Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.08, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3898

ESTUDO DA SUBSTITUIÇÃO DA AREIA PELO MASSARÁ LAVADO NA PRODUÇÃO DE CONCRETOS ESTRUTURAIS DE 25, 30 E 35 MPA EM TERESINA-PI

STUDY OF THE REPLACEMENT OF SAND BY WASHED MASSARÁ IN THE PRODUCTION OF STRUCTURAL CONCRETES OF 25, 30 AND 35 MPA IN TERESINA-PI

Francisco Arlon de Oliveira Chaves
Especialista, Universidade Estadual do Piauí - UESPI, Brasil
E-mail: arlon.chaves@ifpi.edu.br

Lorena da Silva Araújo Pereira
Especialista, Secretaria de Educação do Piauí, Brasil
E-mail: loreníssima_11@hotmail.com

Guilherme Luíz de Oliveira Neto
Doutor, Instituto Federal do Piauí - IFPI, Brasil
guilherme@ifpi.edu.br

Roberto Arruda Lima Soares
Doutor, Instituto Federal do Piauí - IFPI, Brasil
E-mail: robertoarruda@ifpi.edu.br

Evandro de Carvalho Ribeiro
Mestre, Universidade de Brasília - UnB, Brasil
E-mail: eng.prof.evandro@gmail.com

Ana Gabriela Lima Pacífico
Especialista, Centro Educacional - BSSP, Brasil
E-mail: anagabrielalimap@gmail.com

Recebido: 01/04/2025 – Aceito: 29/04/2025

RESUMO

Em Teresina-PI, onde a maior parte da cidade está situada entre os rios Poti e Parnaíba, o uso de areia na produção de concreto tornou-se uma prática comum. No entanto, a qualidade da areia usada para dosagem de concreto é frequentemente insatisfatória, com um módulo de finura abaixo do padrão estabelecido pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). A escassez de estudos específicos, a ausência de beneficiamento adequado, a falta de conhecimento técnico na área e o uso incorreto levaram a uma rejeição do "massará" por parte dos profissionais da construção civil e de grande parte da população teresinense. Essa situação levou à obsolescência do material, resultando em sua desvalorização no mercado regional. Este estudo visa caracterizar mecanicamente o concreto utilizando o "massará" lavado como agregado miúdo em substituição à areia, mantendo as mesmas proporções de agregados, água e cimento do concreto convencional. O cimento utilizado é o CP IV-F 40 que é o mesmo utilizado nas grandes usinas de concreto na cidade de Teresina. Foram conduzidos ensaios de granulometria, abatimento do tronco de cone e compressão axial de corpos de prova cilíndricos. Os resultados dos ensaios mostraram

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3898

que o "massará" lavado apresenta uma resistência à compressão semelhante à do concreto convencional, demonstrando sua viabilidade como alternativa de agregado miúdo na produção de concreto. Este estudo sugere uma nova alternativa para a dosagem do concreto, especialmente considerando a crescente escassez de jazidas de agregados devido à alta demanda do mercado consumidor.

Palavras-chave: Concreto; Agregado miúdo; Massará; Sustentabilidade; Construção civil.

ABSTRACT

In Teresina-PI, where most of the city is situated between the Poti and Parnaíba rivers, the use of sand in concrete production has become a common practice. However, the quality of the sand used for concrete mixing is often unsatisfactory, with a fineness modulus below the standard established by ABNT (Brazilian Association of Technical Standards). The lack of specific studies, the absence of proper beneficiation, the lack of technical knowledge in the area, and incorrect usage have led to the rejection of "massará" by civil construction professionals and a large part of the Teresina population. This situation has resulted in the material becoming obsolete and losing value in the regional market.
This study aims to mechanically characterize concrete using washed "massará" as fine aggregate instead of sand, maintaining the same proportions of aggregates, water, and cement as conventional concrete. The cement used is CP IV-F 40, the same type employed in large concrete plants in Teresina. Granulometry tests, slump cone tests, and axial compression tests on cylindrical specimens were conducted. The test results showed that washed "massará" exhibits compression strength similar to that of conventional concrete, demonstrating its viability as an alternative fine aggregate in concrete production. This study suggests a new alternative for concrete mixing, especially considering the increasing scarcity of aggregate deposits due to high market demand.

