

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL



**FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO
(ORGANIZADORA)**

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL



FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO
(ORGANIZADORA)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^a Dr^a Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^a Dr^a Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^a Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^a Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^a Dr^a Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
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
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília

Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Força, crescimento e qualidade da engenharia civil no Brasil

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: David Emanuel Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Franciele Braga Machado Tullio

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

F697 Força, crescimento e qualidade da engenharia civil no Brasil
/ Organizadora Franciele Braga Machado Tullio. –
Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-387-3

DOI 10.22533/at.ed.873202109

1. Construção civil – Aspectos econômicos – Brasil. I.
Tullio, Franciele Braga Machado.

CDD 624

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Força, Crescimento e Qualidade na Engenharia Civil no Brasil” contempla dezesseis capítulos com pesquisas sobre temas da engenharia civil no país.

É sabido que a engenharia civil possui uma grande importância no contexto social no país, uma vez que através dela é possível projetar habitações com fins sociais.

Da mesma forma, a engenharia civil proporciona soluções sustentáveis, através de aplicações lean construction ou ainda no desenvolvimento de sistemas que garantem o saneamento básico, proporcionando qualidade de vida a comunidade.

Este livro aborda também pesquisas sobre o comportamento de materiais de construção, e proposta de novos materiais com a finalidade de avançar na construção civil ou conhecer seu comportamento em determinadas situações críticas.

Apresentamos também estudos sobre patologias na construção civil, a fim de entender seus efeitos e buscar alternativas para evitá-las.

Por fim, apresentamos um estudo sobre a forma de ensinar engenharia, de modo que esta área tão técnica seja valorizada como uma solução que pode transformar o país.

Desejo que esta obra proporcione uma leitura agradável e instigue o leitor a buscar e realizar novas pesquisas, contribuindo para a força, o crescimento e a qualidade da engenharia civil no Brasil.

Franciele Braga Machado Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DA METODOLOGIA BIM E FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION PARA O DESENVOLVIMENTO DE HABITAÇÃO

Daniel Pacheco Albuquerque

José Luis Menegotto

DOI 10.22533/at.ed.8732021091

CAPÍTULO 2..... 18

LEAN CONSTRUCTION: VANTAGENS DE SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Marcos Vinicius Oliveira de Sá

Keven Costa Ribeiro

Marcela Andrade de Carvalho

Alexandre José de Andrade Malheiros

Wanderson Santos Silva

David Murad Col Debella

DOI 10.22533/at.ed.8732021092

CAPÍTULO 3..... 25

CRESCIMENTO DO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM SINOP/MT E SUA RELAÇÃO COM OS PRINCIPAIS IMPOSTOS (ISSQN E INSS)

Fernando Dante Morari

Maria Fernanda Fávero Menna Barreto

DOI 10.22533/at.ed.8732021093

CAPÍTULO 4..... 39

DIAGNÓSTICO BÁSICO DO SISTEMA DE DRENAGEM EM PIUMHI – MG COM APLICAÇÃO DE MODELAGEM GIS

Gabriel Soares da Silva

Germano de Oliveira Mattosinho

Rafael Leonel de Castro

Vinny Yuri de Oliveira

Humberto Coelho de Melo

DOI 10.22533/at.ed.8732021094

CAPÍTULO 5..... 54

ANTROPIZAÇÃO DAS MICROBACIAS URBANIZADAS DO MUNICÍPIO DE GURUPI-TO: FATORES FÍSICOS E QUÍMICOS

Miréia Aparecida Bezerra Pereira

Rafaela Alves Dias Xavier

Hilda Rodrigues da Silva

Agatha Sousa Oliveira

Gabriella Nunes Cerqueira

Maira Cristina Fernandes Marinho Matos

Alessandra Gomes Duarte

Rise Consolação Luata Costa Rank

Nelita Gonçalves Faria de Bessa

DOI 10.22533/at.ed.8732021095

CAPÍTULO 6..... 69

CUSTO BENEFÍCIO NA UTILIZAÇÃO DE *MND TUNNEL LINER* EM SUBSTITUIÇÃO AO MÉTODO TRADICIONAL DE ABERTURA DE VALA EM PISTA DE ROLAMENTO

José Anderson de França
Kananda Raquel Manso da Silva França
Eduardo Cabral Silva

DOI 10.22533/at.ed.8732021096

CAPÍTULO 7..... 83

APLICAÇÃO DO DESIGN THINKING PARA O LEVANTAMENTO DE NECESSIDADES DE UM PROJETO SOCIAL EM SÃO LUIS - MA

Marcos Vinicius Oliveira de Sá
Keven Costa Ribeiro
Marcela Andrade de Carvalho
Alexandre José de Andrade Malheiros
Wanderson Santos Silva
Thiago Ferreira Silva

DOI 10.22533/at.ed.8732021097

CAPÍTULO 8..... 92

ESTUDO DA FORMA DO AGREGADO GRAÚDO E SUA INFLUÊNCIA NO MÓDULO DE ELASTICIDADE DO CONCRETO

Danillo de Almeida e Silva
André Luiz Bortolacci Geyer
Guilherme de Sousa Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.8732021098

CAPÍTULO 9..... 116

IMPERIAL BLUE QUARTZITE CHARACTERIZATION PURPOSING THE REMOVAL OF STAINS IN NATURA

Juliano Tessinari Zagôto
Rogério Danieletto Teixeira
Bruno do Vale Miotto
Bárbara Gonçalves Rocha

DOI 10.22533/at.ed.8732021099

CAPÍTULO 10..... 123

USO DO METACAULIM NAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTOS E SEUS EFEITOS SOBRE A DURABILIDADE USE OF METACAULIM IN COATING MORTARS AND THEIR EFFECTS ON DURABILITY

João Gabriel Souza dos Reis
Romilde Almeida de Oliveira
Leonardo José Silva do Vale
Klayne Kattiley dos Santos Silva
Guilherme Henrique Nascimento de Barros
Rayssa Valéria da Silva
Carlos Fernando Gomes do Nascimento
Pedro Daltro Macedo de Alencar

José Mateus Gomes Bandeira da Silva
Maria Eduarda Barbosa Ramos de Aguiar
DOI 10.22533/at.ed.87320210910

CAPÍTULO 11..... 136

VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DO LÁTEX DA SERINGA AMAZÔNICA (*HEVEA BRASILIENSIS*) COMO ADITIVO EM CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND PARA MELHORA DE SUAS PROPRIEDADES FÍSICAS

José Costa Feitoza
Natália da Mata Batista

DOI 10.22533/at.ed.87320210911

CAPÍTULO 12..... 145

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO CONVENCIONAL SUBMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS

Débora Maria Schein
Rafaela Wagner
Caroline dos Santos Santa Maria
Nelson Seidler

DOI 10.22533/at.ed.87320210912

CAPÍTULO 13..... 158

QUANTIFICAÇÃO DE ENTULHO CLASSE A E C DESTINADO A ÁREA DE RCCD DE GURUPI-TO

Beatriz Cerqueira de Almeida
Lara Ferreira Assunção
Luiza Souza Magalhães
Ryhan Marcos Dias Batista
Victor de Aguiar Baldão
Asafe Gomes
Bárbara Gomes Ferreira
Antônio Parreira de Vasconcelos Neto
Daniel Ramos de Souza
Nelita Gonçalves Faria de Bessa

DOI 10.22533/at.ed.87320210913

CAPÍTULO 14..... 166

PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES: ESTUDO DE CASO EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL

Ismael Marrathman Dias Costa
Marcos Augusto Barbosa de Amorim
Yuri Sotero Bomfim Fraga

DOI 10.22533/at.ed.87320210914

CAPÍTULO 15..... 178

PATOLOGIA DE FACHADAS: REVISÃO DE LITERATURA

Allefy Teles Sampaio
Jéssica Wanderley Souza do Nascimento
Domingos Sávio Viana de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.87320210915

CAPÍTULO 16.....	188
A ARTE DE ENGENHEIRAR – RELATO DE EXPERIÊNCIA Maria Aridenise Macena Fontenelle DOI 10.22533/at.ed.87320210916	
SOBRE A ORGANIZADORA.....	201
ÍNDICE REMISSIVO.....	202

CAPÍTULO 8

ESTUDO DA FORMA DO AGREGADO GRAÚDO E SUA INFLUÊNCIA NO MÓDULO DE ELASTICIDADE DO CONCRETO

Data de aceite: 01/09/2020

Danillo de Almeida e Silva

Universidade de Brasília, Faculdade de
Arquitetura e Urbanismo - UnB.
Brasília – Distrito Federal.
<https://orcid.org/0000-0001-6402-8086>

André Luiz Bortolacci Geyer

Universidade Federal de Goiás, Faculdade de
Engenharia Civil – UFG.
Goiânia – Goiás.
<https://orcid.org/0000-0003-2799-4474>

Guilherme de Sousa Fernandes

Universidade de Brasília, Faculdade de
Arquitetura e Urbanismo - UnB.
Brasília – Distrito Federal.
<https://orcid.org/0000-0001-5655-2814>

RESUMO: A porosidade do concreto está intimamente relacionada com a durabilidade e desempenho das edificações. O estudo mais aprofundado dos fatores relacionados à quantidade de vazios presentes no concreto endurecido se faz necessário para uma melhor compreensão da qualidade e durabilidade das edificações. O presente trabalho relata um estudo sobre forma e classificação do agregado graúdo para concreto, e sua influência sobre o módulo de deformação do concreto.

No desenvolvimento da metodologia da pesquisa, foram descritas a caracterização da forma, através de parâmetros estabelecidos por normas nacionais e internacionais, além de

outras referências que estabelecem diretrizes para a classificação da forma do agregado graúdo britado. Com base nestas referências, estabeleceram-se critérios e parâmetros para determinar a forma do agregado graúdo britado em (quatro) categorias: forma cúbica, forma alongada, forma lamelar e forma alongada-lamelar. Posteriormente, houve a produção dos concretos para cada forma do agregado, e apresentação das análises e resultados dos corpos de provas submetidos aos ensaios do módulo de elasticidade do concreto aos 28 dias. Analisando-se os resultados dos ensaios, observa-se que quanto maior a relação a/c, maior será seu módulo de elasticidade (GPa) e menor sua resistência (MPa). Já para os concretos com menor a/c, estes apresentaram maiores valores na resistência à compressão e menores deformações. Podemos atribuir estes resultados a uma micro estrutura mais compacta e diâmetros de poros menores, o que acarreta em menor deformação do concreto.

Os concretos produzidos com agregados irregulares proporcionam maiores índices de vazios, ocasionado pelo aumento da a/c, e, esses vazios permitem uma maior elasticidade do concreto. A rede de poros funciona como concentrador de tensão, permitindo que o concreto trabalhe, quando sujeito a esforços, porém, os torna mais frágeis rompendo a baixa resistência.

PALAVRA-CHAVE: Agregado, Forma, Influência, Elasticidade, Concreto.

ABSTRACT: The porosity of concrete is closely related to the durability and performance

of buildings. The further study of the factors related to the amount of voids present in the hardened concrete is necessary for a better understanding of the quality and durability of the buildings. The present work reports a study on the form and classification of coarse aggregate for concrete, and its influence on the concrete deformation module. In the development of the research methodology, the characterization of the form was described, through parameters established by national and international standards, in addition to other references that establish guidelines for the classification of the form of coarse crushed aggregate. Based on these references, criteria and parameters were established to determine the shape of the coarse crushed aggregate in (four) categories: cubic shape, elongated shape, lamellar shape and elongated-lamellar shape. Subsequently, there was the production of concretes for each form of the aggregate, and presentation of the analysis and results of the specimens submitted to the tests of the modulus of elasticity of the concrete at 28 days. Analyzing the results of the tests, it is observed that the higher the a / c ratio, the greater its modulus of elasticity (GPa) and the lower its resistance (MPa). For concretes with lower a / c , these showed higher values for compressive strength and lower deformations. We can attribute these results to a more compact microstructure and smaller pore diameters, which results in less concrete deformation. The concretes produced with irregular aggregates provide higher voids indexes, caused by the increase of a / c , and these voids allow a greater elasticity of the concrete. The pore network works as a stress concentrator, allowing the concrete to work, when subjected to efforts, however, it makes them more fragile by breaking the low resistance.

KEYWORD: *Aggregate, Form, Influence, Elasticity, Concrete.*

1 | INTRODUÇÃO

A forma do agregado afeta o comportamento do concreto, tanto no estado fresco, como no estado endurecido, pois têm influência na trabalhabilidade, no ângulo de atrito interno e na compacidade, entre outros fatores que são influenciados pela quantidade de água de amassamento (MEHTA; MONTEIRO, 2008), (SILVA, 2012).

A forma do agregado se refere à sua geometria tridimensional, porém como é difícil representar corpos tridimensionais irregulares, é mais conveniente definir certas características geométricas desses corpos, tais como alongamento, achatamento, cubicidade, esfericidade e angulosidade (NUNES; MARQUES, 2007).

