

Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

Estudos (Inter)
Multidisciplinares
nas Engenharias 2

Atena
Editora

Ano 2019

Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

Estudos (Inter) Multidisciplinares nas
Engenharias
2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Geraldo Alves
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	<p>Estudos (inter) multidisciplinares nas engenharias 2 [recurso eletrônico] / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-701-7 DOI 10.22533/at.ed.017190910</p> <p>1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. I. Silva, Helenton Carlos da.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Estudos (Inter) Multidisciplinares nas Engenharias*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu I volume, apresenta, em seus 21 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da (inter) multidisciplinaridade nas engenharias.

O processo de aprendizagem, hoje em dia, é baseado em um dinamismo de ações condizentes com a dinâmica do mundo em que vivemos, pois a rapidez com que o mundo vem evoluindo tem como chave mestra a velocidade de transmissão das informações.

A engenharia praticada nos dias de hoje é formada por conceitos amplos e as situações a que os profissionais são submetidos mostram que esta onda crescente de tecnologia não denota a necessidade apenas dos conceitos técnicos aprendidos nas escolas.

Desta forma, os engenheiros devem, além de possuir um bom domínio técnico da sua área de formação, possuir domínio também dos conhecimentos multidisciplinares, além de serem portadores de uma visão globalizada.

Este perfil é essencial para o engenheiro atual, e deve ser construído na etapa de sua formação com o desafio de melhorar tais características.

Dentro deste contexto podemos destacar que uma equipe multidisciplinar pode ser definida como um conjunto de profissionais de diferentes disciplinas que trabalham para um objetivo comum.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados aos estudos da (inter) multidisciplinaridade nas engenharias, com destaque mais diversas engenharias e seus temas de estudos.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Helenton Carlos da Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DO DESEMPENHO DE CONCRETO DESENVOLVIDO A PARTIR DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA CIDADE DE SÃO CARLOS/SP	
Tatiane Caroline Rocha Lemos Eduvaldo Paulo Sichieri Victor José dos Santos Baldan	
DOI 10.22533/at.ed.0171909101	
CAPÍTULO 2	13
ESTUDO DE DOSAGEM DE ARGAMASSA A PARTIR DE RESÍDUO PROVENIENTE DA RECICLAGEM DE PNEUS	
Tatiane Caroline Rocha Lemos Eduvaldo Paulo Sichieri Victor José dos Santos Baldan	
DOI 10.22533/at.ed.0171909102	
CAPÍTULO 3	25
ESTUDO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICA DA MADEIRA: UMIDADE, DENSIDADE APARENTE E RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PARALELAS ÀS FIBRAS DAS ESPÉCIES COMERCIALIZADAS NO MUNICÍPIO DE BOA VISTA-RR	
Weiza Nunes Barbosa Emerson Lopes de Amorim Luiz Gustavo Ayres Barros Kellen de Souza Singh Lucas Matos de Souza José Castro Lima	
DOI 10.22533/at.ed.0171909103	
CAPÍTULO 4	37
ANÁLISE DOS EFEITOS DA VAZÃO MÁSSICA SOBRE A DEPOSIÇÃO DE INCRUSTAÇÕES EM AQUECEDORES DE LEITE DO TIPO PLACAS PLANAS GAXETADAS	
Alex Vazzoler	
DOI 10.22533/at.ed.0171909104	
CAPÍTULO 5	47
AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE FARINHA DE MANDIOCA (<i>Manihot esculenta Crantz</i>) EM COMUNIDADE TRADICIONAL DO MUNICÍPIO DE MACAPÁ-AP E POSSÍVEIS SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS	
Roberto Quaresma Santana Lia Carla de Souza Rodrigues Jorge Emílio Henriques Gomes Marília de Almeida Cavalcante	
DOI 10.22533/at.ed.0171909105	
CAPÍTULO 6	55
AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE MACROTEXTURA E DRENABILIDADE EM DUAS PISTAS DE POUSO NA REGIÃO DO VALE DO ARAGUAIA	
Thamires Ferreira da Silva	

Lucas Jorge Freitas Marinho
Augusto Romanini
Raul Tadeu Lobato Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.0171909106

CAPÍTULO 7 69

COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DE GELATINAS OBTIDAS A PARTIR DAS PELES DE MAPARÁ (*Hypophthalmidae*) E URITINGA (*Arius Proops*)

Élida Viana de Souza
Jiullie Delany Bastos Monteiro
Nara Helem Brazão da Costa
Leliane da Silveira Barbosa Gomes
Iara Eleni de Souza Pereira

DOI 10.22533/at.ed.0171909107

CAPÍTULO 8 77

CONTROLE ESTRUTURAL DO DEPÓSITO PLACER DE MINERAIS PESADOS NA REGIÃO PRAIAL AO NORTE DA DESEMBOCADURA DA LAGOA DOS PATOS (BUJURU, BRASIL)

Bruno Silva da Fontoura
Adelir José Strieder
Jéssica Stern Behling
Rui Sérgio Saraiva Duarte Junior
Talita Cabelera da Silva
Paulo Mendes
Aureliano Augusto Vieira da Nóbrega
Lauro Julio Calliari

DOI 10.22533/at.ed.0171909108

CAPÍTULO 9 87

ESTRUTURA FÍSICA E PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DA MÁQUINA A RELUTÂNCIA VARIÁVEL PAUTADO EM PROTÓTIPO 8/6

Marcos José de Moraes Filho
Luciano Coutinho Gomes
Augusto Wohlgemuth Fleury Veloso da Silveira
Darizon Alves de Andrade
Josemar Alves dos Santos Junior
Wanberton Gabriel de Souza

DOI 10.22533/at.ed.0171909109

CAPÍTULO 10 99

VARIAÇÃO DA PERDA DE CARGA NA MANGUEIRA EM FUNÇÃO DE SEU ENROLAMENTO

Diogo Henrique Morato de Moraes
Ricardo Marques da Silva Viegas
Dione Monteiro de Moraes
Matheus Henrique Morato de Moraes
Marcio Mesquita

