



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102020002416-7 A2



(22) Data do Depósito: 05/02/2020

(43) Data da Publicação Nacional: 17/08/2021

(54) **Título:** COMPOSIÇÃO DE CONCRETO, PROCESSO DE OBTENÇÃO DE UMA COMPOSIÇÃO DE CONCRETO E USOS DE UMA COMPOSIÇÃO DE CONCRETO

(51) **Int. Cl.:** C04B 28/08; C04B 28/00; C04B 40/00.

(52) **CPC:** C04B 28/082; C04B 28/005; C04B 40/0039; C04B 2201/50.

(71) **Depositante(es):** UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.

(72) **Inventor(es):** ROSANGEL ROJAS DE YEPEZ; CHRISTA KORZENOWSKI; JOSE RAFAEL YEPEZ AGUIRRE; RONALDO BERARDIN DA SILVA; AMÉRICO CAMPOS FILHO; SAMIR MAGHOUS.

(57) **Resumo:** COMPOSIÇÃO DE CONCRETO, PROCESSO DE OBTENÇÃO DE UMA COMPOSIÇÃO DE CONCRETO E USOS DE UMA COMPOSIÇÃO DE CONCRETO. A presente invenção descreve uma composição de concreto, um processo de obtenção de uma composição de concreto e o uso de uma composição de concreto. A presente invenção se situa nos campos da Química, Engenharia de Materiais e Engenharia Civil.



Relatório Descritivo de Patente de Invenção

COMPOSIÇÃO DE CONCRETO, PROCESSO DE OBTENÇÃO DE UMA COMPOSIÇÃO DE CONCRETO E USOS DE UMA COMPOSIÇÃO DE CONCRETO

Campo da Invenção

[0001] A presente invenção descreve uma composição de concreto, um processo de obtenção de uma composição de concreto e o uso de uma composição de concreto. A presente invenção se situa nos campos da Química, Engenharia de Materiais e Engenharia Civil.

Antecedentes da Invenção

[0002] No Brasil existe grande quantidade de obras de arte especiais estruturalmente deficientes ou obsoletas. Engenheiros, governo local e nacional estão sempre buscando novas maneiras de construir estruturas melhores, reduzir o tempo de viagem e melhorar as técnicas de reparo. Isso reduz os custos de manutenção desviados dos orçamentos de capital necessários para a construção tão necessária de novas rodovias. Nesse cenário um dos maiores desafios enfrentados pelas autoridades é a durabilidade em longo prazo das vigas de viadutos que recebem cargas de impacto contínuo de caminhões, criando problemas de deterioração e manutenção.

[0003] O aumento do custo de reposição de estruturas e a ênfase crescente no custo do ciclo de vida, em vez do custo inicial, estão forçando os engenheiros a tomarem consciência do conceito de durabilidade. A minimização dos custos de execução e manutenção é o fator que move qualquer orçamento de obra, além disso, novos parâmetros como evolução tecnológica e processos construtivos alternativos são conceitos que podem influir na viabilidade dos projetos. Projetos de reforço são muitas vezes difíceis de executar, porque exigem demolições significativas em elementos vizinhos que facilitam o lançamento do concreto, enfraquecendo o sistema estrutural. Também demandam cofragem dos

elementos no médio de restrições arquitetônicas existentes.

[0004] Na busca pelo estado da técnica em literaturas científica e patentária, foram encontrados os seguintes documentos que tratam sobre o tema:

[0005] O documento CN109098448 revela um método de colocação de concreto, que inclui a construção de uma estrutura a escala, para orientar adequadamente as fibras dentro da matriz e permitir melhorar nas propriedades mecânicas do material. A construção de estruturas especiais requer treinamento especial, além de não revelar uma composição ou um processo similar ao da presente invenção.

[0006] O documento EP2275390 revela uma matriz cimentícia para fabricar UHPFRC com certas proporções, incluindo a construção de um elemento de viga partir de UHPFRC. A presente invenção apresenta diferenças nas proporções, tipo de cimento e na granulometria de agregados.

[0007] O documento RU2658416 revela uma composição com certas proporções, que pode ser usada na construção de materiais industriais. A presente invenção apresenta diferenças nas proporções, e nos tipos de aglomerantes. Ainda, essa mistura não apresenta um concreto de ultra alto desempenho.

[0008] O documento RU2649996 revela uma composição com certas proporções, auto adensável, que pode ser usada na fabricação de produtos monolíticos ou pré-fabricados e nas estruturas da construção. É uma mistura para ser usada onde a tecnologia requeira incrementar a fluidez da mistura. A presente invenção não apresenta uma mistura fluida, e apresenta diferenças nas proporções e nos tipos de materiais usados.

[0009] O documento CA2952106 revela uma composição, do tipo aglomerante hidráulico, com certas proporções. A presente invenção apresenta diferenças nas proporções, tipo de cimento e na granulometria dos agregados.

[0010] O documento JP2015124139 revela um composto cimentício com UHPFRC, no qual a resistência à fratura por cisalhamento é a característica principal da mistura. Essa característica é alcançada, incluindo de forma

aleatória, fibras poliméricas na mistura. A presente invenção apresenta diferenças no tipo, quantidade, resistência e fator de forma das fibras.

[0011] O documento EP2072481 revela um composto cimentício com UHPFRC, no qual a ductilidade é a característica principal da mistura. Essa característica é alcançada, incluindo de forma aleatória, fibras poliméricas na mistura. A presente invenção apresenta diferenças no tipo, quantidade, resistência e fator de forma das fibras. Também apresenta diferenças nas proporções, tipo de cimento e granulometria dos aglomerados. Ainda, no processo de fabricação desse documento os materiais se misturam com a água no início do processo.

[0012] O documento FR2866330 revela um composto cimentício com UHPFRC, no qual a resistência à compressão é a característica principal da mistura. A presente invenção apresenta diferenças no tipo de fabricação, proporções, tipo de cimento, tipo de aglomerantes e granulometria dos agregados.

[0013] Assim, do que se depreende da literatura pesquisada, não foram encontrados documentos antecipando ou sugerindo os ensinamentos da presente invenção, de forma que a solução aqui proposta possui novidade e atividade inventiva frente ao estado da técnica.