Keywords: Concrete; Fine aggregate; Massará; Sustainability; Civil construction**.**

1 INTRODUÇÃO

Por questões de sobrevivência, dentre as quais a proteção do frio e do calor e defesa de ataques de animais, mobilidade, expansão de territórios, o homem sentiu a necessidade cada vez maior de buscar recursos cada vez mais resistentes para a construção de moradias e grandes edificações. Ao longo do tempo, ele soube tirar proveito dos recursos naturais disponíveis para aprimorar o material utilizado nas bases de suas construções. Pereira, J. A., & Lima, H. M. C. (2015).

O concreto é, indiscutivelmente, o material de construção mais utilizado no mundo, sendo a areia responsável por aproximadamente 30% de seu volume. Diante disso, torna-se essencial a busca por novas abordagens e alternativas para a obtenção desse agregado, garantindo a eficiência e a qualidade das estruturas construídas (Silva & Santos, 2023). O objetivo deste trabalho é investigar o uso do agregado miúdo do tipo massará como substituto da areia na composição do concreto, preservando suas propriedades físicas e mecânicas.

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3898

Diante desse cenário, surgem questões fundamentais: o massará lavado pode ser uma alternativa viável para substituir a areia como agregado miúdo na composição do concreto? Além disso, seu emprego contribuiria para tornar o material resultante mais resistente e economicamente viável? Essas indagações abrem caminho para uma investigação promissora, possibilitando novas abordagens na produção do concreto e impulsionando soluções inovadoras para a construção civil.

Vale ressaltar que o massará é obtido por meio da lavagem do material proveniente das jazidas, sendo parte do processo de obtenção do seixo rolado, um agregado graúdo utilizado na fabricação do concreto. Essa substituição potencial da areia pelo massará não apenas oferece vantagens econômicas, mas também contribui para a sustentabilidade ambiental da indústria da construção civil.

A utilização do massará lavado como substituto da areia oferece uma alternativa promissora, pois, além de reduzir os custos de produção do concreto em comparação com o uso de areia, essa mudança pode impactar positivamente a economia do mercado da construção civil, possibilitando a realização de obras com custos finais mais baixos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 TIPOS DE AGREGADOS

Os agregados são materiais essenciais na construção civil, presentes em diversas etapas e processos, como na fabricação de concreto, argamassa e pavimentação. Eles podem ser classificados em naturais ou artificiais, dependendo de sua origem, e em miúdos ou graúdos, conforme sua granulometria. A escolha do tipo adequado de agregado desempenha um papel crucial na qualidade, durabilidade e resistência das estruturas, além de influenciar diretamente aspectos como custo e sustentabilidade dos projetos. Assim, compreender as características e aplicabilidades dos diferentes tipos de agregados é indispensável para otimizar os resultados na construção civil.

2.1.1 Areia

Os agregados são materiais que, no início do desenvolvimento do concreto, eram adicionados à mistura de cimento e água com o objetivo principal de aumentar o volume e reduzir os custos. Atualmente, eles representam cerca de 80% do peso do concreto e desempenham um papel fundamental não apenas na redução da retração e no aumento da resistência, mas também na definição das propriedades do material. O tamanho, a densidade e a forma dos grãos influenciam diretamente diversas características desejáveis no concreto (Smarzewski; Stolarski, 2022).

A areia é um material de origem mineral finamente dividido em grânulos, composta basicamente de dióxido de silício, com 0,063 a 2 mm. A areia é uma substância que tem uma idade incalculável, haja vista que as rochas ígneas das quais a areia é proveniente só podem ter sido formadas, sob uma enorme pressão e a uma profundidade de 9 a 24 quilômetros da crosta terrestre, onde foram convertidas em granito. Areia é uma substância natural, proveniente da desagregação de rochas, e possui granulometria variando entre 0,05 e 5 milímetros pelas normas da ABNT NBR

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3898

7214:2015. A areia é formada, principalmente por quartzo, mas dependendo da composição da rocha da qual é originária, pode agregar outros minerais como o feldspato, mica, zircão, magnetita, ilmenita, mônazita, cassiterita, entre outros (Ribeiro; Silva; Schons, 2023).

