COM BARRAS FRP // CONCRETO DE ULTRA ALTO
DESEMPENHO

PROF. DR. MARCO ANTONIO CARNIO



Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC

? O UHPC com fibras é aquele que demonstra as seguintes propriedades mecânicas:

- É UHPC que apresenta um comportamento de hardening por deformação na flexão;
- Resistência à compressão característica f_{ck} entre 150 MPa e 250 MPa;
- Resistência à tração característica f_{ctk} maior que 6,0 MPa;
- Comportamento suficientemente dúctil;

? A densidade do concreto deve estar entre 2300 kg/m³ e 2800 kg/m³.





Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC



CONCRETOS NÃO CONVENCIONAIS
Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC
Concreto Reforçado com Fibras - CRF
Concreto Armado com barras não metálicas - FRP



EVOLUÇÃO
ENGENHARIA

PROF. DR. MARCO ANTONIO CARNIO



Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC



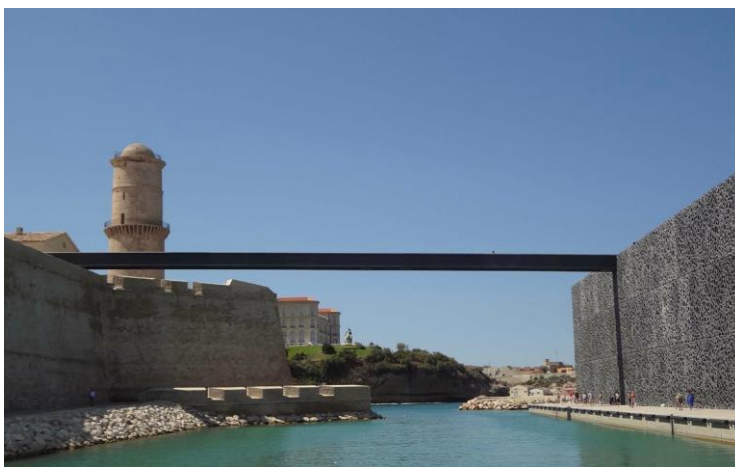
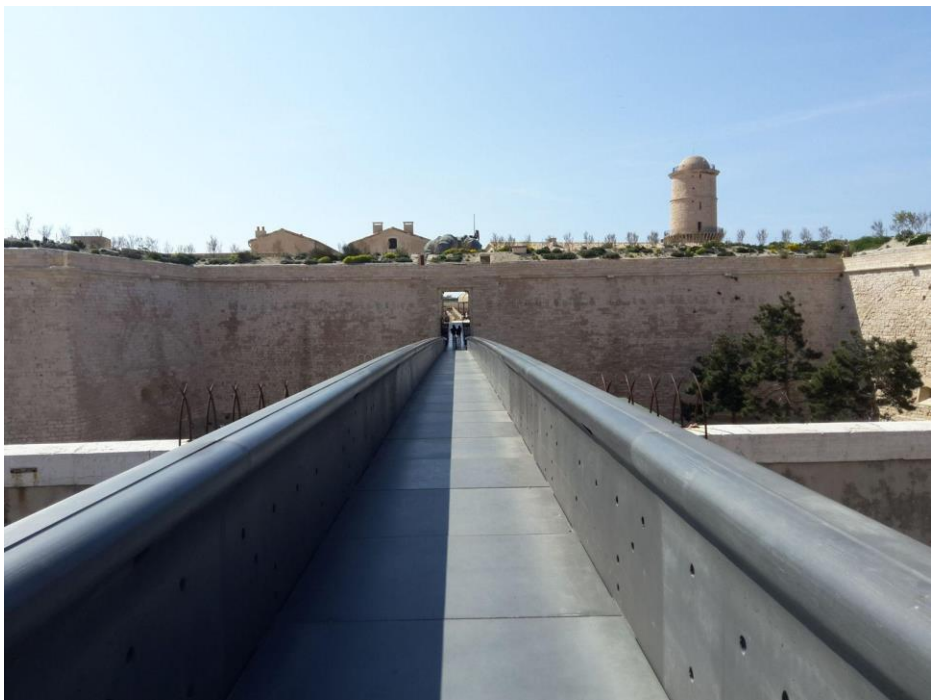
EVOLUÇÃO
ENGENHARIA