DOI 10.22533/at.ed.01719091010

CAPÍTULO 11 109

ÍNDICE DE DESEMPENHO DE MISTURAS TERNÁRIAS CONTENDO CIMENTO PORTLAND SÍLICA DE CASCA DE ARROZ E NANOSSÍLICA COLOIDAL

Daniel da Silva Andrade
Josué Régio Damaceno
Laércio Breno Moreira
Aline Alves de Almeida
João Henrique da Silva Rêgo

DOI 10.22533/at.ed.01719091011

CAPÍTULO 12 122

LEVANTAMENTO BIBLIOMÉTRICO E IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES DE PESQUISAS CIENTÍFICAS NA ÁREA DAS CIÊNCIAS SOCIAIS SOBRE A CANA-DE-AÇÚCAR PARA O SEGMENTO SUCROENERGÉTICO

Manoel Gonçalves Filho
Clóvis Delboni
Reinaldo Gomes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.01719091012

CAPÍTULO 13 135

MELHORIA NO PROCESSO DE MONTAGEM ATRAVÉS DA FERRAMENTA POKA YOKE: UM ESTUDO DE CASO NO MCDONALD'S

Jéssika Alvares Coppi Arruda Gayer
Dayse Mendes
Douglas Soares Agostinho
Felipe Martins Machado
Jennifer Evangelista Cavalcante
Kellen Coelho dos Santos
Marcos Augusto Mendes Marques
Marcos Henrique Morais
Renatha Querubina de Anevam
Rodrigo Ramiro Prior

DOI 10.22533/at.ed.01719091013

CAPÍTULO 14 144

MODELAGEM DA DISPERSÃO DE POLUENTES NA ATMOSFERA UTILIZANDO UMA ABORDAGEM ANALÍTICA

Régis Sperotto de Quadros
Glênio Aguiar Gonçalves
Daniela Buske

DOI 10.22533/at.ed.01719091014

CAPÍTULO 15 153

O ÍNDICE DE CONFIABILIDADE PARABÓLICO

Emmanoel Guasti Ferreira
Marcílio Sousa da Rocha Freitas
José Antônio da Rocha Pinto
Geraldo Rossoni Sisquini

DOI 10.22533/at.ed.01719091015

CAPÍTULO 16	168
RE-EVALUATION OF THE INFLUENCE OF TEMPERATURE AND TOTAL ACID NUMBER ON NAPHTHENIC CORROSION BY ELECTROCHEMICAL NOISE TECHNIQUE	
Ana Carolina Tedeschi Gomes Abrantes Alysson Nunes Diógenes Haroldo de Araújo Ponte	
DOI 10.22533/at.ed.01719091016	
CAPÍTULO 17	179
SLOW-RELEASE FERTILIZER FROM A ROCK CONTAINING GLAUCONITE BY THERMAL PROCESSING WITH ADDITIVES	
Antonio Clareti Pereira Emily Mayer de Andrade Becheleni Marta Ribeiro dos Santos Gomes Sônia Denise Ferreira Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.01719091017	
CAPÍTULO 18	190
UMA INTRODUÇÃO AO USO DA INTEGRAL DE DUHAMEL EM SISTEMAS DINÂMICOS ESTRUTURAIS	
Natan Sian das Neves	
DOI 10.22533/at.ed.01719091018	
CAPÍTULO 19	202
USO DE PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL NA OTIMIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO PROCESSO DE ADSORÇÃO COM TURFA PARA REMOÇÃO DA TURBIDEZ DE EFLUENTE OLEOSO	
Regina Celia de Oliveira Brasil Delgado Francisco Igor da Costa Freire Andréa Francisca Fernandes Barbosa André Luís Novais Mota Kalyanne Keyly Pereira Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.01719091019	
CAPÍTULO 20	211
UTILIZAÇÃO DE COBERTURA COMESTÍVEL NA CONSERVAÇÃO DE HORTIFRUITI	
Martiliana Mayani Freire Leoclécio Luis de Paiva Laís Barreto Franco Anna Paula Marques Cardoso Gleison Martins Medeiros Raposo Caliane Lília Leite do Nascimento Pedro Fagner Araújo Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.01719091020	
CAPÍTULO 21	218
MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DA DENSIDADE DE CAIXAS COLETORAS DE DRENAGENS URBANAS NA REGIÃO DO PORTO DE PELOTAS/RS	
Marciano Carneiro Milton Cruz Fernandes	

Angélica Cirolini
Alexandre Felipe Bruch
Lenon Silva de Oliveira
Gabriel da Silva Pontes

DOI 10.22533/at.ed.01719091021

SOBRE O ORGANIZADOR.....	232
ÍNDICE REMISSIVO	233

ÍNDICE DE DESEMPENHO DE MISTURAS TERNÁRIAS CONTENDO CIMENTO PORTLAND SÍLICA DE CASCA DE ARROZ E NANOSSÍLICA COLOIDAL

Daniel da Silva Andrade

Universidade Estadual de Goiás, Departamento
de Arquitetura e Urbanismo
Anápolis - GO

Josué Régio Damaceno

Universidade Estadual de Goiás, Departamento
de Arquitetura e Urbanismo
Anápolis - GO

Laércio Breno Moreira

Universidade Estadual de Goiás, Departamento
de Arquitetura e Urbanismo
Anápolis - GO

Aline Alves de Almeida

Universidade Estadual de Goiás, Departamento
de Arquitetura e Urbanismo
Anápolis - GO

João Henrique da Silva Rêgo

Universidade de Brasília, Faculdade de
Tecnologia
Brasília - DF

RESUMO: As adições minerais podem ser associadas em diversas combinações e teores, criando-se misturas de cimento com dois tipos de adição, as quais são denominadas misturas ternárias. Esta pesquisa tem como objetivo avaliar o índice de desempenho de misturas ternárias, contendo cimento Portland, sílica de casca de arroz e nanossílica coloidal. Foram produzidas argamassas de acordo com o método

descrito na NBR 5752 - Materiais pozolânicos - Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias (ABNT, 2014). A sílica de casca de arroz, utilizada individualmente e em conjunto com a nanossílica coloidal, exerceram influências relevantes na resistência à compressão das argamassas, demonstrando grande potencialidade para a utilização destes materiais em concretos, de forma geral.