Conforme Silva (2023), a composição mineralógica das areias pode variar amplamente, uma vez que qualquer tipo de rocha presente na superfície da crosta terrestre pode dar origem a esses sedimentos. As areias mais comuns são as quartzíticas, de cor clara, predominantemente compostas por quartzo, devido à alta resistência desse mineral à ação dos agentes externos.

2.1.2 Brita

A brita, também conhecida como pedra britada, é um insumo largamente empregado na construção civil, obtido por meio da fragmentação controlada de diversos tipos de rochas. O termo "brita" refere-se a fragmentos de rochas duras obtidos por meio do beneficiamento de blocos maiores, extraídos de maciços rochosos como granito, gnaisse, basalto e calcário, geralmente com o auxílio de explosivos.

Os principais produtos de pedreira incluem: rachão, gabião, brita graduada, brita corrida, brita 0 (pedrisco), brita 1, brita 2, brita 3, brita 4, brita 5, pó de pedra e areia de brita. Cada uma dessas classificações é determinada pelo tamanho dos fragmentos e sua aplicação específica na construção civil.

As rochas utilizadas para a produção de brita são amplamente encontradas na natureza, sendo consideradas recursos minerais abundantes e de grande importância para a infraestrutura e a engenharia civil.

2.1.3 Agregado miúdo

De acordo com a Norma ABNT NBR 9935/2005, os agregados são materiais granulares sem forma e volume definidos, geralmente inertes, com dimensões e propriedades adequadas para aplicação na construção civil. Para garantir seu uso eficiente, os agregados devem apresentar boa resistência mecânica à compressão e à abrasão, além de possuir alta durabilidade, resistindo a agentes agressivos do meio ambiente.

Outro requisito essencial para a qualidade dos agregados é a ausência de substâncias deletérias, que podem comprometer o desempenho das misturas cimentícias. Essas substâncias incluem impurezas que interferem no processo de hidratação do cimento, partículas que recobrem a superfície do agregado, dificultando sua aderência à pasta de cimento, e fragmentos frágeis ou friáveis que podem comprometer a resistência e a durabilidade do concreto e das argamassas.

Na construção civil da região de Teresina, destacam-se, entre os principais tipos de agregados utilizados, as areias e os seixos rolados, amplamente encontrados nas planícies e terraços fluviais da capital. As maiores reservas desses minerais estão localizadas ao longo dos vales dos rios Parnaíba e Poti, bem como em seu interflúvio. Essas áreas representam as principais fontes de materiais para a construção civil na região, fornecendo insumos essenciais para diversas aplicações estruturais.

2.2 AGREGADOS ALTERNATIVOS PARA CONCRETO

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3898

Devido ao seu custo significativamente inferior ao do cimento, o estudo dos agregados é fundamental para a engenharia civil. A seleção adequada desses materiais deve ser baseada em ensaios de controle tecnológico, conforme estabelecido na NBR 12.654, garantindo a qualidade e o desempenho do concreto. Segundo Donaire (2023), a sustentabilidade tornou-se um fator essencial para a competitividade das empresas, influenciando diretamente sua permanência no mercado e suas oportunidades de negócio. Além disso, posturas não sustentáveis podem comprometer a credibilidade institucional, impulsionando mudanças nos conceitos e processos produtivos em diversos setores.

Com o objetivo de otimizar a utilização dos agregados reciclados na construção civil e ampliar as possibilidades de sua aplicação em produtos específicos, diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas para avaliar sua viabilidade técnica. Um exemplo notável dessa aplicação é encontrado em grandes rodovias americanas, como a rodovia de Michigan, nos Estados Unidos. Seu histórico demonstra que, durante o processo construtivo, a utilização de agregados reciclados provenientes da própria seção da pista foi um fator essencial. Dessa forma, essa rodovia tornou-se a primeira, em larga escala, a empregar matéria-prima reciclável em sua construção (MEHTA, 2014).

No Brasil, algumas administrações municipais, como as de Belo Horizonte e de cidades do interior paulista, têm adotado a reciclagem de resíduos da construção e demolição como uma alternativa para mitigar os impactos causados pelo descarte inadequado de entulhos. Esse problema tem se agravado nas grandes metrópoles do país, tornando-se um desafio ambiental e logístico cada vez mais significativo.