CONCRETOS NÃO CONVENCIONAIS
Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC
Concreto Reforçado com Fibras - CRF
Concreto Armado com barras não metálicas - FRP

PROF. DR. MARCO ANTONIO CARNIO



Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC



EVOLUÇÃO
ENGENHARIA

CONCRETOS NÃO CONVENCIONAIS
Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC
Concreto Reforçado com Fibras - CRF
Concreto Armado com barras não metálicas - FRP

PROF. DR. MARCO ANTONIO CARNIO



Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC



CONCRETOS NÃO CONVENCIONAIS
Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC
Concreto Reforçado com Fibras - CRF
Concreto Armado com barras não metálicas - FRP



EVOLUÇÃO
ENGENHARIA

PROF. DR. MARCO ANTONIO CARNIO



Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC



Prática Recomendada IBRACON/ABECE:

ESTRUTURAS DE CONCRETO DE ULTRA ALTO DESEMPENHO (UHPC)

2 Comissões de Normas da ABNT:

- Projeto e Execução
- Controle da Qualidade

CONCRETOS NÃO CONVENCIONAIS
Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC
Concreto Reforçado com Fibras - CRF
Concreto Armado com barras não metálicas - FRP



EVOLUÇÃO
ENGENHARIA



Concreto Reforçado com Fibras - CRF

ATUAÇÃO DAS FIBRAS NO ESTADO ENDURECIDO DO CONCRETO

No **concreto** em seu estado **endurecido**, a **baixa capacidade** do material resistir à **tração** é sua **maior limitação**.

Em muitas situações, as **fibras** podem contribuir para que seja possível considerar uma **certa capacidade resistente à tração** do concreto endurecido, **proporcionada pelo reforço das fibras**.



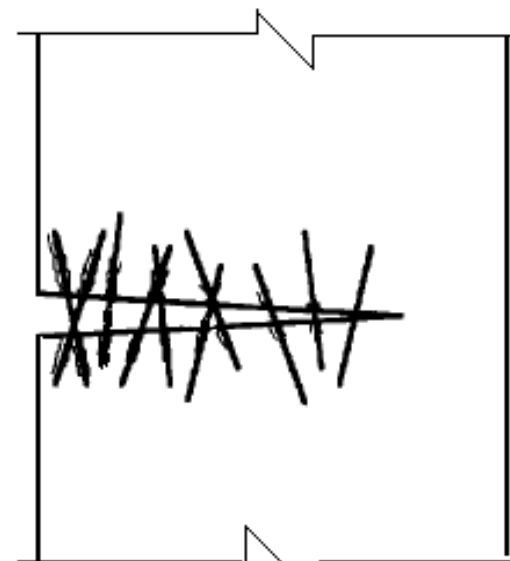


Concreto Reforçado com Fibras - CRF

ATUAÇÃO DAS FIBRAS NO ESTADO ENDURECIDO DO CONCRETO

O comportamento mecânico do CRF após a ruptura da matriz é alterado, melhorando consideravelmente a capacidade de absorção de energia do concreto endurecido, diminuindo o nível de fragilidade do material. Isso ocorre porque as fibras criam **pontes de transferência de tensões** através das fissuras.

**FIBRAS TRANSFERINDO
TENSÕES ATRAVÉS DA
FISSURA**



CONCRETOS NÃO CONVENCIONAIS
Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC
Concreto Reforçado com Fibras - CRF
Concreto Armado com barras não metálicas - FRP



EVOLUÇÃO
ENGENHARIA



Concreto Reforçado com Fibras - CRF

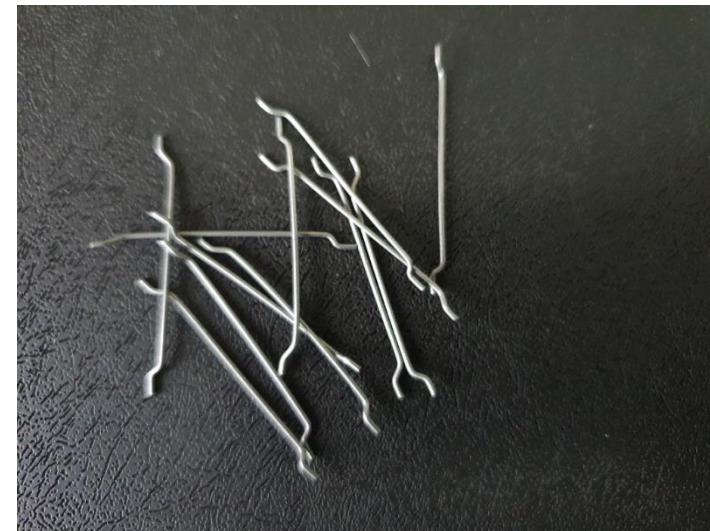
FIBRAS METÁLICAS

Fibras (Diâmetro $\geq 0,30$ mm)

As fibras metálicas mais utilizadas são as de **aço** e possuem capacidade de **reforço estrutural** nos concretos endurecidos.