[0014] Existe a necessidade de novas composições que podem ser utilizadas como reforço estrutural de obras, ou ainda, como bases estruturais na construção civil. A presente invenção apresenta uma composição, com simples processo de fabricação, com propriedades mecânicas muito superiores às comumente conhecidas, que pode ser utilizada como reforço estrutural ou como base estrutural na construção civil.

Sumário da Invenção

[0015] Dessa forma, a presente invenção resolve os problemas do estado da técnica a partir de uma composição tixotrópica, própria para a produção de concreto. Essa composição pode ser utilizada em reforços de estruturas já existentes, além de ser utilizada na preparação de estruturas para a construção civil, como em vigas de suporte. Ainda a presente invenção apresenta a

utilização de resíduos industriais, diminuindo o custo de produção de concretos e reduzindo o lixo ambiental.

[0016] Em um primeiro objeto, a presente invenção apresenta uma composição de concreto compreendendo de 20% a 40% em massa de cimento e de 30% a 45% em massa de agregados com granulometria de 100 μm a 450 μm .

[0017] Em um segundo objeto, a presente invenção apresenta um processo de obtenção de uma composição de concreto compreendendo de 20% a 40% em massa de cimento e de 30% a 45% em massa de agregados com granulometria de 100 μm a 450 μm , em que há pelo menos uma etapa de moagem ou de peneiração do agregado, obtendo um agregado com granulometria entre 100 μm a 450 μm , pelo menos uma etapa de mistura da massa de cimento e da massa de agregados e pelo menos uma etapa de adição de água a essa mistura.

[0018] Em um terceiro objeto, a presente invenção apresenta um uso da composição de concreto no reforço de estruturas de construção civil.

[0019] Em um quarto objeto, a presente invenção apresenta o uso da composição de concreto como vigas de suporte para a construção civil,

[0020] Estes e outros objetos da invenção serão imediatamente valorizados pelos versados na arte e serão descritos detalhadamente a seguir.

Breve Descrição das Figuras

[0021] São apresentadas as seguintes figuras:

[0022] A figura 1 mostra uma composição tixotrópica da presente invenção.

[0023] A figura 2 mostra a curva de comportamento que relaciona os esforços à compressão (σ) que a composição pode suportar e as deformações (ϵ) originadas por essa solicitação. A curva apresentada é a média de onze curvas experimentais, provenientes dos ensaios de laboratório de compressão uniaxial realizados sob cilindros de concreto fabricados com as composições da presente invenção incluindo 1% de fibras de aço, nos quais o comportamento inelástico foi registrado.

[0024] A figura 3 mostra a curva de comportamento que relaciona os esforços à

tração direta (σ) que a composição pode suportar e as deformações (ϵ) originadas por essa solicitação. A curva apresentada é a média de quatro curvas experimentais, provenientes dos ensaios de laboratório de tração uniaxial realizados sob lajes tipo Dog-Bone de concreto fabricados com as composições da presente invenção incluindo 2% de fibras de aço.

[0025] A figura 4 mostra a curva que relaciona a força de flexão (F) que a composição pode suportar e as deflexões (δ) originadas por essa solicitação. A curva apresentada é a média de seis curvas experimentais, provenientes dos ensaios de laboratório de flexão em três pontos, realizados em vigas prismáticas de concreto, fabricadas com as composições da presente invenção incluindo 2% de fibras de aço.

[0026] A figura 5 mostra um exemplo de aplicação de uma composição da presente invenção em moldes para construção de vigas de suporte para a construção civil.

[0027] A figura 6 mostra a curva de comportamento que relaciona os esforços à flexão (σ) que a composição pode suportar e as deformações (ϵ) originadas por essa solicitação. A curva apresentada não pode ser obtida diretamente dos experimentos, por tanto, sua determinação foi analítica, com base aos testes de fratura efetuados em seis vigas com ranhura no vão inferior. Essa análise foi feita baseada nos critérios da mecânica da fratura, por meio da análise da seção da viga fissurada. As vigas foram fabricadas com as composições da presente invenção incluindo 2% de fibras de aço.

[0028] A figura 7 mostra a curva que relaciona a força de flexão (F) que a composição pode suportar e as deflexões (δ) originadas por essa solicitação. A curva apresentada é a média de quatro curvas experimentais, provenientes dos ensaios de laboratório de flexão em três pontos, realizados em vigas prismáticas de concreto, fabricadas com as composições da presente invenção incluindo 1% de fibras de aço.

[0029] A figura 8 mostra a curva que relaciona a força de flexão (F) que a composição pode suportar e as deflexões (δ) originadas por essa solicitação. A

curva apresentada é a média de seis curvas experimentais, provenientes dos ensaios de laboratório de flexão em três pontos, realizados em vigas prismáticas de concreto, fabricadas com as composições da presente invenção incluindo 2% de fibras de aço.

[0030] A figura 9 mostra uma imagem da máquina utilizada para medir a deformação mesmo após o estágio pós-trinca.

Descrição Detalhada da Invenção

[0031] Uma das técnicas utilizadas no estado da técnica para reforçar estruturas, ou como vigas de suporte, consiste no uso de um concreto de ultra alto desempenho reforçado conhecido pela sua sigla em inglês UHPRC (Ultra High Performance Reinforced Concrete), ou ainda um concreto de ultra alto desempenho reforçado com fibras conhecido pela sua sigla em inglês UHPFRC (Ultra High Performance Fiber Reinforced Concrete). Este material é pouco conhecido na América Latina, como exemplos de pesquisas que estão sendo realizadas temos a Lopez e Osorio na Colômbia, Nieto no Peru, Fernandes na Costa Rica, Mazia da Universidade de São Paulo, Toledo da Universidade Federal de Rio de Janeiro, Mendes da Universidade de Santa Catarina e pelos presentes inventores na Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

[0032] Um dos aspectos mais notáveis que caracterizam esse tipo de material é que ele apresenta uma resistência de compressão alta (acima de 120 MPa, podendo chegar acima de 150 MPa), produto da elaboração de uma matriz densa com pouca porosidade, aditivos minerais (ou agregados) e com a presença de fibras.