PALAVRAS-CHAVE: Nanossílica, pozolana, cimento Portland, sílica de casca de arroz

PERFORMANCE INDEX OF TERNARY MIXTURES CONTAINING PORTLAND CEMENT RICE BARK GRAY AND COLLOIDAL NANOSYLIC

ABSTRACT: Mineral additions can be associated in various combinations and contents, creating cement mixtures with two types of addition, which are called ternary mixtures. This research aims to evaluate the performance index of ternary mixtures, containing Portland cement, rice husk silica and colloidal nanosilica. Mortars were produced according to the method described in NBR 5752 - Pozzolanic materials - Determination of performance index with Portland cement at 28 days (ABNT, 2014). The silica of rice husk, used individually and together with the colloidal nanosilica, exerted important influences in the compressive strength of the

mortars, demonstrating great potential for the use of these materials in concrete, in general.

KEYWORDS: Nanosílica, pozzolan, Portland cement, rice husk silica.

1 | INTRODUÇÃO

Devido aos impactos ambientais causados pelo descarte inadequado de resíduos e, tentando reaproveitá-los como fonte alternativa, diversos estudos vêm sendo realizados sobre o uso da sílica de casca de arroz como adição mineral na produção de argamassas e concretos (TORKAMAN et al., 2014)

A sílica de casca de arroz (SCA) constitui-se em um dos resíduos agro-industriais de grande produção no mundo. Seu aproveitamento como material pozolânico na construção civil é de extrema importância, tanto econômica quanto ecologicamente, pois impede seu descarte em forma de aterro, que seria um fator gerador de problemas ambientais de poluição do solo, do ar e de rios e córregos. O elevado teor de sílica amorfa presente na sílica da casca do arroz, quando queimada com controle de temperatura, proporciona a este resíduo uma elevada reatividade, podendo ser utilizada como pozolana adicionada a concretos e argamassas.

Na SCA amorfa, com características pozolânicas, fatores como temperatura de queima, taxa de aquecimento e tempo de permanência em ambiente de queima são responsáveis pela reatividade química, uma vez que influenciam em sua forma estrutural (amorfa ou cristalina), na superfície específica das partículas e no teor de carbono remanescente (SILVA, 2009).

Algumas nanopartículas também têm sido utilizados na indústria do concreto ao longo das últimas décadas. De acordo com Sanchez e Sobolev (2010), nanotecnologia é a ciência que estuda os materiais em escala nanométrica, possuindo tamanho entre 1 e 100 nm, atingindo o nível de moléculas e átomos. Esses materiais apresentam comportamento específico devido aos efeitos que prevalecem quando as partículas assumem um tamanho muito reduzido.

As nanopartículas possuem uma grande área superficial quando comparadas com os materiais tradicionais. Essa característica, quando se fala de adições aplicadas em misturas de base cimentícia, é responsável pela alteração das propriedades dos materiais no estado fresco e endurecido, quando comparado com as adições minerais convencionais. Nesse sentido, a adição de nanopartículas em substituição parcial ao cimento tem adquirido atenção crescente nos últimos anos (SEFFF, 2009).

Os nanomateriais possuem um papel fundamental quando aplicados em materiais cimentícios, pois proporcionam alterações em sua microestrutura, produzindo materiais mais resistentes e duráveis. Dentre os nanomateriais aplicados em materiais cimentícios destacam-se os nanotubos de carbono, as nanopartículas de dióxido de titânio e a nanossílica. Gleize (2011) cita que a incorporação de nanopartículas na matriz de cimento pode melhorar a sua durabilidade e propriedades

mecânicas. A nanossílica, em particular, tem encontrado utilização neste campo pela sua grande área superficial, o que resulta em elevado grau de atividade pozolânica.

Alguns pesquisadores (Quercia, 2010; Sanchez e Sobolev, 2010; Senff, 2009; LUCAS, 2014; CERVANTES, 2015) reportam que ainda existem poucos trabalhos que estudam a incorporação de nanopartículas em amostras de concretos e argamassas com o objetivo de conseguir melhores propriedades físicas e mecânicas.

O Índice de desempenho com cimento Portland é um método que avalia o aumento da resistência à compressão de uma argamassa preparada com adição pozolânica em relação a uma argamassa de referência, preparada apenas com cimento Portland como aglomerante.

A NBR 5752 - Materiais pozolânicos - Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias (ABNT, 2014) é a mais recente norma que prescreve o método para determinação do Índice de desempenho com cimento Portland dos materiais pozolânicos. Esta norma, juntamente com a NBR 15894-2 (ABNT, 2010), e a NBR 13956-3 (ABNT, 2012), foram elaboradas a partir da revisão e substituição da NBR 5752 (ABNT, 1992), determinando modificações como fixação da relação água/cimento e a utilização de aditivo superplastificante para manter o índice de consistência das argamassas com adição pozolânica em relação à argamassa de referência.

As adições minerais podem ser associadas em diversas combinações e teores, criando-se misturas de cimento com dois tipos de adição, as quais são denominadas misturas ternárias. Contudo, esta pesquisa propõe a aplicação do método do índice de desempenho prescrito na NBR 5752 (ABNT, 2014) para avaliar a potencialidade da utilização da sílica de casca de arroz, incorporada individualmente e em conjunto com a nanossílica coloidal, em materiais cimentícios, de forma geral.

2 | PROGRAMA EXPERIMENTAL

O programa experimental foi dividido em três etapas: (1) caracterização dos materiais; (2) moldagem e cura das argamassas com nanossílica e / ou sílica de casca de arroz; (3) determinação do Índice de desempenho.

2.1 Caracterização dos materiais

Nesta etapa foi realizada a caracterização dos materiais utilizados nesta pesquisa (cimento Portland CII F-32, sílica de casca de arroz e nanossílica coloidal). Foram realizados os seguintes ensaios de caracterização dos materiais:

- Análise química (Fluorescência de raios - X);
- Difração de raios X, na nanossílica e SCA;
- Granulometria a laser, na SCA;

- Resíduo na # 75 μm , no cimento Portland;
- Microscopia Eletrônica de Varredura.
- Microscopia Eletrônica de Transmissão, para a nanossílica;
- Tempo de início e fim de pega do cimento Portland;
- Resistência à compressão do cimento Portland aos 3, 7, 28 e dias;
- Área específica Blaine, do cimento Portland.