As fibras de aço para uso em concreto têm comprimentos que variam entre 30 e 60 mm.

A **resistência ao meio alcalino** é obtida por se tratar de **aço carbono** que forma uma camada microscópica de óxidos passivantes na superfície da fibra.



CONCRETOS NÃO CONVENCIONAIS
Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC
Concreto Reforçado com Fibras - CRF
Concreto Armado com barras não metálicas - FRP



EVOLUÇÃO
ENGENHARIA



Concreto Reforçado com Fibras - CRF

FIBRAS POLIMÉRICAS

Macrofibras (Diâmetro $\geq 0,30$ mm)

As macrofibras poliméricas mais utilizadas são de **polipropileno**, **polietileno**, **polipropileno+polietileno** e **pva** e possuem capacidade de **reforço estrutural** de concretos endurecidos.

As macrofibras de poliméricas para uso em concreto têm comprimentos que variam entre 40 e 60 mm.

A resistência ao meio alcalino é obtida por meio de ensaio de perda de massa ($\leq 5\%$).



EVOLUÇÃO
ENGENHARIA

CONCRETOS NÃO CONVENCIONAIS
Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC
Concreto Reforçado com Fibras - CRF
Concreto Armado com barras não metálicas - FRP

PROF. DR. MARCO ANTONIO CARNIO



Concreto Reforçado com Fibras - CRF

FIBRAS CERÂMICAS

Macrofibras (Diâmetro $\geq 0,30$ mm)

A macrofibra de vidro AR possui capacidade de **reforço estrutural** de concretos endurecidos, atuando de forma similar às macrofibras poliméricas e às fibras aço.

As macrofibras de vidro AR para uso em concreto têm comprimentos que variam entre 30 e 40 mm.

A resistência ao meio alcalino é obtida pela adição de zircônia ao vidro (fibra tipo AR).



CONCRETOS NÃO CONVENCIONAIS
Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC
Concreto Reforçado com Fibras - CRF
Concreto Armado com barras não metálicas - FRP

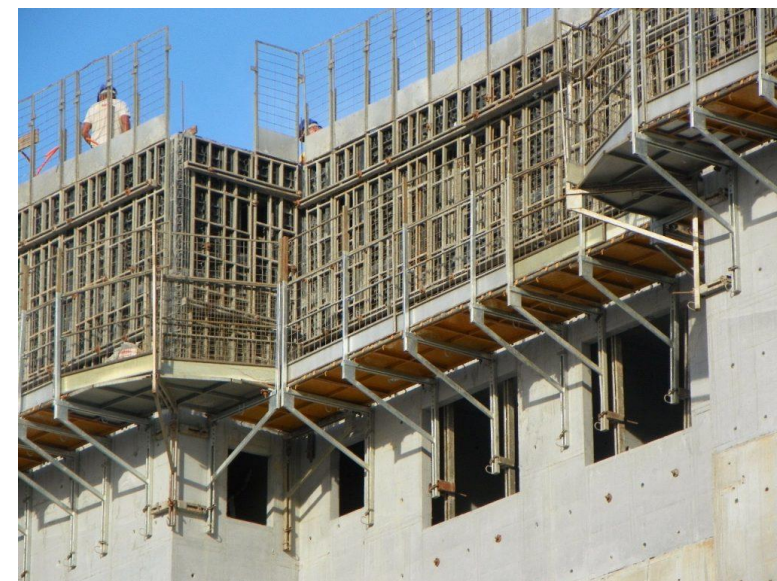


EVOLUÇÃO
ENGENHARIA



Concreto Reforçado com Fibras - CRF

Concretos do Grupo I de Resistências (C20 a C50) - Aplicações



CONCRETOS NÃO CONVENCIONAIS
Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC
Concreto Reforçado com Fibras - CRF
Concreto Armado com barras não metálicas - FRP