[0033] O UHPFRC ou UHPRC permite a construção de vigas ou estruturas, para a construção civil, menores ou mais compactas, quando comparadas com as estruturas de concreto tradicional, mas com as mesmas cargas de serviço. Isso permite a diminuir o peso total da estrutura, e construir fundações com menor geometria gerando economia nas construções.

[0034] Apesar do custo inicial de utilização de UHPFRC parecer maior, o custo

total da obra pode ser diminuído de 10% a 15%. Outro aspecto importante, é que este concreto utiliza menores quantidades de cimento, devido à presença de aditivos minerais ou agregados. De um ponto de vista ambiental a diminuição do uso de cimento é importante, pois a produção de cimento é responsável por grande parte da produção de CO₂.

[0035] A presente invenção apresenta uma composição de concreto de ultra-alto desempenho, sendo um material tixotrópico, ou seja, moldável manualmente. Este material pode ser utilizado de forma diversa na engenharia civil, preferencialmente em reforço de estruturas na construção civil, ou ainda como molde/mistura para preparação de vigas de suporte. Em uma concretização, esse material contém fibras de aço, sendo classificado como UHPFRC.

[0036] O uso de UHPFRC em obras de engenharia civil é diversificado, a grande capacidade de absorção de energia é o que o torna adequado para aplicações em que há altas taxas de liberação de energia. É o caso das cargas dinâmicas e de impacto que atuam sobre os membros estruturais, daí o uso adequado para a construção ou reparo de pontes. Sua forte matriz de concreto pode ser usada na construção de plantas nucleares e para minimizar os efeitos nocivos causados por eventos intencionais, como ataques terroristas. Também pode ser usado para fortalecer e proteger edifícios existentes ou para projetar novos membros estruturais.

[0037] As propriedades mecânicas muito altas oferecem aos engenheiros e arquitetos muitas oportunidades para projetar estruturas elegantes, evitando o reforço de aço pesado. A tecnologia dá acesso a estruturas muito esbeltas e elegantes, como passarelas. Pode atender a requisitos estruturais severos para estruturas civis no caso de restrições geométricas, de leveza e de desempenho estrutural. Também pode ser usado sem barras, permitindo o projeto de escadas e produtos finos de pré-moldados que mantêm uma capacidade estrutural confiável.

[0038] A microestrutura muito densa da matriz oferece um material resistente

aos meios muito agressivos e, portanto, abre uma ampla gama de aplicações.

[0039] É possível aplicar uma gama muito ampla de texturas e efeitos de cores nessas composições. Tais propriedades fornecem aos arquitetos um potencial muito alto para o design inovador em todos os elementos que compõem a nova arquitetura. E as composições apresentam um simples processo de fabricação e colocação, permitindo seu uso como uma pasta de moldagem em elementos de difícil acesso que precisam de reforço.

[0040] Nas próximas décadas, podemos esperar que esses produtos sejam amplamente utilizados no mundo da construção devido aos seus benefícios de menor impacto ambiental e construções mais sustentáveis.

[0041] O uso da granulometria do agregado entre 100 μm e 450 μm e da granulometria do fumo de sílica entre 5 μm e 35 μm permite densificar a matriz de concreto e alcançar uma ultra-alta resistência.

[0042] Em uma concretização, as fibras resistentes à tração são as responsáveis pela resistência da composição de concreto depois que ele fissura, aspecto que o diferencia de outros tipos de concreto. Vários tipos de fibras podem ser usados, sempre que tenham uma alta resistência à tração e possuam uma boa aderência com a matriz de concreto. Fibras de aço de origem nacional podem ser usadas, por exemplo, as fibras com gancho nos extremos, e também fibras de polipropileno e por último o uso de fibras híbridas, isto é, misturas de fibras de aço e polipropileno.

[0043] Em um primeiro objeto, a presente invenção apresenta uma composição de concreto compreendendo de 20% a 40% em massa de cimento e de 30% a 45% em massa de agregados com granulometria de 100 μm a 450 μm .

[0044] Em uma concretização, a presente invenção apresenta uma composição de concreto compreendendo de 1% a 5% em massa de fumo de sílica com granulometria de 5 μm a 35 μm .

[0045] Em uma concretização, a presente invenção apresenta uma composição de concreto compreendendo de 1% a 5% em massa de fibras resistentes à tração. Em uma concretização, as fibras resistentes a tração são selecionadas

do grupo de fibras de aço, fibras de polipropileno ou combinação das mesmas.

[0046] Em uma concretização, a presente invenção apresenta uma composição de concreto compreendendo de 20% a 40% em massa de cimento e de 30% a 45% em massa de agregados com granulometria de 100 μm a 450 μm , em que os agregados são selecionados do grupo de aditivos minerais, areia, pedra ou combinações dos mesmos.

[0047] Em uma concretização, a presente invenção apresenta uma composição de concreto compreender de 10% a 25% em massa de resíduos industriais. Em uma concretização, o resíduo industrial é escória de alto forno, vidro quebrado reciclado, cinza de casca de arroz moída ou combinação dos mesmos.

[0048] Em uma concretização, o resíduo industrial é escória de alto forno. Em uma concretização, a escória de alto forno compreende pelo menos 95% das partículas com granulometria menor que 1000 μm .

[0049] Em uma concretização, a presente invenção apresenta uma composição de concreto compreendendo de 1% a 10% em massa de uma solução aquosa de aditivos para concreto. Em uma concretização, solução aquosa de aditivos para concreto estar em uma proporção de 1:5 aditivo para concreto e água em massa, respectivamente.

[0050] Em uma concretização, a presente invenção apresenta uma composição de concreto compreendendo de 0% a 5% em massa de pó de quartzo.

[0051] Em um segundo objeto, a presente invenção apresenta um processo de obtenção de uma composição de concreto compreendendo de 20% a 40% em massa de cimento e de 30% a 45% em massa de agregados com granulometria de 100 μm a 450 μm , em que há pelo menos uma etapa de moagem ou de peneiração do agregado, obtendo um agregado com granulometria entre 100 μm a 450 μm , pelo menos uma etapa de mistura da massa de cimento e da massa de agregados e pelo menos uma etapa de adição de água a essa mistura.