2.2 Moldagem e cura das argamassas

Nesta etapa foram confeccionadas, uma argamassa de referência, e argamassas contendo adição de sílica de casca de arroz, variando-se os teores em 20%, 25% e 30%, individualmente, e em conjunto com 1%, 2% e 3% de nanossílica coloidal.

O método de índice de desempenho determina a quantidade de materiais suficiente para efetuar a moldagem de 6 corpos-de-prova de argamassa com relação água/cimento de 0,48, que devem ser rompidos aos 7 ou 28 dias, para determinação do Índice de Desempenho.

Para que as misturas com adição de nanossílica coloidal e/ou sílica de casca de arroz apresentassem consistência semelhante à da mistura referência foi utilizado um aditivo superplastificante a base de policarboxilato, em teor suficiente para manter o índice de consistência em + ou – 10mm do obtido com a argamassa referência. O índice de consistência foi determinado de acordo com o método descrito pela NBR 13276 (ABNT, 2005).

A nanossílica coloidal e a sílica de casca de arroz foram adicionadas às misturas em substituição parcial à massa de cimento Portland. A nanossílica utilizada nesta pesquisa é comercializada em forma de suspensão aquosa estável (nanossílica coloidal), desta forma, a dosagem das argamassas foi realizada considerando a concentração de nanopartículas de SiO_2 desta suspensão (30%). Com o intuito de manter fixa a relação a/c em 0,48, a quantidade de água contida na suspensão foi subtraída da quantidade de água de cada mistura em relação à mistura referência. A Tabela 1 mostra a composição das argamassas confeccionadas nesta pesquisa.

Após a confecção das argamassas os corpos-de-prova foram moldados em fôrmas cilíndricas com dimensões 10 x 5cm e mantidos em câmara úmida durante 24 horas. Após este período os corpos-de-prova foram desmoldados e submetidos à cura por imersão em água saturada de cal até a data do rompimento.

ARGAMASSA	CIMENTO CII F-32	AREIA	ÁGUA	SCA	NS	SP
REFERÊNCIA	624,00	1872	300,00	-----	-----	-----
SCA20	499,20	1872	300,00	124,8	-----	0,22
SCA20-NS1	492,96	1872	285,55	124,8	20,8	0,53
SCA20-NS2	486,72	1872	271,10	124,8	41,6	0,82

SCA20-NS3	480,48	1872	256,66	124,8	62,4	1,30
SCA25	468,00	1872	300,00	156,0	-----	0,27
SCA25-NS1	461,76	1872	285,55	156,0	20,8	0,45
SCA25-NS2	455,52	1872	271,10	156,0	41,6	0,80
SCA25-NS3	449,28	1872	256,66	156,0	62,4	1,60
SCA30	436,80	1872	300,00	187,2	-----	0,31
SCA30-NS1	430,56	1872	285,55	187,2	20,8	0,72
SCA30-NS2	424,32	1872	271,10	187,2	41,6	1,20
SCA30-NS3	418,08	1872	256,66	187,2	62,4	1,94
NS – Nanossílica coloidal SCA – Sílica da casca de arroz SP - Superplastificante						

Tabela 1 – Composição das argamassas.

2.3 Determinação do índice de desempenho

Para cada traço de argamassa produzida nesta pesquisa foram realizadas 2 argamassadas, sendo que, para cada argamassada foram moldados 6 corpos-de-prova, totalizando 12 corpos-de-prova para cada traço. Dos 12 corpos-de-prova produzidos foram rompidos 4 em cada idade (1, 7 e 28 dias), desta forma, o Índice de Desempenho foi determinado aos 1, 7 e 28 dias.

Para a determinação da resistência à compressão das argamassas foi calculada a média aritmética dos resultados de resistência dos 4 corpos de prova e ignorados, até dois valores, a fim de cumprir o requisito de desvio relativo máximo de 6% para o cálculo de uma nova média, de acordo com a NBR 5752 (ABNT, 2014). Com a obtenção dos resultados de resistência à compressão foi determinado o índice de desempenho com cimento Portland aos 1, 7 e 28 dias pela Equação 1:

$$I_{cimento} = \frac{f_{cB}}{f_{cA}} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

3 | CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

A Tabela 2 apresenta os resultados de caracterização do cimento CII F-32 utilizado nesta pesquisa.

Cimento Portland	Tempo de pega		Blaine	#200	Resistência à compressão		
	Início	Fim			1 dia	7 dias	28 dias
	h:min	h:min	cm ² /g	%	MPa	MPa	MPa
CII F-32	03:12	03:58	3.172	2,69	15,73	28,48	36,05

Tabela 2 – Resultados dos ensaios de caracterização do cimento Portland

Observa-se na Tabela 2 que a resistência à compressão do cimento CII F-32

atende aos requisitos estabelecidos na NBR 11578 (ABNT, 1997), ou seja, deve apresentar resistência à compressão média maior ou igual a 10MPa aos 3 dias, neste caso apresentou resistência de 15,73MPa com 1 dia, maior ou igual a 20MPa aos 7 dias e, maior ou igual a 32 MPa aos 28 dias. O índice de finura por peneiramento apresentou um valor de 2,69%, estando em conformidade com a NBR 11578 (ABNT, 1997) que estabelece o valor máximo de 12%. O tempo de início de pega também está em conformidade com a norma citada, que estabelece o tempo mínimo de 1 hora. A área superficial Blaine apresentou um valor de 3.172 cm²/g.

A Figura 1 ilustra os difratogramas obtidos com a difração de raios-X (DRX) da nanossílica e da sílica de casca de arroz. O difratograma da sílica de casca de arroz indica a presença de estruturas cristalinas, correspondentes, possivelmente, a cristobalita. Embora se tenha evidenciado a presença de picos nos difratogramas de raios X da sílica de casca de arroz, observa-se que este apresenta um halo amorfo correspondente ao desvio da linha base entre os ângulos de 15 e 30 graus (2θ), indicando a amorficidade do material. O difratograma da nanossílica coloidal mostra que não foram identificados picos de materiais cristalinos, ou seja, apresenta-se completamente amorfa.