EVOLUÇÃO
ENGENHARIA

PROF. DR. MARCO ANTONIO CARNIO



Concreto Reforçado com Fibras - CRF

Concretos do Grupo I de Resistências (C20 a C50) - Aplicações



CONCRETOS NÃO CONVENCIONAIS
Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC
Concreto Reforçado com Fibras - CRF
Concreto Armado com barras não metálicas - FRP



EVOLUÇÃO
ENGENHARIA

PROF. DR. MARCO ANTONIO CARNIO



Concreto Reforçado com Fibras - CRF

Concretos do Grupo II de Resistências ($> C50$ a $C90$)

Aplicações



CONCRETOS NÃO CONVENCIONAIS
Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC
Concreto Reforçado com Fibras - CRF
Concreto Armado com barras não metálicas - FRP



EVOLUÇÃO
ENGENHARIA

PROF. DR. MARCO ANTONIO CARNIO



Concreto Armado com barras não metálicas - FRP

Em compósitos com dois componentes, um dos dois é usualmente chamado de 'reforço' (fibras ou partículas, por exemplo) e é envolvido pelo outro componente, denominado 'matriz' (polímero, metálica ou cerâmica, por exemplo). No caso dos polímeros reforçados com fibra (FRP, do inglês fiber-reinforced polymer), o reforço na forma de fibra fica embebido em matriz polimérica.





Concreto Armado com barras não metálicas - FRP

O FRP em geral tem várias vantagens sobre materiais de construção tradicionais, incluindo o seu peso específico relativamente baixo e sua elevada resistência à corrosão. Combinadas, essas características resultam em redução de custos associados ao transporte, montagem e manutenção.





Concreto Armado com barras não metálicas - FRP

Outras vantagens são a elevada relação resistência/peso, a baixa condutividade térmica, a transparência eletromagnética, o baixo impacto ambiental e a versatilidade com relação à geometria e às propriedades mecânicas.





Concreto Armado com barras não metálicas - FRP

Barras de polímero reforçado com fibra são compostas por fibras longas embebidas em resina polimérica. As resinas termofixas, dentre elas a epóxi, fenólica e éster vinílica são as mais usadas para o processo de fabricação das barras, enquanto vidro, basalto, aramida e carbono estão entre as fibras mais usadas. Suas propriedades variam de acordo com a fração volumétrica de fibras utilizadas e com a condição ambiente.





Concreto Armado com barras não metálicas - FRP

As barras de polímero reforçado com fibra de vidro (GFRP) para concreto armado comumente encontradas no mercado, por exemplo, têm uma resistência à tração variando 400 a 1000 MPa em temperatura ambiente, com um módulo de elasticidade entre 22 e 65 GPa e elevada resistência à fadiga. A conformação superficial dessas barras também pode variar em função do fornecedor, visando uma maior aderência com o concreto.





Concreto Armado com barras não metálicas - FRP

Material	Propriedad e	Valor de Referência
AFRP	E_f (GPa)	70
	f_{fk} (MPa)	1400
	ϵ_{fu} (‰)	20,0
BFRP	E_f (GPa)	50
	f_{fk} (MPa)	800
	ϵ_{fu} (‰)	16,0
CFRP	E_f (GPa)	130
	f_{fk} (MPa)	1400
	ϵ_{fu} (‰)	10,7
GFRP	E_f (GPa)	50
	f_{fk} (MPa)	800
	ϵ_{fu} (‰)	16,0

CONCRETOS NÃO CONVENCIONAIS
Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC

Concreto Reforçado com Fibras - CRF
Concreto Armado com barras não metálicas - FRP



EVOLUÇÃO
ENGENHARIA



A NEUTRALIDADE DE CARBONO

Muitos agora estão se perguntando:

“Quais são os impactos ambientais e/ou benefícios do uso desses concretos não convencionais para as estruturas concreto?”