[0052] Em uma concretização, a presente invenção apresenta um processo de obtenção de uma composição compreendendo as etapas:

a) Misturar até homogeneização 20% a 40% em massa de cimento, 10% a 25%

em massa de resíduo industrial, 1% a 5% em massa de fumo de sílica, 0% a 5% em massa de pó de quartzo, 30% a 45% em massa de agregados;

b) Adicionar 1% a 10% em massa de aditivos para concreto, diluídos em água, à mistura, e homogeneizar,

em que os agregados tem granulometria de 100 μm a 450 μm , e o fumo de sílica possui granulometria de 5 μm a 35 μm .

[0053] Em uma concretização, o processo de obtenção de uma composição compreende uma etapa posterior à etapa b em que é adicionado de 1% a 5% em massa de fibras de aço.

[0054] Em uma concretização, o aditivo para concreto é um superplastificante. Preferencialmente, na proporção de 1 (um) quilograma por metro cúbico de plastificante para 5 (cinco) quilogramas por metro cúbico de água.

[0055] Em uma concretização do processo de obtenção da composição, a etapa a dura de 4 a 6 minutos. Em outra concretização, a etapa b do processo dura de 6 a 8 minutos.

[0056] Em uma concretização, a presente invenção apresenta um processo de obtenção de uma composição de concreto compreendendo uma etapa de cura de uma composição de concreto em que a composição é submetida a uma temperatura de 60 °C por 20 horas a 30 horas, sendo a composição de concreto obtida por um processo compreendendo as etapas:

a) Misturar até homogeneização 20% a 40% em massa de cimento, 10% a 25% em massa de resíduo industrial, 1% a 5% em massa de fumo de sílica, 0% a 5% em massa de pó de quartzo, 30% a 45% em massa de agregados;

b) Adicionar 1% a 10% em massa de aditivos para concreto, diluídos em água, à mistura, e homogeneizar;

em que os agregados tem granulometria de 100 μm a 450 μm , e o fumo de sílica possui granulometria de 5 μm a 35 μm .

[0057] Em uma concretização, o processo de obtenção de blocos de concreto compreende uma etapa de cura subsequente, em que nesta etapa de cura a composição é submetida a uma temperatura de 90 °C por 20 horas a 30 horas.

[0058] Após os tratamentos térmicos as composições são armazenadas no escuro a 20 °C.

[0059] O tratamento térmico não aumenta a resistência, mas diminui o tempo necessário para se atingir o máximo de resistência, característica muito importante para a indústria dos pré-moldados. Também diminui os efeitos demorados de retração e fluência, e incrementa a durabilidade do material.

[0060] Porém, composições de concreto podem ser construídas, in situ, sem tratamento térmico no curado. A presente invenção demonstrou que podem existir diferenças na faixa de 10% a 20% entre usar ou não usar o tratamento térmico aos 28 dias de curado. Mas mesmo com essa diferença o material ainda está na faixa de ultra-alta resistência.

[0061] Uma alternativa para o tratamento térmico pode ser que imediatamente após o esvaziamento da composição nos moldes, as amostras sejam armazenadas entre 24 horas e 72 horas com uma cobertura plástica, para evitar a perda de umidade e também para permitir o endurecimento da composição, evitando o risco de formação tardia de etringita que pode causar efeitos indesejáveis de trincas no concreto endurecido. Depois pode se armazenar em temperatura ambiente.

[0062] Em uma concretização, a presente invenção apresenta uma composição de concreto obtida por um processo compreendendo as etapas:

a) Misturar até homogeneização 20% a 40% em massa de cimento, 10% a 25% em massa de resíduo industrial, 1% a 5% em massa de fumo de sílica, 0% a 5% em massa de pó de quartzo, 30% a 45% em massa de agregados;

b) Adicionar 1% a 10% em massa de aditivos para concreto, diluídos em água, à mistura, e homogeneizar,

em que os agregados tem granulometria de 100 µm a 450 µm, e o fumo de sílica possui granulometria de 5 µm a 35 µm.

[0063] Em uma concretização, a presente invenção apresenta uma composição de concreto obtida por um processo compreendendo as etapas:

a) Misturar até homogeneização 20% a 40% em massa de cimento, 10% a 25%

em massa de resíduo industrial, 1% a 5% em massa de fumo de sílica, 0% a 5% em massa de pó de quartzo, 30% a 45% em massa de agregados;

b) Adicionar 1% a 10% em massa de aditivos para concreto, diluídos em água, à mistura, e homogeneizar;

c) Adicionar 1% a 5% em massa de fibras de aço.

em que os agregados tem granulometria de 100 µm a 450 µm, e o fumo de sílica possui granulometria de 5 µm a 35 µm.

[0064] Em uma concretização, a presente invenção apresenta uma composição de concreto obtida por um processo compreendendo pelo menos uma etapa de cura.

[0065] Em um terceiro objeto, a presente invenção apresenta um uso da composição de concreto no reforço de estruturas de construção civil.

[0066] Em um quarto objeto, a presente invenção apresenta o uso da composição de concreto como vigas de suporte para a construção civil,

[0067] Em uma concretização, a composição é lançada em moldes para estruturas de construção civil. Preferencialmente, após o lançamento da composição nos moldes, eles são compactados.

[0068] A ultra-alta resistência das composições da presente invenção implica o uso de maiores quantidades de cimento, portanto, em uma concretização sua redução ou substituição parcial por resíduos industriais sem afetar o desempenho do material é uma ação que considera critérios de sustentabilidade aplicáveis no curto prazo.

[0069] Em uma concretização, a presente invenção apresenta uma composição compreendendo um resíduo industrial produzido na indústria siderúrgica brasileira.

[0070] Aditivos minerais também podem ser incluídos na composição para melhorar o desempenho, como o uso de Wollastonita, Basalto triturado e fumaça de sílica de Zircônio.