Os agregados lamelares e alongados são frágeis e facilmente quebráveis, prejudicando a obtenção de maiores resistências no concreto. Além disso, a angulosidade acentuada das partículas provoca o aumento no consumo de água necessária para uma dada trabalhabilidade. Por fim, com o aumento no tamanho e quantidade de partículas lamelares e alongadas, associadas ao acúmulo de água próximo à superfície do agregado, ocorre o enfraquecimento da sua aderência na zona de transição (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

Silva (2012) cita que a massa específica é inversamente proporcional à porosidade. Naturalmente, os fatores que afetam a porosidade dos componentes do concreto são: forma do agregado, pasta de cimento e zona de transição, os quais são extremamente

importantes para a durabilidade do concreto.

Mehta e Monteiro (2008) relatam que entre as características do agregado graúdo que afetam o módulo de deformação do concreto, a porosidade é a mais importante, uma vez que esta determina a rigidez do concreto. Sabe-se que a rigidez controla a capacidade do agregado em restringir deformações do concreto. Pressupõe-se, então, que agregados mais densos e com alto módulo de deformações resultam em concretos com módulos de deformações maiores.

2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Forma do agregado graúdo

O estudo sobre a forma do agregado para concreto é um assunto já estudado por pesquisadores como Wadell (1932), Krumbein (1941) e Powers(1953). Estes foram os primeiros a propor um método de classificação para a forma do agregado. Atualmente, existem várias pesquisas sobre a classificação da forma do agregado graúdo, tais como O'Reilly (1998), Fowler (2005), Frazão (2007), Nunes, Marques(2007), Fabro, Gava e Grigoli (2011), Silva(2012), Silva e Geyer (2018) e normas regulamentadoras como British

Standard 812-105.1(BS, 1989), British Standard 812-105.2(BS, 1990); DIN EN 933-3 (1997), DIN EN 933-4(1999), COMMITTEE 213R-87 (ACI, 1999), ABNT 7809 (NBR, 2008), que fazem referência à forma ideal do agregado graúdo para concreto e concreto betuminoso. Existem métodos para a avaliação da forma dos agregados que, basicamente, podem ser definidos em dois processos:

- Método direto, que consiste em fazer medições geométricas sobre cada uma das partículas, a partir de determinar parâmetros (índice de cubicidade, índice de lamelação e índice de alongamento);
- Método indireto, que determina certas propriedades do conjunto de partículas do agregado, seja através de mecanismos que relacionam as dimensões e permitem classificar o grau de cubicidade, seja por meio de índices de frequências de cada tipo de forma ou do conjunto

2.2 Análise da forma do agregado graúdo

Foram analisadas onze normas de diferentes países e oito propostas de pesquisadores, sobre a determinação da forma do agregado graúdo britado, sendo todas para uso em concreto de cimento Portland ou concreto betuminoso.

As normas analisadas são semelhantes e utilizam a relação de suas dimensões para determinar sua forma. Entretanto, diferenciam-se em determinados pontos, como o método direto e indireto e/ou suas relações. No método direto, algumas normas utilizam apenas duas dimensões do agregado (comprimento/espessura) para determinar a sua forma, obtendo-se uma relação das suas dimensões. Outras normas utilizam as três dimensões

do agregado (comprimento/largura e largura/espessura), obtendo-se duas relações de suas dimensões para determinar sua forma. Outro ponto distinto entre as normas é sua razão, ou seja, índice de forma.

NORMAS / PESQUISAS	Uso	Método	FORMA							
			Cúbica	Relação	Alongada	Relação	Lamelar	Relação	Alongada-lamelar	Relação
ABNT 7809 (NBR, 2008)	Concreto	Direto	1	c / e	n.e	n.e	n.e	n.e	> 3	c / e
ABNT 1225 (NBR, 1993)	Concreto	Direto	$\leq 2 \text{ e } \leq 2$	c/l e l/e	$> 2 \text{ e } \leq 2$	c/l e l/e	$> 2 \text{ e } > 2$	c/l e l/e	$\leq 2 \text{ e } > 2$	c/l e l/e
(ABNT MB-894 (NBR, 1989)	Lastro	Direto	$> 0,5 \text{ e } > 0,5$	l/c e e/l	$< 0,5 \text{ e } > 0,5$	l/c e e/l	$> 0,5 \text{ e } < 0,5$	l/c e e/l	$< 0,5 \text{ e } < 0,5$	l/c e e/l
DNER-ME 086 (DNER, 1994)	Conc. Betuminoso	Indireto	$\geq 0,5$	e / c	n.e	n.e	$< 0,5$	e / c	n.e	n.e
EN 933-3 (DIN, 1997)	Concreto	Indireto	n.e	n.e	n.e	n.e	n.e	n.e	n.e	n.e
EN 933-4 (DIN, 1999)	Concreto	Direto	1	c / e	n.e	n.e	n.e	n.e	> 3	c / e
COMITTEE 213R-87 (ACI, 1999)	Concreto	Direto	n.e	n.e	> 3	c / l	> 3	l / e	> 5	c / e
(ASTM 4791 (D, 2005)	Concreto	Direto	n.e	n.e	> 3	c / l	> 3	l / e	n.e	n.e
(ASTM 5821 (D, 2001)	Concreto	Indireto	n.e	n.e	n.e	n.e	n.e	n.e	n.e	n.e
British Standard 812-105.1 (BS, 1989)	Concreto	Direto	n.e	n.e	$< 0,6$	e / c	n.e	n.e	n.e	n.e
British Standard 812-105.2 (BS, 1990)	Concreto	Direto	$< 1,8$	c / e	$> 1,8$	c / e	n.e	n.e	n.e	n.e
Powers (1953)	Concreto	Direto	Utilizada para comparar e expressar descritivamente o grau de arredondamento em: muito anguloso, anguloso, sub-anguloso, subarredado, arredondado e bem arredondado							
O'reilly (1998)	Concreto	Indireto	Método físico-matemático O'reilly Diaz, (Método de Dosagem de Concreto de Elevado Desempenho)							
Peterssen et al. (2001)	Conc. Betuminoso	Direto	Cúbica	-	Alongada	-	Disco	-	Lâmina	-
(D'Agostino (2004)	Concreto	Indireto	Utiliza imagens digitalizadas para obter parâmetros: Relação de aspecto = Comprimento do maior eixo / Comprimento do menor eixo							
Fowler (2005)	Concreto	Indireto	Utilizou um diagrama triangular para traçar (profundidade/comprimento) e (comprimento-espessura) / (comprimento-profundidade),							
Mehta e Monteiro (2008)	Concreto	Direto	Arredondada	-	Alongada	-	Angulosa	-	Achatada	-
Fabro, Gava e Grigoli (2011)	Concreto	Indireto	Utiliza o processamento digital de imagens para medir a maior dimensão de cada grão do agregado para calcular o coeficiente de forma do mesmo							
Silva e Geyer (2018)	Concreto	Direto	$< 1,8 \text{ e } < 1,8$	c/e e l/e	$> 1,8 \text{ e } < 2,4$	c/e e l/e	$> 2,4 \text{ e } < 3,0$	c/e e l/e	$> 3,0 \text{ e } > 3,0$	c/e e l/e
Comprimento: c										
Largura: l										