2.2.1 Massará

O termo **massará** é uma designação regional utilizada nas áreas de Teresina e Timon para definir um sedimento conglomerático. Devido às suas propriedades, esse material possui diversas aplicações na construção civil. No passado, quando misturado ao cimento Portland, era amplamente empregado na produção de argamassas para assentamento e reboco. No entanto, seu uso foi gradualmente abandonado devido a problemas relacionados à durabilidade para essa finalidade nas obras.

Atualmente, o massará é utilizado principalmente como material de aterro e em outras aplicações de menor relevância na construção civil. Como consequência, seu valor comercial se tornou baixo, uma vez que os construtores não o consideram um insumo essencial para suas obras (Correia Filho; Moita, 1997).

O massará é um material coeso composto por camadas de seixos incorporados em uma matriz areno-argilosa. As camadas superiores, constituídas por materiais de granulometria mais fina, permanecem estratificadas ao longo do tempo, formando acamamentos que passaram por processos de litificação. Esses depósitos são continuamente afetados pela erosão, principalmente devido à ação das águas pluviais, o que contribui para sua dissecação e transformação ao longo dos anos (Pinheiro, 1989).

O uso do massará foi tão difundido na região de Teresina que a prefeitura da capital implantou um programa denominado “Massará do Povo”, de cunho puramente social e político. O programa objetivava atender a população de baixa renda, na construção de

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3898

casas populares. A prefeitura, por meio de desse programa, fornecia gratuitamente o massará e outros materiais, sendo que a própria população, em regime de mutirão ou isoladamente, construía suas casas. (Correia Filho; Moita, 1997).

Do final dos anos 80 até meados da década de 90, o massará comportou-se como o material para construção civil mais demandado, principalmente para a construção de moradias de parcela da população de menor poder aquisitivo. Segundo informações dos produtores e comerciantes de bens minerais para a construção civil na Região de Teresina, nas últimas duas décadas, ocorreu uma nova configuração do uso de materiais na construção civil da capital, com o crescimento da demanda por massará. Tal fato decorreu das inadequações tecnológicas que o barro revelou ao exibir bolhas que estouravam quando a argamassa se encontrava seca. Por isso, o barro foi paulatinamente sendo substituído pelo massará na argamassa, principalmente na aplicação de reboco de paredes (Evangelista, 2009).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a execução deste estudo, foram empregados cimento Portland composto do tipo CP IV-F 40, britas graduadas com dimensões de 12 mm e 19 mm, água potável, aditivo plastificante, areia extraída de rios locais e massará lavado oriundo de jazidas situadas na região de Teresina-PI. A metodologia experimental compreendeu as seguintes etapas: coleta e preparação das amostras de areia e massará lavado; realização de ensaios de caracterização física dos agregados, contemplando análise granulométrica e determinação do módulo de finura; dosagem dos traços de concreto visando resistências características à compressão de 25 MPa, 30 MPa e 35 MPa; moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos sob condições controladas de temperatura e umidade; execução do ensaio de abatimento do tronco de cone (slump test) para avaliação da trabalhabilidade dos concretos; e realização dos ensaios de resistência à compressão axial aos 3, 7, 28 e 91 dias de idade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processo de extração de matéria-prima para a produção de agregados envolve a retirada de seixo lavado e massará. Esta etapa é fundamental para garantir a qualidade dos materiais utilizados na construção civil. Durante o beneficiamento, o seixo lavado e o massará são separados do material bruto e encaminhados para as etapas subsequentes do processo de produção. Este procedimento é realizado em usinas de beneficiamento, onde a matéria-prima é tratada e processada de acordo com as especificações necessárias para sua utilização na construção de diferentes estruturas e obras civis.

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.08, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3898

Figura 1 - Matéria bruta para extrair o massará.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 2 - Massará após o processo de lavagem.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Os resultados obtidos demonstraram que o massará lavado apresentou módulo de finura de 2,6, indicando uma granulometria adequada para sua utilização como substituto da areia natural, conforme os requisitos da NBR 7211.

Figura 3 – Jogos de peneiras



Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 4 – Análise granulométrica da areia e massará



Fonte: Autoria própria, 2023.

A consistência dos concretos foi considerada satisfatória em todos os traços analisados, com valores de abatimento (Slump) compatíveis com as exigências para aplicações usuais em obras de construção civil.