[0071] As composições da presente invenção apresentam diversas vantagens frente ao estado da técnica, por exemplo: as composições são ideais para serem

usadas como material de reforço, são de fácil colocação em ambientes com restrição de espaço; rápido endurecimento e ganho de resistência aos poucos dias de curado, ideal para indústria de pré-moldados ou como material de reforço em estruturas existentes cujo funcionamento não pode ser detido, como em viadutos ou pontes; durabilidade em longo prazo, ideal para diminuir orçamentos públicos de manutenção e facilitar investimento em novas obras; resistência cinco vezes maior quando comparada ao concreto convencional; capacidade de suporte de cargas depois de fissurado; capacidade de suportar tensões de tração, permitindo diminuir quantidades de aço, causando economia na mão de obra, equipamento e transporte de materiais; permite a construção de elementos estruturais menores para suportar as mesmas cargas quando comparada ao concreto convencional; grande capacidade de absorção de energia, ideal como material para a indústria militar ou de segurança e defesa; versatilidade arquitetônica, podendo ser usado em painéis ou em elementos de fachada.

[0072] A norma de concreto armado vigente no Brasil define aos concretos com resistência à compressão entre 50 MPa a 90 MPa como de alta resistência. As composições da presente invenção possuem entre 30% a 70% mais resistência.

[0073] Em uma concretização, a composição de concreto da presente invenção têm uma densa matriz com mínima porosidade, portanto as fibras de aço permanecem mais protegidas ante os agentes corrosivos do meio ambiente e por tanto é mais durável.

[0074] As composições da presente invenção apresentam alta ductilidade, maior resistência ao impacto e, portanto requerem menor investimento em manutenção., além de suportarem maiores tensões de tração, e permitem construir elementos estruturais que continuam suportando carga depois de fissurados, por tanto os fatores de segurança podem ser menos conservadores e mais econômicos.

[0075] Na presente invenção, quando o termo granulometria for utilizado, os tamanhos das partículas serão referentes ao seu diâmetro médio.

[0076] Na presente invenção, o termo aditivos para concreto compreende

plastificantes, superplastificantes, redutores de água, controladores de hidratação, incorporadores de ar, modificadores de viscosidade, aceleradores e outros aditivos comuns no estado da técnica.

[0077] Preferencialmente, o aditivo para concreto seria um superplastificante de pega normal de terceira geração, que permite uma alta redução de água, mantendo uma excelente fluidez e ótima coesão da massa de concreto. Um exemplo de tal superplastificante seria uma solução de policarboxilato em meio aquoso.

[0078] Na presente invenção, entende-se composição de concreto como uma composição própria para produzir concreto, seja na forma sólida (pó ou massa) ou líquida.

Exemplos

[0079] Os exemplos aqui mostrados têm o intuito somente de exemplificar uma das inúmeras maneiras de se realizar a invenção, contudo sem limitar, o escopo da mesma.

Processo de Produção

[0080] Foram fabricados diferentes corpos de prova cilíndricos para os quais se determinou a resistência a compressões, trações uniaxiais e flexões. Os materiais utilizados nos corpos de prova foram: (i) 37,50% a 40% em massa de cimento CP-V de alta resistência inicial; (ii) 10,32% em massa de escória de alto forno (escória de alto forno com 44,5% em massa de CaO; 30,2% em massa de SiO₂; 7,9% em massa de Al₂O₃; 7,5% em massa de FeO₃; 3,8% em massa de Cr₂O₃; 2,7% em massa de SO₃) produzida a partir de processos siderúrgicos; (iii) 4,67% em massa de fumo de sílica, coletado como subproduto da produção de ligas de silício e ferrosilício, com granulometria entre 8,22 µm e 32,23 µm; (iv) 4,67% em massa de pó de quartzo, de uso comercial; (v) 30,94% a 35% em massa de areia de sílica com granulometria entre 102,8 µm e 408,4 µm; (vi) 1,57% em massa de aditivos químicos diluídos em água (7,26% em massa); e (vii) de 1% a 3,10% em massa de micro e macro fibras de aço.

[0081] A escória de alto forno utilizada na presente invenção apresenta partículas com granulometria entre 0 µm a 0,1 µm (0,052% em massa), partículas com granulometria entre 0,1 a 1 µm (0,328% em massa), partículas com granulometria entre 1 µm a 10 µm (0,668% em massa), partículas com granulometria entre 10 µm a 100 µm (7,464% em massa), partículas com granulometria entre 100 µm a 1000 µm (87,80% em massa) e partículas com granulometria maior que 1000 µm (3,688% em massa).

[0082] Para produzir os corpos de prova primeiramente os materiais foram pesados e colocados em uma misturadora de argamassa na seguinte ordem: fumo de sílica, cimento, escória de alto forno, pó de quartzo (quando presente) e areia de sílica (agregado). Os materiais secos foram misturados por aproximadamente 5 minutos, até homogeneização, antes de adicionar os aditivos, plastificantes, em solução aquosa. Todos os materiais foram misturados por 10 a 15 minutos, até que a mistura se converta em uma pasta de concreto úmida. Nesse estado a composição está pronta e as fibras de aço podem ser adicionadas. Após a adição das fibras de aço, as misturas são misturadas por 2 minutos adicionais.

[0083] As composições foram lançadas nos moldes cilíndricos para virarem corpos de prova, onde podem ser compactadas por uma mesa vibratória por 1 minuto. Os corpos de prova foram então armazenados e cobertos com uma manta plástica por 24 horas.

[0084] Após esse período, foi realizado um tratamento térmico que consistiu de submergir os corpos de prova em um banho térmico a 60 °C por 24 horas. Outro tratamento térmico de 24 horas foi realizado, em que o banho térmico estava a 90 °C.

[0085] Os corpos de prova foram então armazenados em uma câmara úmida a temperatura de 20 °C até o dia dos ensaios.

Ensaio de Resistência

[0086] Os ensaios de resistência a compressão uniaxial se realizou usando uma prensa hidráulica (Universal Testing Machine) marca Shimadzu, modelo UH-

F2000kNA com uma capacidade de 2000kN. Antes do ensaio, as faces planas dos corpos de prova foram niveladas usando uma retificadora. Então se mede a altura e o peso de cada corpo de prova para verifica a necessidade de aplicar algum fator de correção na resistência.

[0087] Durante a execução do teste de compressão nos corpos de prova fabricados com concreto tradicional, quando a primeira trinca é formada, a deformação lateral excede sua capacidade de tração e os espécimes sem fibras perdem sua resistência total e falham abruptamente e explosivamente. Em contraste, as amostras fabricadas com as composições da presente invenção se comportam elasticamente até aproximadamente 90-95% de sua resistência à compressão. Após atingir a resistência máxima, ocorre um amolecimento progressivo da deformação em que a presença de fibras regula o comportamento para subseqüentemente produzir a falha da compressão dúctil.