Espessura: e		Obs:
n.e: não consta na norma		A NBR 7225 utiliza o termo quadrática, em vez de alongada-lamelar

Tabela 1 Determinação do índice de forma

Anorma ABNT 7809 (NBR, 2008) utiliza, para concreto hidráulico, a razão entre suas dimensões de 3:1, sendo este valor predominante entre as normas analisadas para uso em concreto. No entanto, a ASTM D 4791 (2005) tem uma aceitação de até 5:1 para agregados britados, tendo uso para concreto hidráulico. Outras normas, como a ABNT 7225 (NBR, 1993) utilizam uma razão de 2:1 para determinação da forma do agregado britado. A norma British Standard 812-105.1 (BS, 1989) determina o índice de achatamento do agregado graúdo como a razão entre suas dimensões espessura/comprimento menor que 0,6. A norma British Standard 812-105.2 (BS, 1990) determina o índice de alongamento, estabelece parâmetros de classificação entre forma cúbica e forma alongada, utiliza a razão entre suas dimensões e define até qual índice é classificado como forma cúbica e a partir de qual índice é classificado como forma alongada.

Método Powers (1953) tradicionalmente é utilizado para comparar e expressar descritivamente o grau de arredondamento em: muito anguloso, anguloso, sub-anguloso, subarredondado, arredondado e bem arredondado. No método O'Reilly (1998), o procedimento consiste em selecionar 20 grãos aleatoriamente de cada fração do agregado a ser analisado, e fotografar a partícula em duas posições, nos eixos a/b e b/c e girando em 90° em relação ao outro, o que equivale a determinar os fatores de 40 medições em cada agregado.

O Método Perersen (2001) analisa a forma do agregado em termos de razão de alongamento, razão de planicidade, fator de forma e esfericidade. Utiliza-se um analisador de imagens, classificando-os em quatro formas: cúbica, alongada, disco e laminar. Método D'Agostino (2004) utilizou imagens digitalizadas para obter parâmetros que caracterizassem a forma do agregado miúdo, a fim de calcular os parâmetros de arredondamento, obtidos a partir de uma equação.

Método Fowler (2005) utiliza um diagrama triangular para traçar profundidade/comprimento, comprimento/espessura e comprimento/profundidade, produzindo um esquema para a especificação da forma combinada e um esquema em forma de diagrama.

Método Mehta e Monteiro (2008) relata que a forma dos agregados diz respeito às características geométricas das partículas, podendo ser classificadas como arredondada, alongada, angulosa ou achatada.

Método Fabro, Gava e Grigoli (2011) utiliza o processamento digital de imagens para medir a maior dimensão de cada agregado para calcular o coeficiente de forma do mesmo. Com o resultado das análises das imagens, obtém-se a maior dimensão do grão, com a qual, baseando-se na norma, pode-se calcular o coeficiente de forma para cada fração,

segundo a equação. Método Silva e Geyer (2018) utiliza as três dimensões de um agregado comprimento/largura e largura/espessura, tendo duas relações de suas dimensões para determinar sua forma. E estabelece critérios e parâmetros para determinar a forma do agregado graúdo britado em: forma cúbica, forma alongada, forma lamelar e forma alongada-lamelar

2.3 Classificação da forma do agregado graúdo

A forma do agregado se refere à sua geometria tridimensional, porém como é difícil representar corpos tridimensionais irregulares, é mais conveniente definir certas características geométricas desses corpos, tais como alongamento, achatamento, cubicidade, esfericidade e angulosidade (NUNES; MARQUES, 2007).

Conforme estudos de Krumbiech (1941), Paraguassu e Frazão (1998), Al-Rousan et al. (2007), Silva e Geyer (2018) e Ueno e Ogawa (2020), os métodos comumente utilizados para determinar a forma dos agregados, se baseiam na medição de dimensões dos fragmentos por meios de linhas imaginárias que definem comprimento, largura e espessura.

Considerando a forma ideal no processo de britagem e as dimensões exatas (imaginando uma forma perfeita), podemos classificar a forma do agregado graúdo segundo a razão de suas dimensões comprimento/espessura e largura/espessura.

A fim de caracterizar adequadamente a forma de um agregado graúdo, é necessário as informações de três dimensões da partícula: maior dimensão (comprimento), dimensão intermediária (largura), e menor dimensão (espessura). As formas equidimensionais são índices que são expressos em termos de três dimensões.

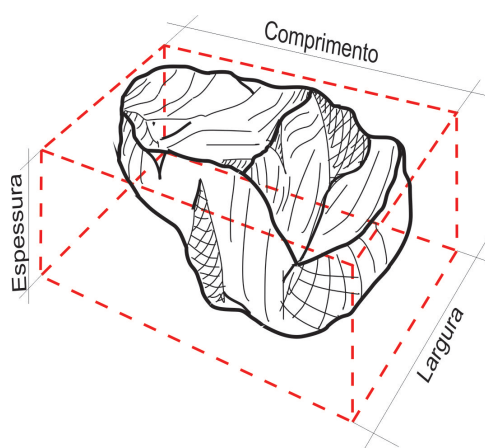


Figura 1 Projeção da forma ideal da partícula sobre a verdadeira

Forma	Razão	Índice
Cúbica	$c/e < e/l/e <$	1,8
Alongada	$c/e > e/l/e <$	1,8
Lamelar	$c/e > e/l/e >$	2,4
Alongada-Lamelar	$c/e > e/l/e >$	3,0

Tabela 2 Índice de forma do agregado graúdo

2.4 Módulo de elasticidade do concreto

O ensaio prescrito pela ABNT 8522 (NBR, 2008) determina que o módulo de elasticidade inicial (E_{ci}) é obtido relacionando tensão e deformação do corpo de prova feito por uma amostra do concreto empregado. Neste caso, o corpo de prova cilíndrico é de 15x30 cm. Segundo o procedimento desta norma, deve-se inicialmente romper dois corpos de prova com o intuito de se obter a resistência à compressão (F_c). Obtendo-se o valor da resistência à compressão estimada, determinam-se os níveis de carregamento para o cálculo das deformações em mais três corpos de prova. O Gráfico 2 apresenta a forma e a intensidade do carregamento aplicado.