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.08, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3898

Figura 5 - Ensaio de Slump Test do concreto.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 6 - Ensaio de Slump Test do concreto.



Fonte: Autoria própria, 2023.

As resistências à compressão aos 28 dias de cura foram equivalentes ou superiores às obtidas nos concretos confeccionados com areia natural, com destaque para os traços de 30 MPa e 35 MPa utilizando massará lavado.

Tabela 1: Resultados da resistência à compressão aos 3 dias para concretos com resistência característica de 25 MPa, utilizando os dois tipos de agregados miúdos: areia e massará lavado.

Tipo de Concreto	Resultado 1 (MPa)	Resultado 2 (MPa)	Resultado 3 (MPa)	Média (MPa)
25MPa (Areia)	24,18	24,26	26,46	24,97
25MPa (Massará)	27,18	27,85	28,27	27,77

Fonte: Autoria própria, 2024.

Tabela 2: Resultados da resistência à compressão aos 3 dias para concretos com resistência característica de 30 MPa, utilizando os dois tipos de agregados miúdos: areia e massará lavado.

Tipo de Concreto	Resultado 1 (MPa)	Resultado 2 (MPa)	Resultado 3 (MPa)	Média (MPa)
30MPa (Areia)	31,41	28,98	32,79	31,06
30MPa (Massará)	33,77	33,22	34,94	33,98

Fonte: Autoria própria, 2024.

Tabela 3: Resultados da resistência à compressão aos 3 dias para concretos com resistência característica de 35 MPa, utilizando os dois tipos de agregados miúdos: areia e massará lavado.

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3898

Tipo de Concreto	Resultado 1 (MPa)	Resultado 2 (MPa)	Resultado 3 (MPa)	Média (MPa)
35MPa (Areia)	35,2	36,07	36,24	35,84
35MPa (Massará)	40,37	37,6	43,23	40,40

Fonte: Autoria própria, 2024.

Tabela 4: Resultados da resistência à compressão aos 7 dias para concretos com resistência característica de 25 MPa, utilizando os dois tipos de agregados miúdos: areia e massará lavado.

Tipo de Concreto	Resultado 1 (MPa)	Resultado 2 (MPa)	Resultado 3 (MPa)	Média (MPa)
25MPa (Areia)	30,35	29,88	29,92	30,05
25MPa (Massará)	31,67	37,80	37,50	35,66

Fonte: Autoria própria, 2024.

Tabela 5: Resultados da resistência à compressão aos 7 dias para concretos com resistência característica de 30 MPa, utilizando os dois tipos de agregados miúdos: areia e massará lavado.

Tipo de Concreto	Resultado 1 (MPa)	Resultado 2 (MPa)	Resultado 3 (MPa)	Média (MPa)
30MPa (Areia)	**31,48**	**39,58**	**41,11**	**37,39**
30MPa (Massará)	**45,75**	**41,55**	**42,67**	**43,32**

Fonte: Autoria própria, 2024.

Tabela 6: Resultados da resistência à compressão aos 7 dias para concretos com resistência característica de 35 MPa, utilizando os dois tipos de agregados miúdos: areia e massará lavado.

Tipo de Concreto	Resultado 1 (MPa)	Resultado 2 (MPa)	Resultado 3 (MPa)	Média (MPa)
35MPa (Areia)	46,12	43,52	45,59	45,08
35MPa (Massará)	46,83	48,14	46,87	47,28

Fonte: Autoria própria, 2024.

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3898

Tabela 7: Resultados da resistência à compressão aos 28 dias para concretos com resistência característica de 25 MPa, utilizando os dois tipos de agregados miúdos: areia e massará lavado.

Tipo de Concreto	Resultado 1 (MPa)	Resultado 2 (MPa)	Resultado 3 (MPa)	Média (MPa)
25MPa (Areia)	35,87	35,01	35,03	35,30
25MPa (Massará)	49,59	47,72	46,46	47,92

Fonte: Autoria própria, 2024.

Tabela 8: Resultados da resistência à compressão aos 28 dias para concretos com resistência característica de 30 MPa, utilizando os dois tipos de agregados miúdos: areia e massará lavado

Tipo de Concreto	Resultado 1 (MPa)	Resultado 2 (MPa)	Resultado 3 (MPa)	Média (MPa)
30MPa (Areia)	47,28	47,84	46,75	47,29
30MPa (Massará)	49,12	50,17	49,01	49,43

Fonte: Autoria própria, 2024.