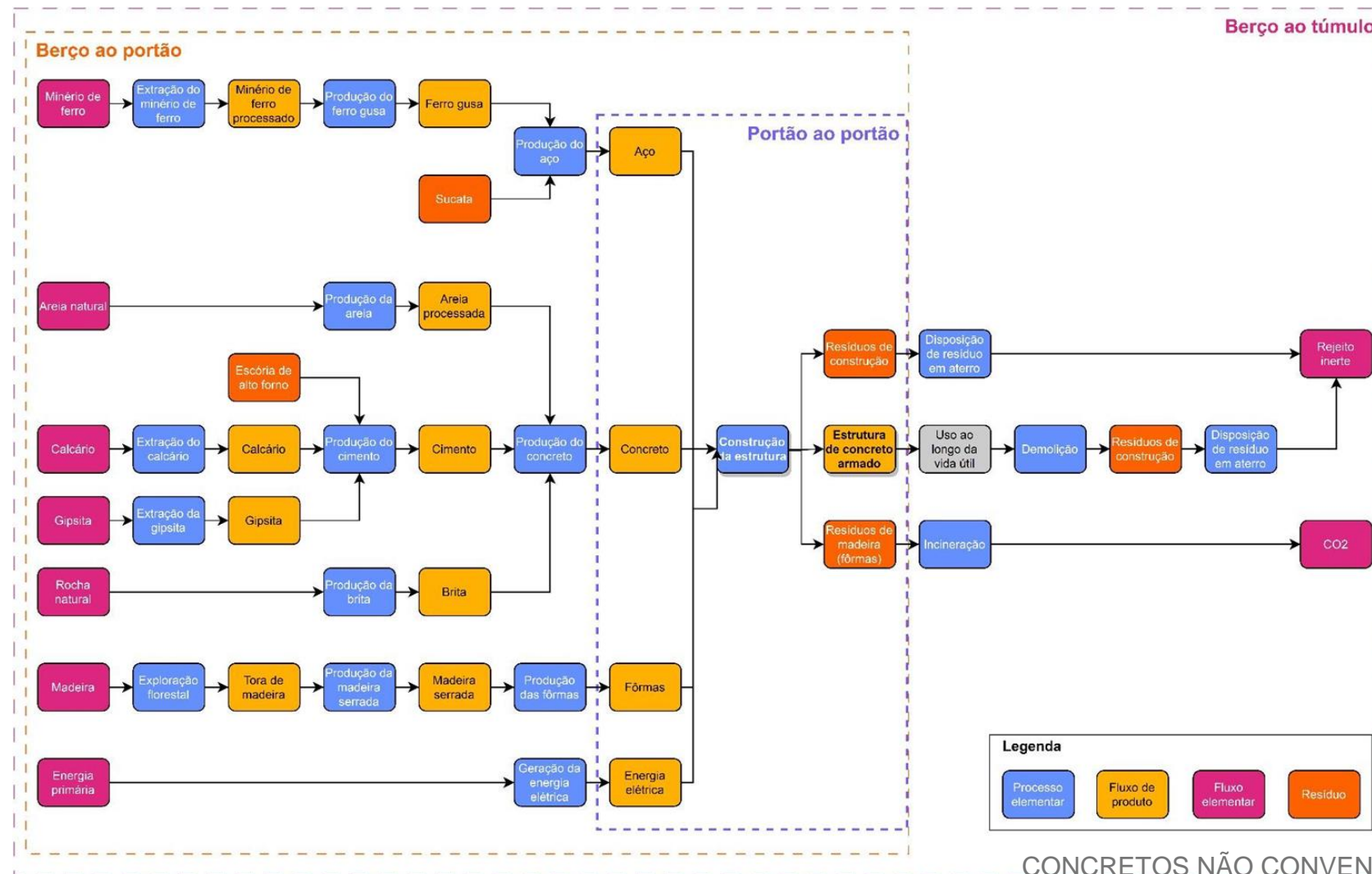
EVOLUÇÃO
E N G E N H A R I A

CONCRETOS NÃO CONVENCIONAIS
Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC
Concreto Reforçado com Fibras - CRF
Concreto Armado com barras não metálicas - FRP