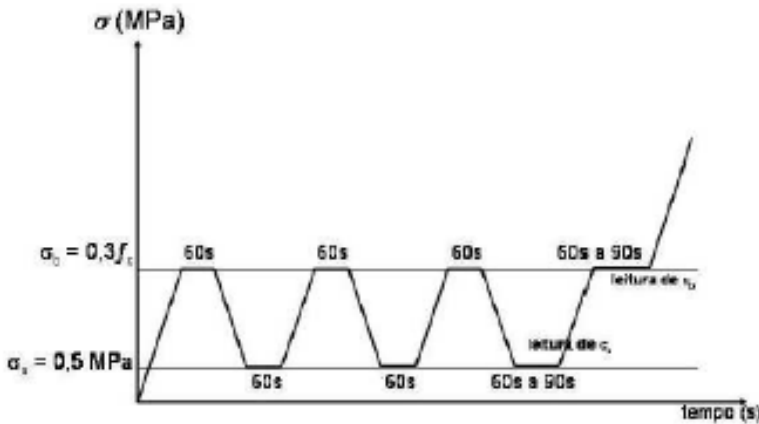


Gráfico 1 Carregamento para determinação do módulo de elasticidade ABNT 8522 (NBR, 2008)

O Gráfico 5 representa, esquematicamente, o carregamento para determinação do módulo de elasticidade ABNT 8522 (NBR, 2008), após as leituras das deformações e tensões aplicadas, e utiliza a Equação 1 no cálculo de E_{ci} .

Equação 1 Determinação do módulo de elasticidade

$$E_{ci} = (s_b - s_a) (e_b - e_a) \times 10^3$$

Onde:

S_b = Tensão maior em Mega Pascal ($S_b = 0,3fc$);

S_a = Tensão menor em Mega Pascal ($S_a = 0,5 \text{ MPa}$);

e_b = Deformação específica média dos corpos de prova ensaiados sob a tensão maior;

e_a = Deformação específica média dos corpos de prova ensaiados sob a tensão menor.

3 | INFLUÊNCIA DA FORMA DO AGREGADO GRAÚDO NO CONCRETO

3.1 Trabalhabilidade do concreto

A forma do agregado graúdo é importante do ponto de vista geológico. Durante a britagem de partículas, a grosso modo equidimensionais (também chamadas cúbicas ou esféricas) devem ser geradas mais do que partículas alongadas e lamelares. Estas últimas são fracas e elas podem algumas vezes ser quebradas com os dedos e tendem a produzir misturas ásperas, exigindo água adicional ou superplastificante para a trabalhabilidade desejada (AÏTCIN, 2000).

A trabalhabilidade do concreto é a maior ou menor facilidade com que eles podem ser lançados e adensados, envolvendo eficazmente as armaduras, e preenchendo perfeitamente os moldes, sem deixar vazios, os maiores dos quais são denominados ninhos. No entanto, esta trabalhabilidade tão desejada pode ser prejudicada quando a quantidade de formas lamelares presentes em uma amostra excede um limite tolerável, comprometendo assim as propriedades mecânicas do concreto, tanto no estado fresco, quanto endurecido.

Segundo Frazão (2007), agregados com graus mais elevados de cubicidade apresentam resistência mais elevada e propiciam melhor trabalhabilidade do concreto de cimento Portland.

Estudos de Jamkar e Rao (2004) grading, shape and surface texture have significant influence on the properties of concrete, both in fresh and hardened state. Specifications in various codes, on concrete mix proportioning, regarding size and grading of the aggregate are much clear than their counterparts regarding shape and surface texture, which is broadly classified into angular/crushed and rounded/uncrushed. The lack of quantitative definition of aggregate particle shape and surface texture often leads to inconsistent results, and requirement of number of trials for achieving desirable properties of concrete. Index of Aggregate Particle Shape and Texture (IAPST) indicam que a influência das propriedades do agregado na trabalhabilidade e resistência mecânica diminuem com o aumento da quantidade de cimento. Os agregados alongados em comparação aos agregados com forma cúbica tendem a quebrar-se ao longo de seu eixo, devido a sua esbeltez. Assim, a forma do agregado afeta a resistência do concreto e sua vida útil (FOWLER, 2005).

3.2 Porosidade e permeabilidade do concreto

Segundo Petersen et al. (2001a), Jamar e Rao (2004) grading, shape and surface texture have significant influence on the properties of concrete, both in fresh and hardened state. Specifications in various codes, on concrete mix proportioning, regarding size and grading of the aggregate are much clear than their counterparts regarding shape and surface texture, which is broadly classified into angular/crushed and rounded/uncrushed. The lack of quantitative definition of aggregate particle shape and surface texture often leads to inconsistent results, and requirement of number of trials for achieving desirable properties of concrete. Index of Aggregate Particle Shape and Texture (IAPST, Mehta e Monteiro (2008), partículas de formas equidimensionais são geralmente preferíveis, ao invés de partículas planas ou alongadas, para uso como agregados em concreto. A razão disto é que apresentam menos área de superfície por unidade de volume e geralmente produzem melhor empacotamento das partículas. As partículas lamelares produzem uma mistura com baixa trabalhabilidade com determinado teor de água, o que leva à compactação pobre e um alto conteúdo de vazios, resultando em baixa resistência e durabilidade.

Os agregados contendo partículas lamelares e alongadas são prejudicados, porque estes elementos dificultam o adensamento do concreto, impedindo a interpenetração das partículas em seu empacotamento, diminuindo sua trabalhabilidade, aumentando sua porosidade e, conseqüentemente, aumentando sua permeabilidade.

As partículas irregulares têm influência negativa nas propriedades do concreto. Os agregados graúdos irregulares provocam acúmulo de água, aparecimento de bolhas e, conseqüentemente, um aumento na porosidade do concreto, o que provoca baixa resistência e diminui a vida útil da estrutura de concreto.

As partículas lamelares e alongadas são frágeis e facilmente quebráveis, prejudicando a obtenção de maiores resistências no concreto. Além disso, a angulosidade acentuada das partículas provoca o aumento no consumo de água necessária para uma dada trabalhabilidade. Por fim, com o aumento no tamanho e quantidade de partículas lamelares associadas a um acúmulo de água próximo à superfície do agregado, **há o** enfraquecimento da aderência na zona de transição (MEHTA; MONTEIRO, 2008), (SILVA, 2012).

3.3 Resistência do concreto

Deve-se atentar para o fato de que a forma das partículas britadas varia de acordo com o seu tamanho. Grãos menores, em geral, são mais alongados. Para os agregados graúdos, deve-se dar preferência à forma equidimensional. Partículas que se distanciam dessa forma tendem a ter maior área superficial. Partículas alongadas ou lamelares tendem a se acomodar segundo um plano e se rompem em flexão quando compactadas, funcionando como pequenas vigas bi-apoiadas sobre outras partículas (NUNES; MARQUES, 2007).