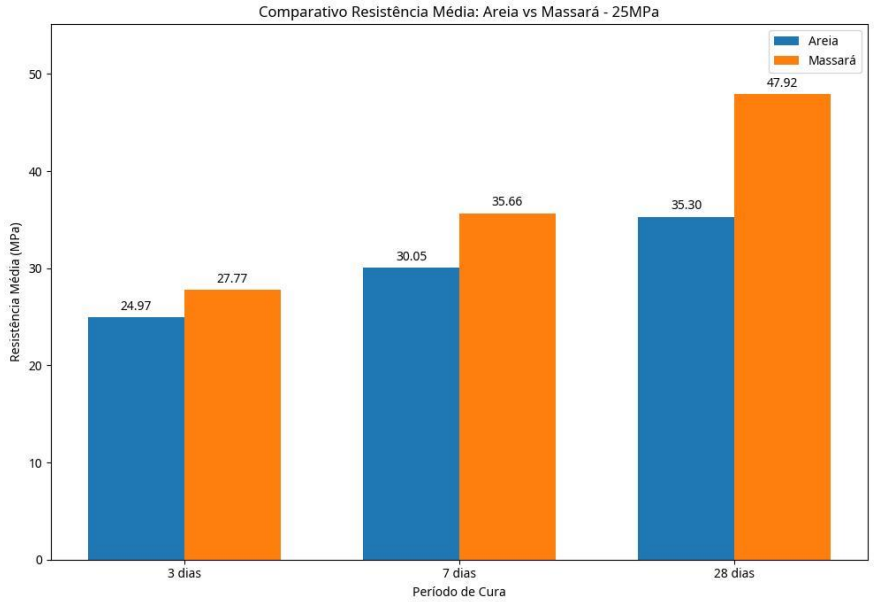
Tabela 9: Resultados da resistência à compressão aos 28 dias para concretos com resistência característica de 35 MPa, utilizando os dois tipos de agregados miúdos: areia e massará lavado

Tipo de Concreto	Resultado 1 (MPa)	Resultado 2 (MPa)	Resultado 3 (MPa)	Média (MPa)
35MPa (Areia)	46,40	48,99	47,81	47,73
35MPa (Massará)	57,10	50,71	59,73	55,85

Fonte: Autoria própria, 2024.

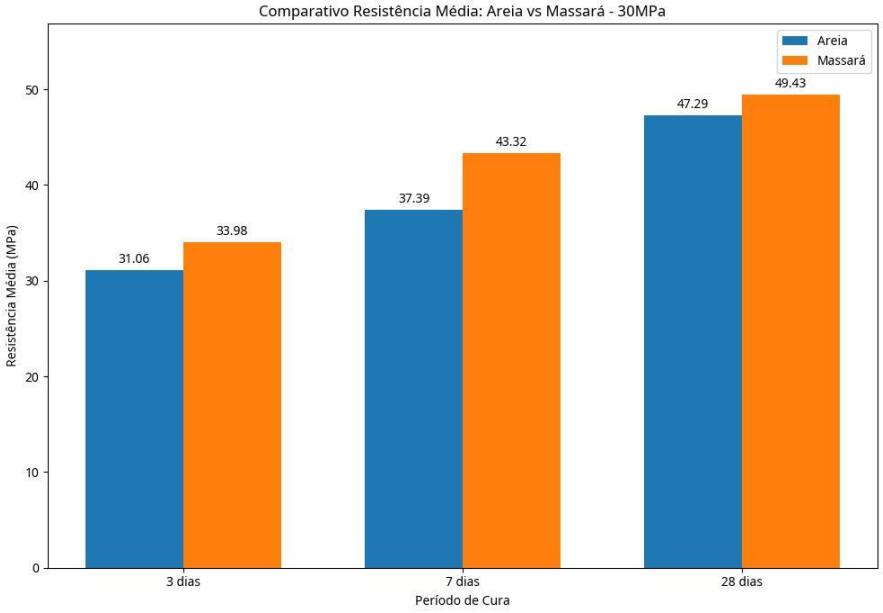
Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.08, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3898

Gráfico 1 - Evolução da Resistência à Compressão do Concreto 25MPa: Comparativo entre Agregados de Areia e Massará



Fonte: Autoria própria, 2024.