PROF. DR. MARCO ANTONIO CARNIO



A NEUTRALIDADE DE CARBONO



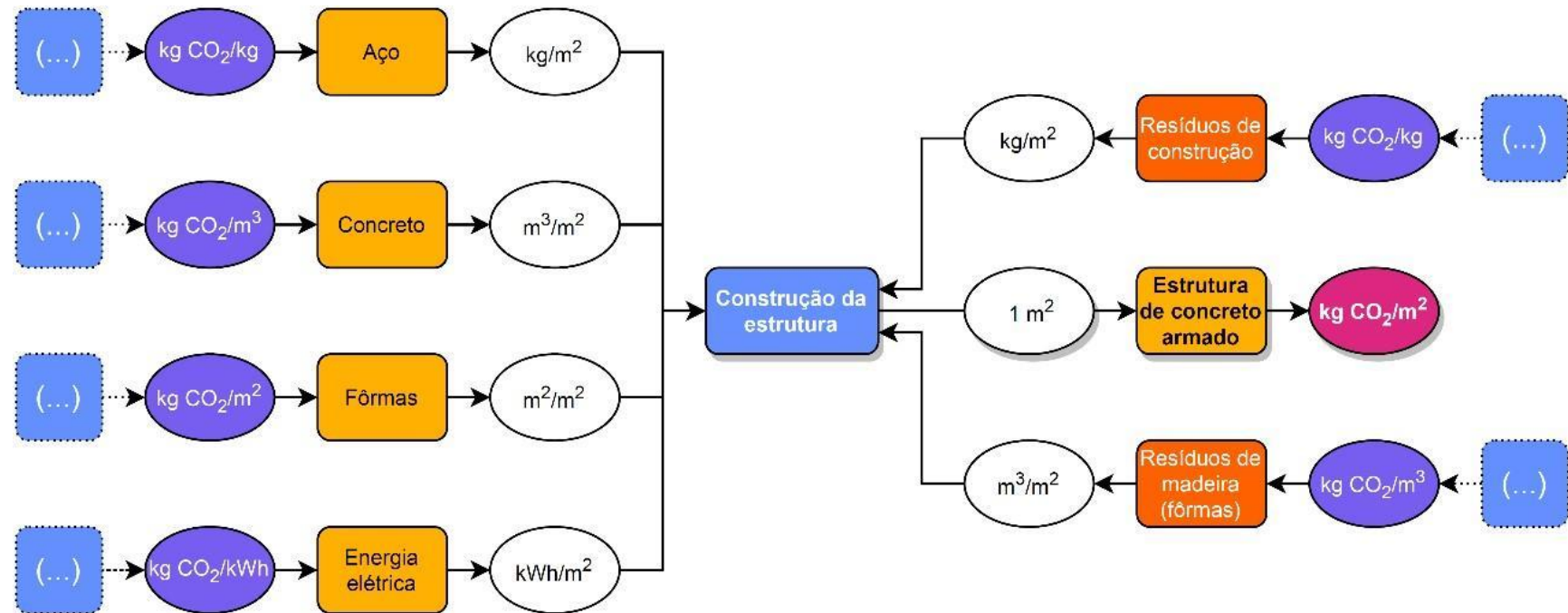
CONCRETOS NÃO CONVENCIONAIS
Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC
Concreto Reforçado com Fibras - CRF
Concreto Armado com barras não metálicas - FRP



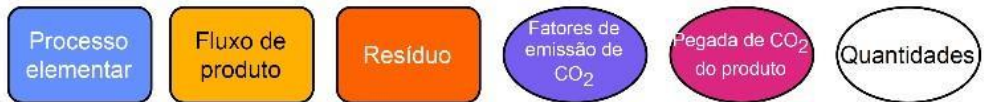
EVOLUÇÃO
ENGENHARIA



NEUTRALIDADE DE CARBONO



Legenda



CONCRETOS NÃO CONVENCIONAIS
Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC
Concreto Reforçado com Fibras - CRF
Concreto Armado com barras não metálicas - FRP



EVOLUÇÃO
ENGENHARIA



A NEUTRALIDADE DE CARBONO

DAP - Declaração Ambiental de Produto (EPD - Environmental Product Declaration)

Declaração Tipo III que fornece dados ambientais quantificados, usando parâmetros pré-determinados e, onde relevante, informações ambientais adicionais (ABNT NBR ISO 14025). Permite comparações entre produtos que cumprem a mesma função"



EVOLUÇÃO
E N G E N H A R I A

CONCRETOS NÃO CONVENCIONAIS
Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC
Concreto Reforçado com Fibras - CRF
Concreto Armado com barras não metálicas - FRP