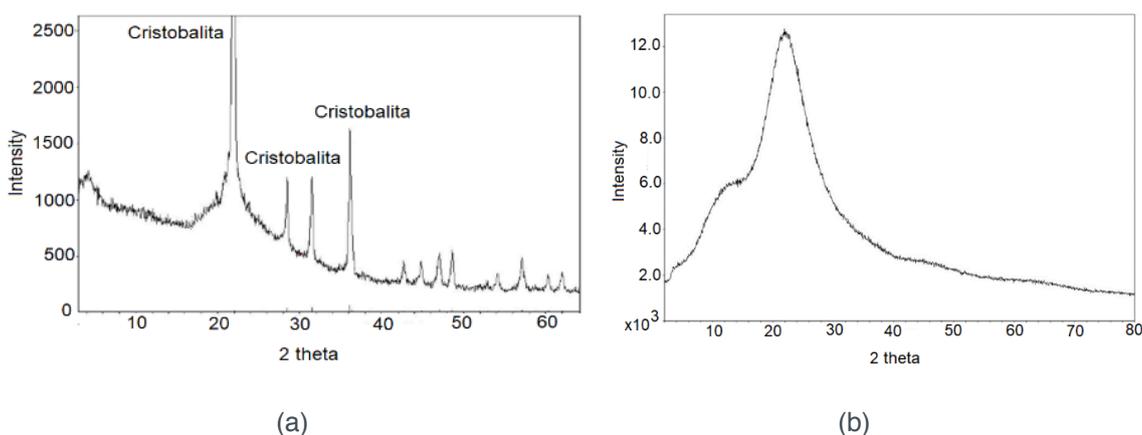


Figura 1 – Difração de raios X: a) sílica de casca de arroz; b) nanossílica coloidal

A Figura 2 apresenta micrografias obtidas por MEV da sílica de casca de arroz.

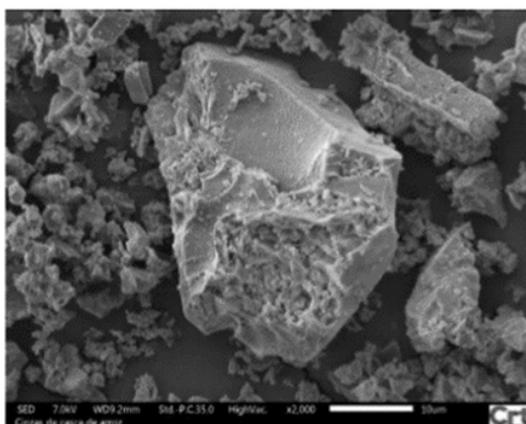


Figura 2 – Microscopia eletrônica de varredura da sílica de casca de arroz.

Analisando a Figura 2 observa-se que a sílica de casca de arroz é caracterizada por partículas de formatos variados e diversos tamanhos, apresentando poros intersticiais nas partículas. A microestrutura da SCA varia conforme o tipo de queima. A SCA produzida com queima controlada possui uma estrutura porosa e a produzida em forno comum possui uma estrutura mais compacta e granulada, podendo influenciar na reatividade.

A Figura 3 apresenta micrografias da nanossílica coloidal obtidas com a microscopia eletrônica de transmissão, sendo possível observar aglomerados de SiO_2 , com partículas apresentando formato esférico e com pouca variação de tamanhos. As nanopartículas apresentam uma grande tendência de aglomeração entre si. Isto está relacionado à energia de superfície das nanopartículas, a distância entre as partículas e sua configuração molecular.

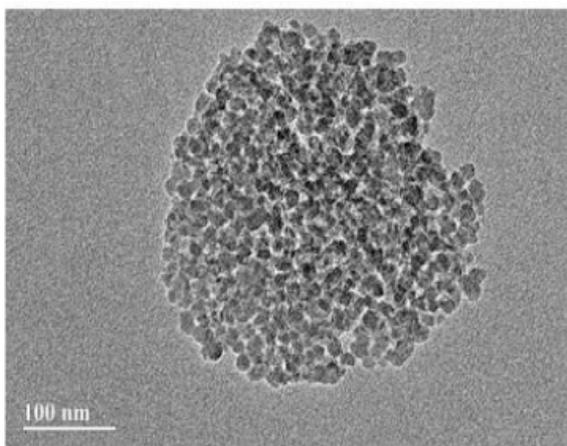


Figura 3 – Microscopia eletrônica de Transmissão da nanossílica coloidal.

A distribuição granulométrica da sílica de casca de arroz, obtida pelo ensaio de granulometria a laser, é apresentada na Figura 4. Ao analisar a distribuição granulométrica da sílica de casca de arroz verificou-se um diâmetro médio de 35,7 μm , $D_{10} = 3,01$ e $D_{90} = 63,35$.

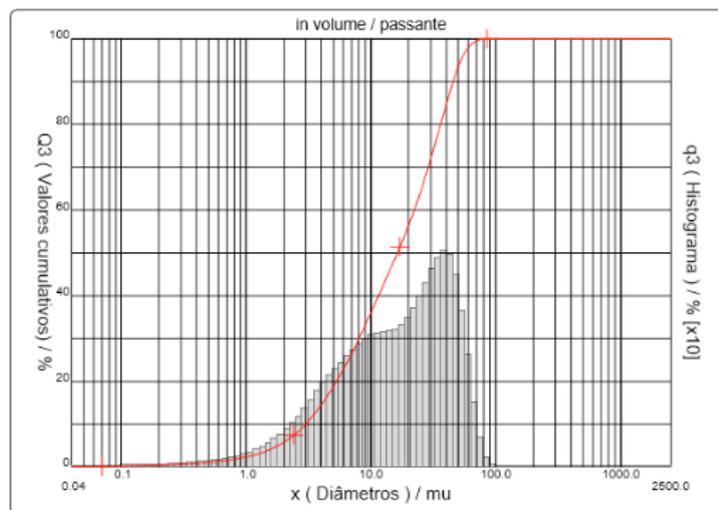


Figura 4 – Curva granulométrica obtida por granulometria a laser da sílica de casca de arroz.

A Tabela 3 mostra a composição da sílica de casca de arroz, da nanossílica e do cimento Portland, obtida por fluorescência de raios X. É possível observar que a sílica de casca de arroz apresentou um teor de SiO_2 de 93,11%. A nanossílica apresentou teor de SiO_2 de 89%. Essas diferenças na composição química exercem significativas influências na reatividade das adições pozolânicas.