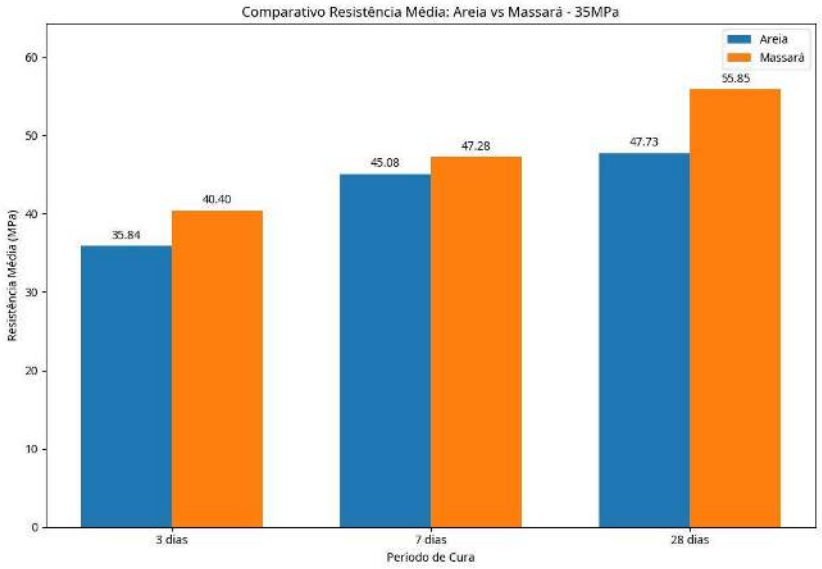
Gráfico 2 - Evolução da Resistência à Compressão do Concreto 30MPa: Comparativo entre Agregados de Areia e Massará



Fonte: Autoria própria, 2024.

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.08, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3898

Gráfico 3 - Evolução da Resistência à Compressão do Concreto 35MPa: Comparativo entre agregados de areia e massará.



Fonte: Autoria própria, 2024.

Figura 7 – Moldagem dos corpos de provas provas.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 8 - Moldagem dos corpos de provas.



Fonte: Autoria própria, 2023.

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3898

Verificou-se, ainda, que o custo de produção dos concretos com massará foi inferior ao dos produzidos com areia convencional, em função do menor custo do agregado alternativo. Dessa forma, os resultados indicam que o massará lavado atende plenamente aos critérios estabelecidos pela NBR 7211/2022, sendo tecnicamente viável e seguro para aplicações estruturais.

4.1 ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PARA DIFERENTES CLASSES DE CONCRETO (FCK 25 MPA, 30 MPA E 35 MPA)

A partir dos ensaios de compressão realizados aos **3, 7, e 28 dias** de idade, é possível observar a evolução da resistência do concreto ao longo do tempo e a influência dos diferentes tipos de agregados (areia e massará) na resistência final. Para uma avaliação técnica detalhada, os resultados serão comparados separadamente para cada resistência característica do concreto (fck).

4.1.1 Análise da evolução da resistência concreto de 25 MPa

A análise da evolução da resistência do concreto de 25 MPa é fundamental para compreender seu desempenho ao longo do tempo e garantir que as especificações técnicas sejam atendidas. Essa análise envolve ensaios realizados em diferentes idades do concreto, como 7, 14 e 28 dias, permitindo verificar o ganho gradual de resistência e confirmar a eficácia dos processos de cura e mistura. A tabela a seguir apresenta os resultados obtidos, contribuindo para o controle de qualidade e a tomada de decisões em projetos estruturais.

Tabela 10: Análise da evolução da resistência do concreto de 25 MPa.

Idade (dias)	Areia (MPa)	% Areia	Massará (MPa)	% Massará
3	**24,97**	**99,9%**	**27,77**	**111,1%**
7	**30,05**	**120,2%**	**35,66**	**142,6%**
28	**35,30**	**141,2%**	**47,92**	**191,7%**

Fonte: Autoria própria, 2024.

O concreto com areia atinge a resistência característica já aos 3 dias, com 99,9% de Fck, indicando uma boa hidratação inicial da pasta cimentícia. Aos 7 dias, já ultrapassa em 20,2% o Fck, atingindo 30,05 MPa.