[0088] O método de medição da compressão uniaxial utilizado consiste em colocar no corpo de teste dois anéis circulares com um LVDT (do inglês Linear Variable Differential Transformer ou Transformador Diferencial Variável Linear) apenas para medir o estado elástico do teste e, adicionalmente, um LDVT é colocado paralelo à amostra para medir o movimento da cabeça da máquina de teste, permitindo o registro do estágio pós-trinca. Na parte linearmente elástica, calcula-se o valor da deformação dividindo o deslocamento médio dos LVDTs pelo comprimento de medição inicial mantido pelos anéis circulares. Posteriormente, com o aparecimento da primeira trinca, ocorre uma fase de multi-trinca, na qual a deformação é obtida dividindo-se o deslocamento médio do LVDT externo (aquele que mede o deslocamento da cabeça da prensa) pela altura total do espécime. O esforço nesse estágio foi obtido dividindo a carga da máquina pela área da seção transversal do cilindro (Figura 9).

[0089] Vinte corpos de prova cilíndricos (CP) foram testados (tabela 1 e figura 2) para obter os resultados médios da resistência máxima a compressão ($\sigma_{\text{máx}}$) que a composição pode suportar, cujos resultados estão na faixa de 140 MPa a 160 MPa e o Módulo de Elasticidade (E) está na faixa de 43000 MPa a 52000

MPa. Esses valores servem de base para o cálculo e projeto dos elementos estruturais (vigas, lajes e pilares) fabricados com as composições. Valores de resistência à compressão comumente usados nos projetos variam entre 30 MPa a 50 MPa, a resistência à compressão das composições da presente invenção é cerca de cinco vezes maior.

Tabela 1. Resultados de compressão (σ), deformações (ϵ) originadas por essa compressão e módulo de elasticidade (E).

CP	σ (MPa)	ϵ	E (MPa)
1	153,83	0,00362	50709,08
2	146,50	0,00325	44504,42
3	145,64	0,00328	46104,34
4	157,77	0,00333	49550,52
5	150,35	0,00328	48208,94
6	150,42	0,00324	46779,80
7	146,42	0,00344	47503,18
8	152,40	0,00481	45801,97
9	152,62	0,00382	44547,82
10	155,21	0,00333	46556,12
11	144,38	0,00379	43768,45
12	159,23	0,00326	50798,62
13	146,92	0,00371	47035,08
14	150,41	0,00328	49183,89
15	149,86	0,00332	49129,41
16	149,86	0,00321	48192,94
17	145,98	0,00327	45522,25
18	150,03	0,00306	49293,08
19	151,92	0,00304	49595,20
20	158,01	0,00311	51374,18
Média	150,89		47707,96

[0090] Para os testes de tração direta (σ), quatro ensaios foram realizados sob lajes tipo Dog-Bone de concreto fabricadas com a composição da presente invenção incluindo 2% de fibras de aço (Tabela 2 e figura 3). Os resultados médios mostram que a resistência máxima à tração ($\sigma_{m\acute{a}x}$) que a composição pode suportar está na faixa de 8 MPa a 11 MPa. Esses valores servem de base para o cálculo e projeto dos elementos estruturais fabricados com as composições de concreto. Valores de resistência à tração comumente usados nos projetos variam entre 2 MPa a 5 MPa, as composições da presente invenção apresentam resistência até cinco vezes maior.

Tabela 2. Resultados dos ensaios de tração direta.

Corpo de prova (CP)	σ (MPa)
CP-1	9,69
CP-2	10,24
CP-3	8,84
CP-4	8,27
Média	9,26

[0091] Para os estudos sobre a força de flexão (F) que a composição pode suportar e as deflexões (δ) originadas por essa solicitação, foram realizados ensaios com seis vigas prismáticas de concreto incluindo 2% de fibras (tabela 3 e figura 4). Os resultados médios mostram que a força máxima à flexão (F) que a composição pode suportar está na faixa de 20 kN a 27 kN. Esses valores servem de base para o cálculo e projeto de vigas fabricadas com composições de concreto.

Tabela 3. Resultados dos ensaios de força máxima à flexão.

Corpo de prova (CP)	F (kN)
CP-1	21,00

CP-2	20,77
CP-3	22,50
CP-4	22,00
CP-5	23,43
CP-6	26,39
Média	22,68

[0092] Ensaaios para analisar os esforços a flexão (σ) que a composição pode suportar e as deformações (ϵ) originadas por essa solicitação, essa análise foi determinada a partir dos testes de fratura efetuados em seis vigas de concreto com ranhuras no vão inferior (figura 6). A curva multilinear da figura 6 pode ser usada por engenheiros como ferramenta para calcular e projetar vigas fabricadas com composições de concreto.

[0093] Os gráficos das figuras 7 e 8 vêm dos testes experimentais à flexão realizados em vigas fabricadas com composições de concreto incluindo 1% e 2% de fibras respectivamente. Usando cada uma dessas curvas foi calculada a energia de fratura (G_F) do material pra verificar a capacidade da absorção de energia das composições de concreto, característica indispensável para a fabricação de elementos estruturais que possam suportar cargas dinâmicas ou de impacto, ver tabelas 4 e 5 para 1% e 2% de fibras respectivamente.

Tabela 4. Cálculos das energias de fratura (G_F) para corpos de prova com 1% de fibras de aço.

Corpo de prova (CP)	G_F (kJ/m ²)
CP-1	11,66
CP-2	18,75
CP-3	15,42
CP-4	19,22
Média	16,26

Tabela 5. Cálculos das energias de fratura (G_F) para corpos de prova com 2% de fibras de aço.

Corpo de prova (CP)	G_F (kJ/m ²)
CP-1	23,76
CP-2	18,64
CP-3	22,35
CP-4	19,38
CP-5	28,89
CP-6	52,83
Média	27,64

[0094] Os versados na arte valorizarão os conhecimentos aqui apresentados e poderão reproduzir a invenção nas modalidades apresentadas e em outras variantes e alternativas, abrangidas pelo escopo das reivindicações a seguir.