Componentes químicos		SCA	Nanossílica	Cimento CII-F32
Perda ao fogo		3,13	7,55	5,03
Resíduo insolúvel		-----	-----	1,55
Trióxido de enxofre (SO_3)		-----	-----	2,7
Óxido de magnésio (MgO)		1,07	0,79	1,52
Dióxido de silício (SiO_2)		93,11	89,08	19,66
Óxido de ferro (Fe_2O_3)		0,05	-----	2,91
Óxido de alumínio (Al_2O_3)		-----	-----	4,44
Óxido de cálcio (CaO)		0,46	0,02	64,35
Óxido de cálcio livre (CaO)		-----	-----	0,79
Álcalis totais	1,81	1,81	1,81	0,08
	-----	-----	-----	0,59
	1,81	1,81	1,81	0,47
Álcalis solúveis em água	0,19	0,19	0,19	0,03
	-----	-----	-----	0,3
	0,19	0,19	0,19	0,23
Sulfato de cálcio (CaSO_4)		-----	-----	4,59
Umidade		-----	-----	-----
$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$		93,16	89,08	27,01

Tabela 3 – Composição do cimento Portland, sílica de casca de arroz e nanossílica coloidal.

3.1 Índice de desempenho

A Adição de sílica de casca de arroz, individualmente e em conjunto com nanossílica coloidal exerceu influências significativas nas argamassas no estado fresco. O aditivo superplantificante foi adicionado às misturas com nanossílica coloidal para manter o índice de consistência em $\pm 10\text{mm}$ do obtido com a argamassa

referência (195mm). A Figura 5 mostra a quantidade de aditivo superplastificante adicionada às misturas, em porcentagem, em relação à massa de materiais cimentícios. É possível observar que, a medida que se aumentou a quantidade de nanossílica coloidal adicionada às misturas foi necessário aumentar a quantidade de aditivo superplastificante para manter o índice de consistência, confirmando o que diz a literatura. Hou et. al (2013), ao realizar estudo sobre os efeitos da nanossílica nas propriedades de materiais de base cimentícia observaram que a nanossílica exerce forte influência na trabalhabilidade das misturas, sendo que, quanto maior a proporção de nanossílica adicionada, menores são os valores obtidos no espalhamento das argamassas no ensaio da mesa de consistência.

A medida que se aumentou o teor de substituição de cimento Portland por sílica de casca de arroz também foi necessário aumentar a quantidade de superplastificante para manter o índice de consistência estabelecido e, à medida que se aumentou o teor de nanossílica nas misturas ternárias (cimento Portland + sílica de casca de arroz + nanossílica) também ocorreu um aumento do teor de superplastificante. A mistura que apresentou a maior demanda por aditivo superplastificante foi a SCA20-NS3.

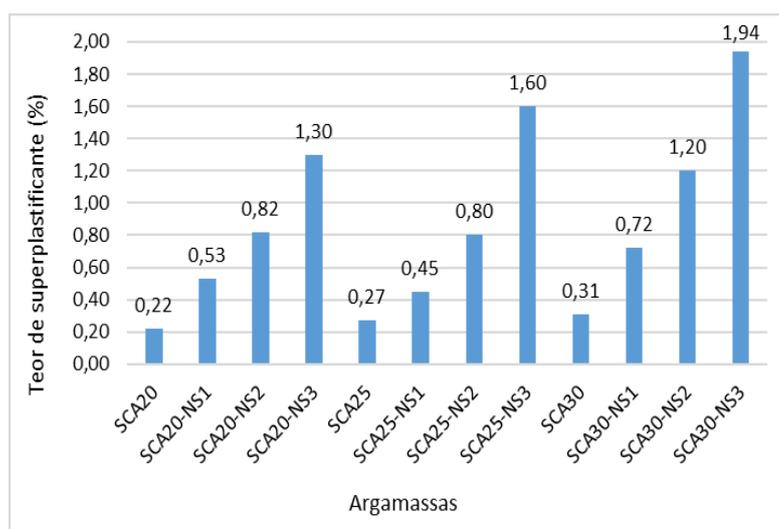


Figura 5 – Teor de aditivo superplastificante adicionado às misturas.

Os resultados de resistência à compressão e índice de desempenho aos 1, 7, e 28 dias das argamassas podem ser observados na Tabela 4. Observa-se que a resistência à compressão da mistura referência atende aos requisitos estabelecidos na NBR 11578 (ABNT, 1997), com resistência à compressão média maior ou igual a 10MPa aos 3 dias, maior ou igual a 20MPa aos 7 dias e, maior ou igual a 32 MPa aos 28 dias.

Argamassa	1 dia		7 dias		28 dias	
	R. Média (MPa)	Índice de Desempenho	R. Média (MPa)	Índice de Desempenho	R. Média (MPa)	Índice de Desempenho
REFERÊNCIA	13,75	100,0	27,45	100,0	33,09	100,0

SCA20	8,34	60,7	24,47	89,1	32,87	99,3
SCA20-NS1	10,51	76,4	25,7	93,6	34,89	105,4
SCA20-NS2	10,52	76,5	26,1	95,1	36,12	109,2
SCA20-NS3	11,76	85,5	28,45	103,6	38,8	117,3
SCA25	7,65	55,6	22,65	82,5	31,9	96,4
SCA25-NS1	7,82	56,9	24,34	88,7	31,9	96,4
SCA25-NS2	7,8	56,7	24,67	89,9	33,8	102,1
SCA25-NS3	7,89	57,4	27,1	98,7	35,02	105,8
SCA30	6,97	50,7	20,78	75,7	29,33	88,6
SCA30-NS1	6,71	48,8	21,31	77,6	30,01	90,7
SCA30-NS2	6,55	47,6	21,56	78,5	30,33	91,7
SCA30-NS3	6,83	49,7	23,22	84,6	31,83	96,2

Tabela 4 – Resultados de índice de desempenho e resistência à compressão aos 1, 7 e 28 dias.