PROF. DR. MARCO ANTONIO CARNIO



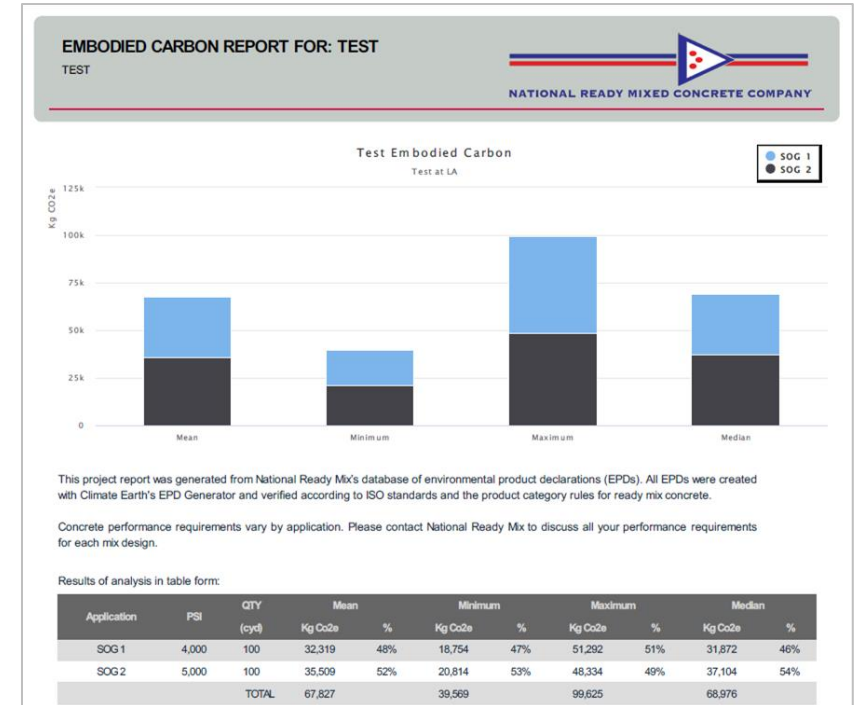
CONTRIBUIÇÕES PARA A NEUTRALIDADE DE CARBONO

Nutrition Facts	
8 servings per container	
Serving size	2/3 cup (55g)
Amount per serving	
Calories	230
% Daily Value*	
Total Fat 8g	10%
Saturated Fat 1g	5%
Trans Fat 0g	
Cholesterol 0mg	0%
Sodium 160mg	7%
Total Carbohydrate 37g	13%
Dietary Fiber 4g	14%
Total Sugars 12g	
Includes 10g Added Sugars	20%
Protein 3g	
Vitamin D 2mcg	10%
Calcium 260mg	20%
Iron 8mg	45%
Potassium 235mg	6%

* The % Daily Value (DV) tells you how much a nutrient in a serving of food contributes to a daily diet. 2,000 calories a day is used for general nutrition advice.



ENVIRONMENTAL IMPACTS	
Declared Product:	
1 3000PSI PU PL	
Compressive strength: 3000 PSI at 28 days	
Declared Unit: 1 m ³ of concrete	
Global Warming Potential (kg CO ₂ -eq)	352
Ozone Depletion Potential (kg CFC-11-eq)	8.9E-6
Acidification Potential (kg SO ₂ -eq)	1.08
Eutrophication Potential (kg N-eq)	0.41
Photochemical Ozone Creation Potential (kg O ₃ -eq)	22.5
Abiotic Depletion, non-fossil (kg Sb-eq)	1.6E-6
Abiotic Depletion, fossil (MJ)	394
Total Waste Disposed (kg)	2.91
Consumption of Freshwater (m ³)	3.14
Product Components: natural aggregate (ASTM C33), Portland cement (ASTM C150), batch water (ASTM C1602), admixture (ASTM C494)	



EVOLUÇÃO
ENGENHARIA

CONCRETOS NÃO CONVENCIONAIS
Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC
Concreto Reforçado com Fibras - CRF
Concreto Armado com barras não metálicas - FRP