Reivindicações

1. Composição de concreto **caracterizada por** compreender de 20% a 40% em massa de cimento e de 30% a 45% em massa de agregados com granulometria de 100 µm a 450 µm.

2. Composição de concreto de acordo com a reivindicação 1 **caracterizada por** compreender de 1% a 5% em massa de fumo de sílica com granulometria de 5 µm a 35 µm.

3. Composição de concreto de acordo com a reivindicação 1 ou 2 **caracterizada por** compreender de 1% a 5% em massa de fibras resistentes à tração.

4. Composição de concreto de acordo com a reivindicação 3 **caracterizada por** fibras resistentes à tração serem fibras de aço, fibras de polipropileno ou combinação das mesmas.

5. Composição de concreto de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4 **caracterizada por** agregados serem selecionados do grupo de aditivos minerais, areia, pedra ou combinações dos mesmos.

6. Composição de concreto de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 e 5 **caracterizada por** compreender de 10% a 25% em massa de resíduos industriais.

7. Composição de concreto de acordo a reivindicação 6 **caracterizada por** resíduos industriais serem escória de alto forno.

8. Composição de concreto de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7 **caracterizada por** compreender de 1% a 10% em massa de uma solução aquosa de aditivos para concreto.

9. Composição de concreto de acordo com a reivindicação 8 **caracterizada pela** solução aquosa de aditivos para concreto estar em uma proporção de 1:5 aditivo para concreto e água em massa, respectivamente.

10. Composição de concreto de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9 **caracterizada por** compreender de 0% a 5% em massa de

pó de quartzo.

11. Processo de obtenção de uma composição de concreto conforme definida em qualquer uma das reivindicações 1 a 10 **caracterizado por** compreender:

a) pelo menos uma etapa de moagem ou de peneiração do agregado, obtendo um agregado com granulometria entre 100 µm a 450 µm;

b) pelo menos uma etapa de mistura da massa de cimento e da massa de agregados;

c) pelo menos uma etapa de adição de água a essa mistura.

12. Processo de obtenção de uma composição de concreto de acordo com a reivindicação 11 **caracterizado por** compreender uma etapa de cura, em que a composição é submetida a uma temperatura de 60 °C por 20 horas a 30 horas.

13. Processo de obtenção de uma composição de concreto de acordo com a reivindicação 12 **caracterizado por** compreender uma etapa de cura adicional, em que nesta etapa de cura a composição é submetida a uma temperatura de 90 °C por 20 horas a 30 horas.

14. Uso de uma composição de concreto conforme definida em qualquer uma das reivindicações 1 a 10 **caracterizado por** ser no reforço de estruturas de construção civil.

15. Uso de uma composição de concreto conforme definida em qualquer uma das reivindicações 1 a 10 **caracterizado por** ser na produção de vigas de suporte para construção civil.