A Figura 6 mostra o índice de desempenho das misturas com sílica e casca de arroz, utilizada individualmente ou em conjunto com a nanossílica coloidal, aos 1, 7 e 28 dias de hidratação. A Figura 6 mostra que, com 1 dia de hidratação as misturas com SCA, adicionada individualmente ou em conjunto com nanossílica coloidal apresentaram índice de desempenho menor que 100. Isto explica-se pelo fato da reação pozolânica depender da formação de hidróxido de cálcio, advindo da reação de hidratação do cimento e, com isto, nas primeiras idades é possível que não haja hidróxido de cálcio suficiente para o desenvolvimento da reação pozolânica.

Aos 7 dias a maioria das misturas estudadas com sílica de casca de arroz, adicionada individualmente ou em conjunto com nanossílica coloidal, apresentaram índice de desempenho menor que 100, com exceção da mistura SCA20-NS3, que apresentou índice de desempenho de 103,64, sendo este o maior resultado de índice de desempenho aos 7 dias, dentre as misturas estudadas. Observa-se também que, ao aumentar o teor de substituição de sílica de casca de arroz o índice de desempenho diminuiu e ao aumentar o teor de nanossílica coloidal o índice de desempenho aumentou aos 7 dias de hidratação.

Aos 28 dias também foi observada a diminuição dos resultados de índice de desempenho com o aumento do teor sílica de casca de arroz, e o aumento do índice de desempenho ao se aumentar o teor de nanossílica coloidal. As misturas ternárias com 20% de sílica de casca de arroz e nanossílica coloidal foram as que apresentaram os maiores resultados de índice de desempenho aos 28 dias, sendo que, a mistura com 20% de sílica de casca de arroz e 3% de nanossílica coloidal apresentou o maior resultado de índice de desempenho aos 28 dias ($I=117,23$), dentre as misturas estudadas.

O fato destas misturas, com elevados teores de substituição de cimento Portland por sílica de casca de arroz, apresentarem a redução do índice de desempenho, está relacionado com a disponibilidade de hidróxido de cálcio nas misturas, contudo, ressalta-se que a adição de nanossílica, formando misturas cimentícias ternárias,

apresenta grande potencialidade em mitigar a redução da resistência ocasionada pela utilização de elevados teores de sílica de casca de arroz, possibilitando a sua utilização em concretos e misturas cimentícias, de forma geral.

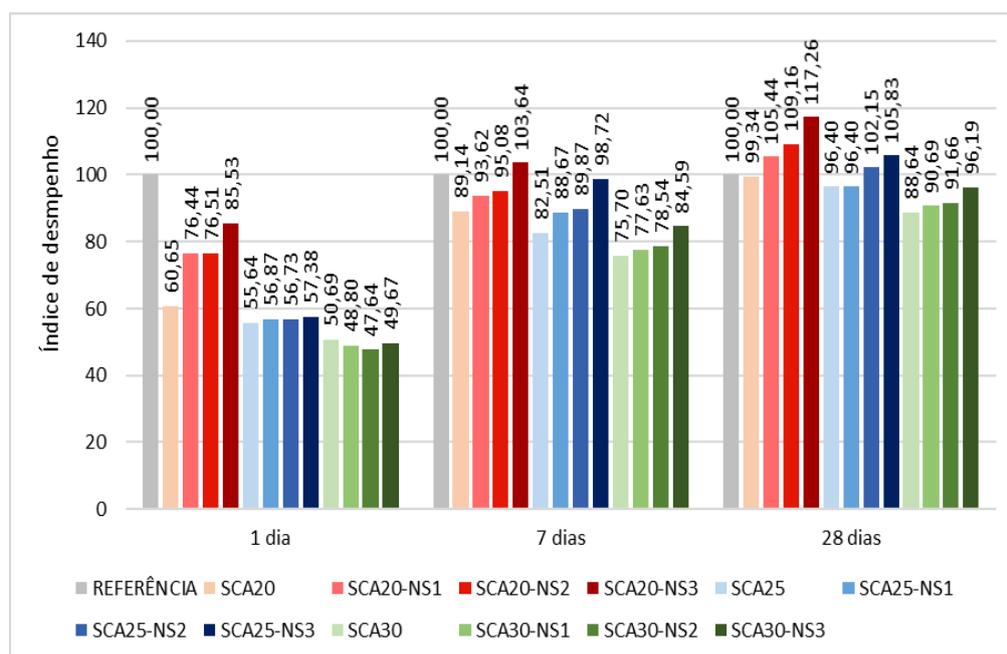


Figura 6 – Resultados de índice de desempenho aos 1, 7 e 28 dias.

4 | CONCLUSÕES

- Observou-se uma tendência geral de aumento da demanda por aditivo superplastificante com o aumento dos teores de sílica de casca de arroz e / ou nanossílica coloidal, sendo este efeito mais pronunciado nas misturas ternárias;
- Com 1 dia de hidratação as misturas com SCA, adicionada individualmente ou em conjunto com nanossílica coloidal, apresentaram índice de desempenho menor que 100;
- Aos 7 dias a maioria das misturas estudadas com sílica de casca de arroz, adicionada individualmente ou em conjunto com nanossílica coloidal, apresentaram índice de desempenho menor que 100, além disto, observou-se que, ao aumentar o teor de substituição de sílica de casca de arroz o índice de desempenho diminuiu e, ao aumentar o teor de nanossílica coloidal o índice de desempenho aumentou;
- Aos 28 dias também foi observada a diminuição dos resultados de índice de desempenho com o aumento do teor sílica de casca de arroz, e o aumento do índice de desempenho ao se aumentar o teor de nanossílica coloidal, sendo que, as misturas ternárias, com 20% de sílica de casca de arroz e nanossílica coloidal, apresentaram os maiores resultados de índice de desempenho;

- A adição de nanossílica coloidal, formando misturas ternárias, proporcionou a mitigação da redução da resistência à compressão, ocasionada pela utilização de elevados teores de sílica de casca de arroz nas misturas, demonstrando grande potencialidade para utilização em concretos e misturas cimentícias, de forma geral.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de materiais de construção da Universidade Estadual de Goiás, Furnas Centrais Elétricas S.A., ao Instituto de Geociências da UnB e ao Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, D. S.; RÊGO, J. H. S.; MORAIS, P. C.; LOPES, A. N. M.; ROJAS, M. F. **Investigation of C-S-H in ternary cement pastes containing nanosilica and highly-reactive supplementary cementitious materials (SCMs): Microstructure and strength.** CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS, v. 198, p. 445-455, 2019.