Aos 28 dias, a resistência continua crescendo e chega a 141,2% do Fck, um comportamento esperado conforme a NBR 6118 (2023), que estabelece que a

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3898

resistência do concreto continua aumentando além dos 28 dias devido à hidratação prolongada do cimento.

4.2.1 Análise da evolução da resistência concreto de 30 MPa

Tabela 11: Análise da evolução da resistência do concreto de 30 MPa.

Idade (dias)	Areia (MPa)	% Areia	Massará (MPa)	% Massará
3	**31,06**	**103,5%**	**33,98**	**113,3%**
7	**37,39**	**124,6%**	**43,32**	**144,4%**
28	**47,29**	**157,6%**	**49,43**	**164,8%**

Fonte: Autoria própria, 2024.

O concreto com areia atinge 103,5% do Fck já aos 3 dias, demonstrando um bom desempenho inicial. Aos 7 dias, a resistência cresce significativamente, alcançando 124,6% acima do Fck, em conformidade com o esperado pela NBR 7212 (2012), que recomenda a utilização de aditivos para acelerar a resistência em casos de desforma rápida.

Aos 28 dias, o concreto com Massará apresenta 164,8% do Fck, o que representa um ganho significativo de resistência devido à melhor aderência dos agregados e menor porosidade da matriz.

4.2.2 Análise da evolução da resistência concreto de 35 MPa

Tabela 12: Análise da evolução da resistência do concreto de 35 MPa.

Idade (dias)	Areia (MPa)	% Areia	Massará (MPa)	% Massará
3	**35,84**	**102,4%**	**40,40**	**115,4%**
7	**45,08**	**128,8%**	**47,28**	**135,1%**
28	**47,73**	**136,4%**	**55,85**	**159,6%**

Fonte: Autoria própria, 2024.

O concreto com areia atinge 102,4% do Fck aos 3 dias, indicando uma boa reação inicial do cimento.

Aos 7 dias, a resistência do concreto com massará já supera 35% do Fck, o que pode ser explicado por uma melhor interface pasta-agregado e menor relação água/cimento (a/c).

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3898

Aos 28 dias, o concreto com Massará já apresenta 55,85 MPa, um ganho significativo, indicando que a matriz cimentícia está completando a hidratação de forma eficiente.

5 CONCLUSÕES

O estudo comprovou a viabilidade técnica do uso do massará lavado como substituto da areia natural na produção de concreto. Dentre os principais benefícios observados, destacam-se: a redução dos custos de produção; a diminuição dos impactos ambientais associados à extração de areia; a obtenção de boas propriedades mecânicas; e a adequada trabalhabilidade dos concretos produzidos. Dessa forma, o uso do massará lavado configura-se como uma solução sustentável e tecnicamente eficiente para o setor da construção civil, especialmente em regiões onde a disponibilidade de areia é limitada ou sua qualidade é insatisfatória.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7214: Concreto – Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2022.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto, Microestrutura, Propriedades e Materiais. 3ª Edição. IBRACON. São Paulo, 2014.

NEVILLE, A. M. T. S. G. **Propriedades do Concreto**. São Paulo, PINI, 1982.

PINHEIRO, T.T. **Mercado de brita na Grande São Paulo de 2002 a 2008**.

PINHEIRO, T.T. **Necessidade e importância dos agregados para a indústria da construção civil no Brasil** – in Anais do Seminário Internacional sobre Mineração em Áreas Urbanas. Pró-Minério. São Paulo, 1989.

SMARZEWSKI, P., & STOLARSKI, A. (2022). *Properties and Performance of Concrete Materials and Structures*. MDPI.

SILVA, J. L. O. Análise de propriedades mecânicas de concretos produzidos com diferentes dosagens de agregados reciclados de concreto. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Alagoas, 2023.

RIBEIRO, J. A.; SILVA, A. C.; SCHONS, E. Agregados miúdos não convencionais como alternativa na composição do concreto. Revista Foco, v. 16, n. 12, p. 1-23, 2023.

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v8i1.3898

GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. Revista de Administração de Empresas, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.

DONAIRE, D. Agregados alternativos para concretos sustentáveis. 1. ed. São Paulo: Editora XYZ, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9935: Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7212: Execução de concreto dosado em central – Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.