Quando uma partícula é submetida a esforços mecânicos superiores à sua

resistência, a ruptura leva a propagação de trincas já existentes e a iniciação de novas trincas em seu interior, o que causa a fragmentação da partícula. Os esforços mecânicos aplicados podem ser normais (compressão ou tração) ou tangenciais (cisalhamento). A resposta de qualquer sólido à aplicação de tais esforços se dá na forma de deformações, as quais podem ser classificadas como elásticas e inelásticas (HONÓRIO, 2010).

Segundo Fowler (2005), as partículas lamelares ou planas, orientadas na vertical, podem causar uma fraqueza estrutural na compressão e também diminuir a resistência do concreto.

Segundo Neville (1997), tanto a forma, quanto a textura do agregado exercem forte influência sobre a resistência à compressão do concreto, principalmente nas primeiras idades e o efeito da forma e da textura é mais significativo em concretos de alta resistência. Ao mantermos a mesma mineralogia do agregado, os concretos com agregados de superfície mais rugosa, tendem a apresentar maior resistência que os concretos com agregados de superfície mais lisa e arredondadas. A forma equidimensional tem como características alta quantidade de arestas, que apresentam maior aderência entre pasta de cimento/agregado e, conseqüentemente, maior compacidade.

4 | METODOLOGIA

4.1 Classificação da forma do agregado graúdo para concreto

Este trabalho apresenta um estudo sobre a influência da forma do agregado graúdo britado e sua relação com o módulo de elasticidade do concreto.

Como metodologia da pesquisa, foram utilizados parâmetros estabelecidos por normas nacionais e internacionais, além de outras referências que estabeleceram diretrizes para a classificação da forma do agregado graúdo britado. Com base nessas referências, estabeleceram-se critérios e parâmetros para determinar a forma do agregado graúdo britado em 4 (quatro) categorias: forma *cúbica*, forma *alongada*, forma *lamelar* e forma *alongada-lamelar*, conforme método proposto por Silva e Geyer (2018).



Figura 2 Forma cúbica e alongada do agregado graúdo



Figura 3 Forma lamelar e alongada-lamelar do agregado graúdo

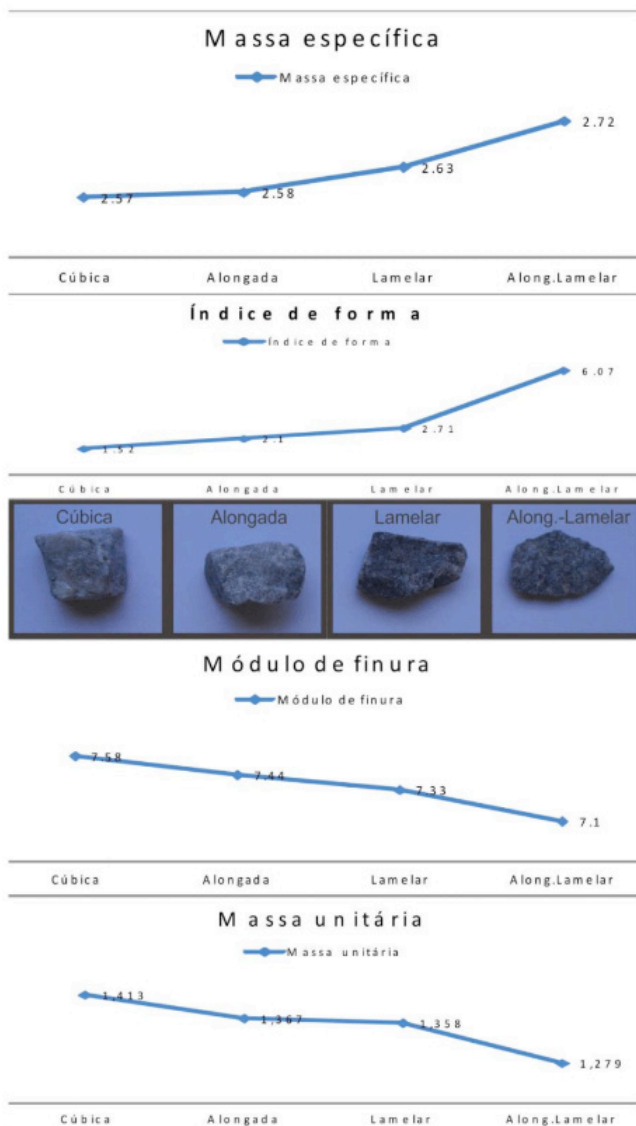


Gráfico 2 Gráfico comparativo da forma do agregado.

No Gráfico 1 são apresentados os resultados dos ensaios em forma de gráficos para a forma cúbica, forma alongada, forma lamelar e forma alongada-lamelar. Segundo os resultados, o índice de forma e massa específica aumenta com a irregularidade do agregado graúdo e, a massa unitária, ou módulo de finura, diminui com o aumento da irregularidade do agregado graúdo.

Amostra -10 kg - Brita I				
Forma	n° de Partículas	Índice	Peso (kg)	%
Cúbica	C331	1,52	3,35	33,50%
Alongada	A363	2,10	3,11	31,10%
Lamelar	L204	2,71	1,61	16,10%
Alongada-Lamelar	AL365	6,07	1,93	19,30%
TOTAL	1.263 (Partículas)	3,20	10,00	100,00%

Tabela 3 Porcentagem das formas

Na Tabela 3 são apresentadas as porcentagens que compreendem cada forma do agregado, em uma determinada amostragem. Após a classificação e separação dos agregados em quatro categorias (formas cúbica, alongada, lamelar e alongada-lamelar) pelo método proposto, as mesmas foram submetidas a ensaios para uma melhor compreensão de suas características, tais como granulometria, massa específica, massa unitária, módulo de finura e índice de forma, conforme Tabela 4 e Gráfico 1.

Ensaio	Cúbica	Alongada	Lamelar	Alongada-Lamelar
Módulo de finura	7,58	7,44	7,33	7,10
DMC (mm)	25	25	25	25
Massa unitária (kg/dm ³)	1,413	1,367	1,358	1,279
Massa específica (kg/dm ³)	2,57	2,58	2,63	2,72
Índice de forma	1,52	2,10	2,71	6,07

Tabela 4 Ensaio dos agregados.

Esta parte do programa experimental teve como propósito classificar e separar as partículas em quatro categorias, tendo como parâmetros a Tabela 2, que analisa a proporção entre suas dimensões, comprimento, largura e espessura.