ANDRADE, D. S.; RÊGO, J. H. S.; MORAIS, P. C.; ROJAS, M. F. **Chemical and mechanical characterization of ternary cement pastes containing metakaolin and nanosilica.** CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS, v. 159, p. 18-26, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5.739: **Ensaio de Compressão de Corpos-de-prova Cilíndricos.** Rio de Janeiro, 1980.

_____. NBR 7215: **Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão.** Rio de Janeiro, 1991.

_____. NBR 5752: **Materiais pozolânicos – Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias.** Rio de Janeiro.

CARMO, J. B. M.; PORTELLA, K. F. **Estudo comparativo do desempenho mecânico da sílica ativa e do metacaulim como adições químicas minerais em estruturas de concreto.** Curitiba, 2008.

CERVANTES, M. J. P. *et al.* **Performance of Chlorides Penetration and Corrosion Resistance of Mortars with Replacements of Rice Husk Ash and Nano-SiO₂.** International Journal of ELECTROCHEMICAL SCIENCE, 2015.

Dantas, M. H. O. **Avaliação dos efeitos da adição nanossílicas em pó e coloidal em pastas de cimento Portland.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-graduação em Engenharia civil e ambiental, 2013.

LUCAS, S. *et al.* **Novos materiais de construção com tecnologias avançadas.** Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis. Guimarães, Portugal, 2014.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: Pini, 2008.

MORAES, M. Q. **Contribuição aos estudos da influência da nanossílica nas propriedades mecânicas e na trabalhabilidade de concretos para produção em centrais e para fabricação de pré-moldados.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás. Goiânia – GO, 2012.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini. 1997.

GLEIZE, P. J. P. **Nanotecnologia e materiais de construção**. In: ISAIA, G. C. (Ed.). *Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais*. 1.ed. São Paulo: Ibracon, 2007.

_____. **Nanociência e Nanotecnologia dos Materiais Cimentícios**. In: ISAIA, G. C. (Ed.). *Concreto: ciência e tecnologia*. 1. ed. São Paulo: Ibracon, 2011.

HOU, P.; KAWASHIMA, S.; DAVID, J.; QUIAN, J.; SHAH, S. P. **Effects of colloidal nanossilica on rheological and mechanical properties of fly ash–cement mortar**. Elsevier. *Cement & Concrete Composites*, 2013.

MALLAMANN, P. F. **Concreto de pós reativos: adição de nanossilica**. Trabalho de diplomação. UFRGS. Porto Alegre – RS, 2013.

MUKHARJEE, B. B.; SUDHIRKUMAR, V. B. **Compressive Strength of Nano-Silica Incorporated Recycled Aggregate Concrete**. *International Journal of Advanced Research*, 2014.

NAJIGIVI, A.; KHALOO, A.; IRAJIZAD, A.; RASHID, S. A. **Investigating the effects of using different types of SiO₂ nanoparticles on the mechanical properties of binary blended concrete**. Elsevier. *Composites*, 2013.

QUERCIA, G.; BROUWERS, H. J. H. **Application of nano-silica (nS) in concrete mixtures**. In: FIB INTERNATIONAL PHD SYMPOSIUM IN CIVIL ENGINEERING, 8th, 2010, Kongens Lyngby. *Proceedings*. Lausanne: The International Federation for Structural Concrete, 2010.

SANCHEZ, F.; SOBOLEV, K. **Nanotechnology in concrete – A review**. Elsevier, *Construction and Building Materials*, 2010.

SEFFF, L. **EFEITO DA ADIÇÃO DE MICRO E NANOSSÍLICA NO COMPORTAMENTO REOLÓGICO E PROPRIEDADES NO ESTADO ENDURECIDO DE ARGAMASSAS E PASTAS DE CIMENTO**. Tese de Doutorado. UFSC, Florianópolis- SC, 2009.

Soares, A. L. M. **Efeito da adição de nanossilica nas propriedades mecânicas e microestruturais de argamassas para construção**. Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Tecnológicas, Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais, Joinville, 2014.

TORKAMAN, J., ASHORI, A., MOMTAZI, A.S (2014). **Using wood fiber waste, rice husk ash, and limestone powder waste as cement replacement materials for lightweight concrete blocks**. *Construction and Building Materials*, Amsterdam, v. 50, p. 432-436, 2014.

ZHANG, M. H.; ISLAM, J.; PEETHAMPARAN, S. **Use of nano-silica to increase early strength and reduce setting time of concretes with high volumes of slag**. Elsevier, *Cement & Concrete Composites*, 2012.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorção 38, 39, 202, 203, 204, 205, 206, 208, 209, 210

Agregado artificial 1, 11, 13

B

Biomassa 47, 49, 52, 54

Bloco estrutural 13, 20

C

Cimento Portland 3, 113, 120

Concreto reciclado 1, 13, 15

Controle estrutural 77, 80, 84, 85

Corrosão 202, 203

D

Desperdícios 127, 135, 140, 142

Dinâmica estrutural 190, 191, 200

Drenabilidade 55, 56, 57, 58, 60, 61, 64, 65, 66, 67, 68

Drenagem urbana 218, 219, 231

E

Energia 14, 27, 38, 43, 47, 52, 53, 54, 96, 97, 98, 103, 115, 126, 127, 133, 232

Ensino 139, 190, 232

F

Farinha de mandioca 47, 49, 50, 52, 54

I

Índice de confiabilidade 153, 154, 155, 156, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 165, 166

Inovação 76, 122, 124, 125, 126, 127, 232

Irrigação 99, 100, 108

M

Madeira 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 51, 52

N

Nanossílica 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121

P

Pozolana 109, 110

Propriedade mecânica 25, 27

Propriedades físicas 25, 26, 27, 28, 71, 111

R

Resíduos 1, 2, 4, 10, 12, 13, 14, 15, 19, 22, 23, 47, 49, 52, 53, 54, 69, 70, 71, 72, 74, 76, 110, 208, 229

Resíduos de pneu 13, 15

S

Sílica de casca de arroz 109, 110, 111, 112, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120

Solução analítica 144, 151

Sustentabilidade 1, 14, 24, 35, 74, 127, 138, 142, 232

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-701-7



9 788572 477017