FIGURAS

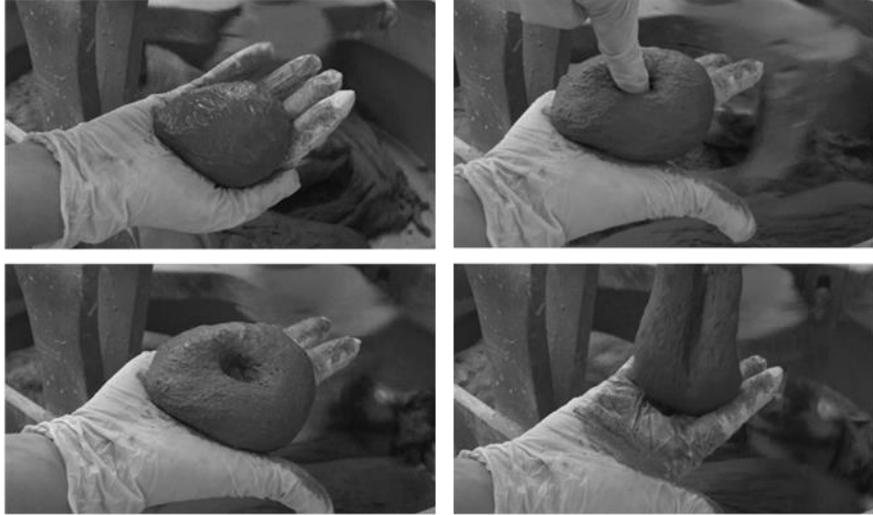


Figura 1

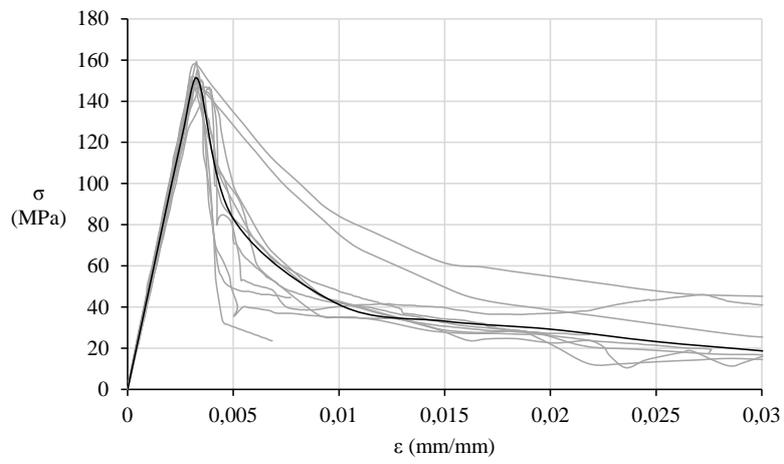


Figura 2

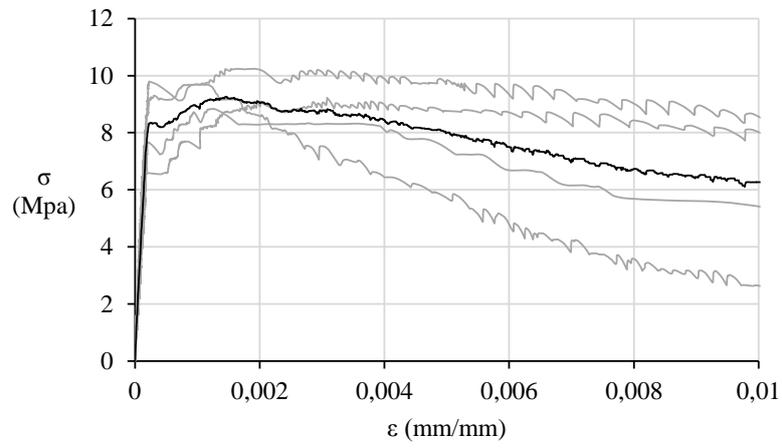


Figura 3

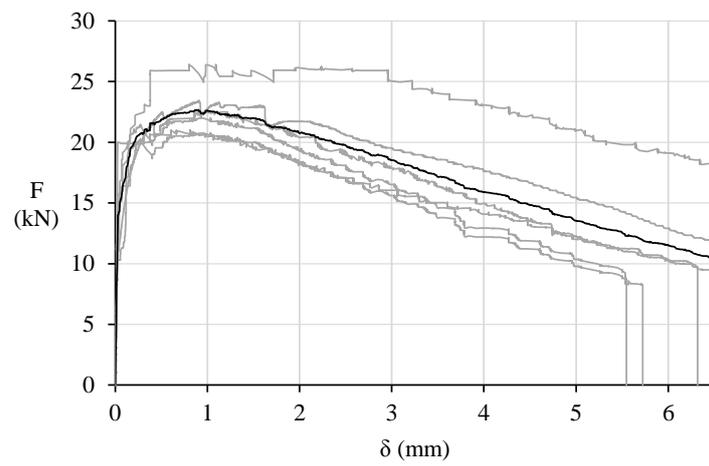


Figura 4



Figura 5

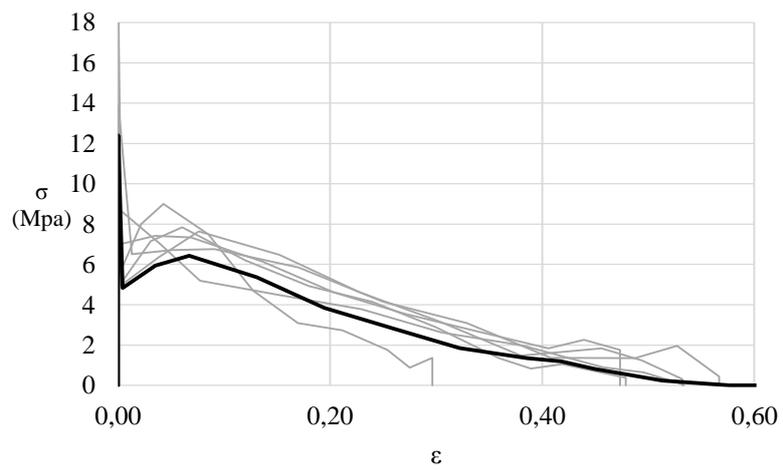


Figura 6

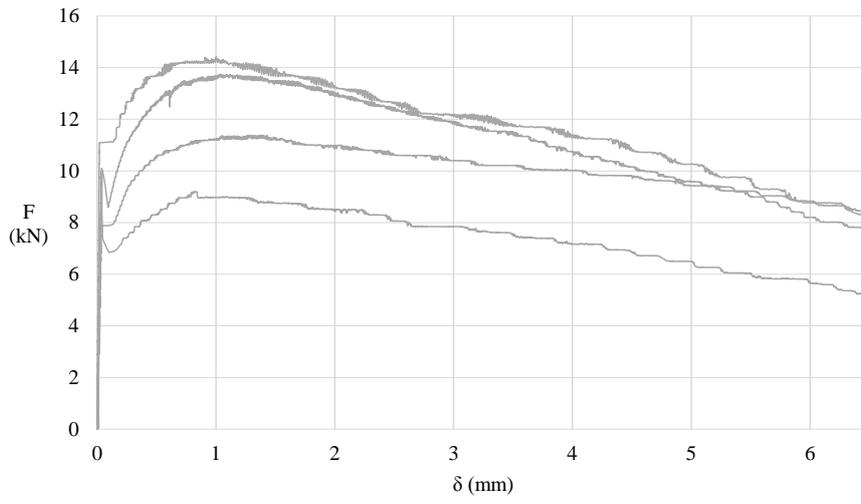


Figura 7

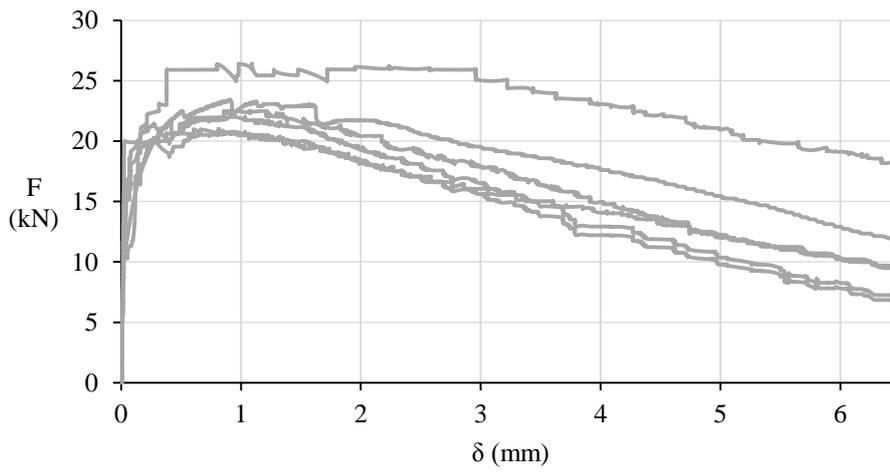


Figura 8



Figura 9

Resumo

COMPOSIÇÃO DE CONCRETO, PROCESSO DE OBTENÇÃO DE UMA
COMPOSIÇÃO DE CONCRETO E USOS DE UMA COMPOSIÇÃO DE
CONCRETO

A presente invenção descreve uma composição de concreto, um processo de obtenção de uma composição de concreto e o uso de uma composição de concreto. A presente invenção se situa nos campos da Química, Engenharia de Materiais e Engenharia Civil.