5 I PROGRAMA EXPERIMENTAL

5.1 Produção dos concretos

Todo o programa experimental incluiu a dosagem, moldagem dos corpos-de-prova e ensaios mecânicos, que foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção da EEC/UFG. Foram moldados, para a realização dos ensaios experimentais, corpos-de-prova cilíndricos 10x20 cm para o ensaio de resistência à compressão, tração diametral e módulo de elasticidade 15x30 cm.

Foram definidos 12 traços, divididos em quatro formas, sendo um traço com a forma cúbica, forma alongada, forma lamelar e forma alongada-lamelar, totalizando 132 corpos de prova. Para a produção dos traços, se fixou o Abatimento do Tronco de Cone de Abrams em 9 ± 1 cm, sem o uso de aditivo.

Foi definido em laboratório o teor de argamassa da forma cúbica (alfa em 0,52). Conforme o índice de forma do agregado aumenta e, conseqüentemente, a irregularidade do agregado graúdo, variou-se o teor de alfa em + 0,01 para cada forma, para o traço de forma alongada estabelecemos o teor de argamassa (alfa em 0,53), forma lamelar (alfa em 0,54) e forma alongada-lamelar (alfa em 0,55). Este procedimento foi necessário para se manter o mesmo acabamento nos concretos com diferentes agregados.

Forma/Agregado	Traço 1:3,5	Traço 1:5	Traço 1:6,5
Cúbica	C-I	C-II	C-III
Alongada	A-I	A-II	A-III
Lamelar	L-I	L-II	L-III
Alongada-lamelar	AL-I	AL-II	AL-III

Tabela 5 Legenda dos traços

Forma Cúbica						Forma Lamelar					
Traço	Cimento	Areia grossa	Brita 1	Água	Cimento (kg/m³)	Traço	Cimento	Areia grossa	Brita 1	Água	Cimento (kg/m³)
3,5	1	1,34	2,16	0,426	473,7	3,5	1	1,43	2,07	0,458	466,3
5	1	2,12	2,88	0,544	355,8	5	1	2,24	2,76	0,58	351,1
6,5	1	2,9	3,6	0,657	285,3	6,5	1	3,05	3,45	0,735	278,9

Forma Alongada						Alongada-Lamelar					
Traço	Cimento	Areia grossa	Brita 1	Água	Cimento (kg/m³)	Traço	Cimento	Areia grossa	Brita 1	Água	Cimento (kg/m³)
3,5	1	1,385	2,115	0,445	469,3	3,5	1	1,475	2,025	0,468	464,0
5	1	21,8	2,82	0,556	354,2	5	1	2,3	2,7	0,598	348,8
6,5	1	2975	3,525	0,714	280,6	6,5	1	3,125	3,375	0,785	274,9

Tabela 6 Dosagens dos traços de concreto para cada forma

As confecções dos concretos seguiram a seguinte sequência na colocação dos materiais na betoneira: brita I + areia + 30% de água → 30s betoneira ligada + cimento e adição de água aos poucos, até a consistência desejada. A trabalhabilidade foi avaliada pelo Abatimento do Tronco de Cone de Abrams, que foi fixado em 9 ± 1 cm.



Figura 4 Mistura dos materiais.



Figura 5 Abatimento do tronco de cone de Abrams.

Foi utilizado o método EPUSP-IPT como método de dosagem para a produção dos concretos com forma *cúbica, alongada, lamelar e alongada-lamelar*. E foram realizados os ensaios à compressão simples e tração por compressão diametral para os concretos produzidos aos 7, 14 e 28 dias e ensaio de módulo de elasticidade aos 28 dias.



Figura 6 Ensaio à Compressão.

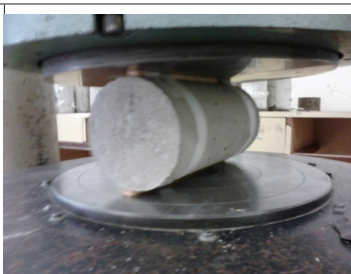


Figura 7 Ensaio à Tração Diametral.



Figura 8 Ensaio Módulo.

6 | RESULTADOS

Ensaio do Módulo de elasticidade de corpos de prova cilíndricos de 15x30 cm foram rompidos aos 28 dias, conforme procedimentos prescritos pela norma ABNT 8522 (NBR, 2008). Utilizou-se um capeamento superficial em enxofre com o objetivo de regularizar a

superfície do corpo de prova cilíndrico para rompimento na prensa. A Tabela 5, Tabela 6, Tabela 7 e Tabela 8 apresentam os resultados dos ensaios do módulo de elasticidade dos concretos produzidos com suas respectivas formas.

Corpos de provas		MPa	GPa	Média GPa
Traço C I	C I - 01	34,1	22,6	23,3
	C I - 02	36,7	26,3	
	C I - 03	33,1	21,1	
Traço C II	C II - 04	25,5	27,2	28,4
	C II - 05	25,3	29,8	
	C II - 06	25,2	28,2	
Traço C III	C III - 07	18,1	35,9	37,5
	C III - 08	18,3	41,5	
	C III - 09	18,1	35,1	

Tabela 7 Resultado do traço com forma cúbica

Corpos de provas		MPa	GPa	Média GPa
Traço A I	A I - 01	35	23,1	25,1
	A I - 02	35,7	26,8	
	A I - 03	37,1	25,1	
Traço A II	A II - 04	25,5	28,2	26,3
	A II - 05	25,6	27,7	
	A II - 06	22,2	22,9	
Traço A III	A III - 07	16,6	35,9	35,4
	A III - 08	16,6	33,6	
	A III - 09	17,1	36,7	

Tabela 8 Resultado do traço com forma alongada

Corpos de provas		MPa	GPa	Média GPa
Traço L I	L I - 01	30,6	17,9	21,8
	L I - 02	31,3	24,3	
	L I - 03	31,1	23,2	
Traço L II	L II - 04	21,8	31,6	27,4
	L II - 05	22	35,5	
	L II - 06	22	25,1	
Traço L III	L III - 07	15,5	34,3	39
	L III - 08	14,5	45,1	
	L III - 09	15,9	37,5	

Tabela 9 Resultado do traço com forma lamelar

Corpos de provas		MPa	GPa	Média GPa
Traço AL I	AL I - 01	28,5	22,2	19,7
	AL I - 02	30	17,9	
	AL I - 03	24,3	19	
Traço AL II	AL II - 04	21	29,8	32,8
	AL II - 05	18,5	33,6	
	AL II - 06	19,4	35,1	
Traço AL III	AL III - 07	12	43,9	44,3
	AL III - 08	12,5	42,7	
	AL III - 09	12	46,4	

Tabela 10 Resultado do traço com forma Alongada-lamelar

Conforme o aumento no teor de argamassa dos traços, se faz necessário um acréscimo na relação água/aglomerante para manter a mesma trabalhabilidade. O concreto com forma alongada-lamelar apresentou um maior consumo de água, comparado com as outras formas, para manter a trabalhabilidade desejada para o estudo. Os Gráficos 3, 4, 5 e 6 apresentam a relação a/c dos traços de concreto produzidos com forma cúbica e forma alongada-lamelar.