PROF. DR. MARCO ANTONIO CARNIO



CONTRIBUIÇÕES PARA A NEUTRALIDADE DE CARBONO

Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC

Concreto Reforçado com Fibras - CRF

Concreto Armado com armaduras não metálicas - FRP



EVOLUÇÃO
E N G E N H A R I A

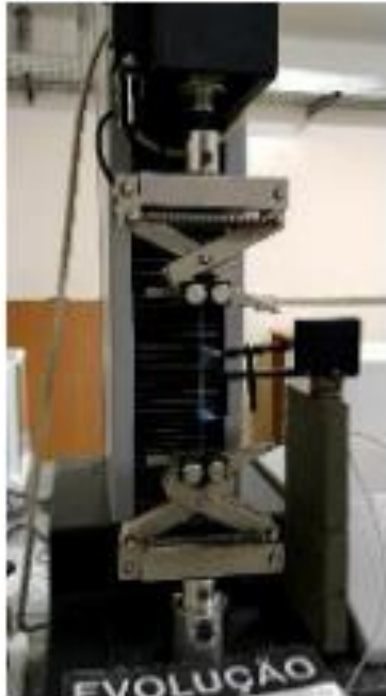
CONCRETOS NÃO CONVENCIONAIS
Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC
Concreto Reforçado com Fibras - CRF
Concreto Armado com barras não metálicas - FRP

PROF. DR. MARCO ANTONIO CARNIO



ENSAIOS DE QUALIFICAÇÃO DE FIBRAS

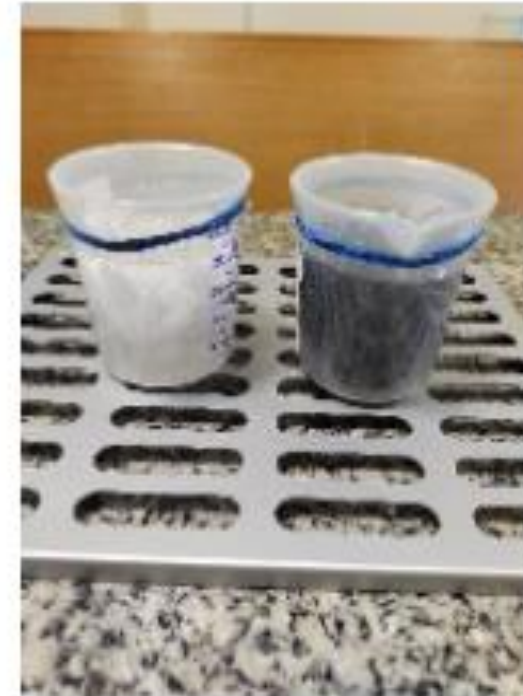
ENSAIOS EM FIBRAS



ABNT NBR 15530



ABNT NBR 16942



ABNT NBR 16942 - Anexo A

CONCRETOS NÃO CONVENCIONAIS
Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC
Concreto Reforçado com Fibras - CRF
Concreto Armado com barras não metálicas - FRP



EVOLUÇÃO
ENGENHARIA

PROF. DR. MARCO ANTONIO CARNIO



ENSAIOS DE QUALIFICAÇÃO DE MATERIAIS NÃO CONVENCIONAIS

ENSAIOS PARA CRF MOLDADO



ABNT NBR 16940
Concreto reforçado com fibras Determinação das resistências à tração na flexão (limite de proporcionalidade e resistências residuais)



ABNT NBR 16939
Concreto reforçado com fibras Determinação das resistências à fissuração e residuais à tração por duplo puncionamento



ASTM C1609/C1609M
Standard test method for Flexural performance of fiber-reinforced concrete (using beam with third-point loading)

Os Equipamentos adequados para ensaios de Materiais Não Convencionais exige que a máquina de ensaio deve operar em **circuito fechado de controle da velocidade** (do inglês closed-loop), controlado por meio de uma taxa constante de abertura do entalhe (**CMOD**) ou deslocamento vertical do corpo de prova (δ).



EVOLUÇÃO
ENGENHARIA

CONCRETOS NÃO CONVENCIONAIS
Concreto de Ultra Alto Desempenho - UHPC
Concreto Reforçado com Fibras - CRF
Concreto Armado com barras não metálicas - FRP

PROF. DR. MARCO ANTONIO CARNIO

OBRIGADO!

ESPECIALISTA EM PROJETOS E ENSAIOS DE MATERIAIS NÃO
CONVENCIONAIS PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO




EVOLUÇÃO

E N G E N H A R I A

CONCRETO ARMADO // CONCRETO REFORÇADO COM FIBRAS
CONCRETO ARMADO COM BARRAS FRP // CONCRETO DE ULTRA ALTO
DESEMPENHO

**MARCO
CARNIO**

+55 19 99839-
0467

 www.evengenharia.com.br