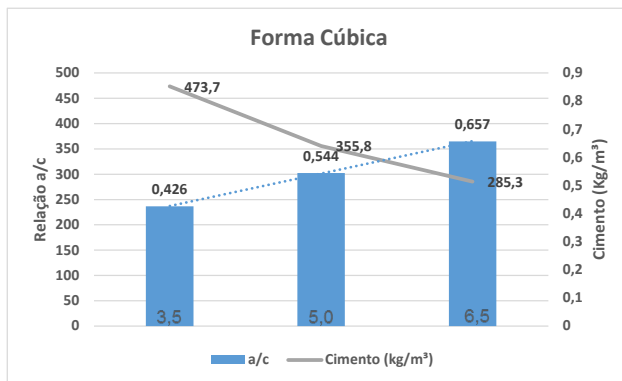


Gráfico 3 Relação entre a/c da forma cúbica

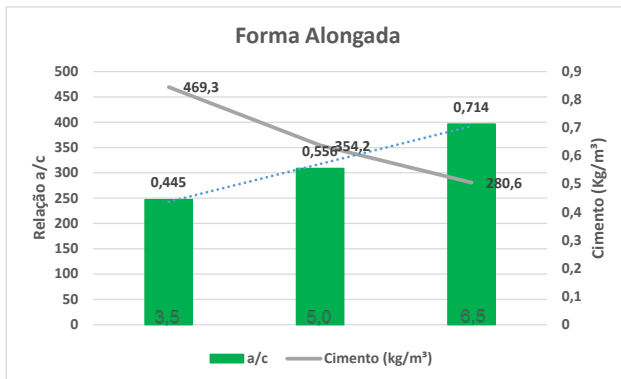


Gráfico 4 Relação entre a/c da forma alongada

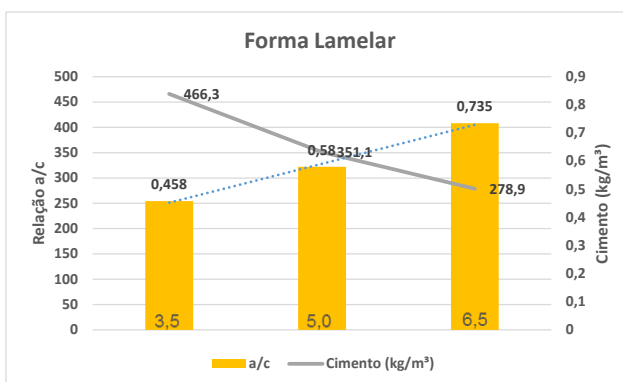


Gráfico 5 Relação entre a/c da forma lamelar

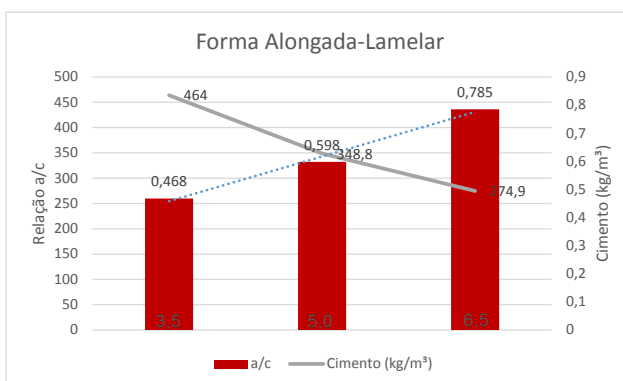


Gráfico 6 Relação entre a/c da forma alongada-lamelar

Analisando-se os resultados dos ensaios, observa-se que com o acréscimo da relação a/c, houve um aumento no módulo de elasticidade dos concretos e um decréscimo

na resistência à compressão. A Tabela 5 demonstra que uma maior relação a/c tem como resultado uma menor resistência à compressão.

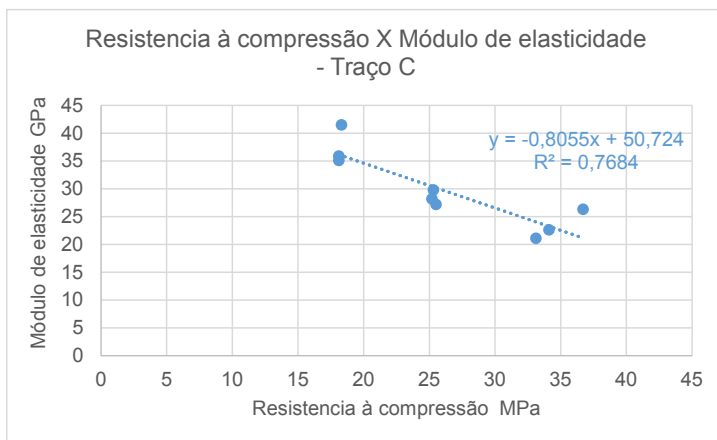


Gráfico 7 Relação entre resistência à compressão e módulo de elasticidade da forma cúbica aos 28 dias

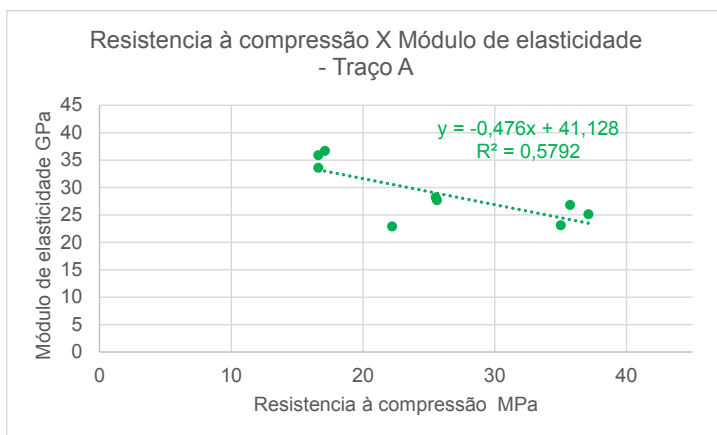


Gráfico 8 Relação entre resistência à compressão e módulo de elasticidade da forma alongada aos 28 dias

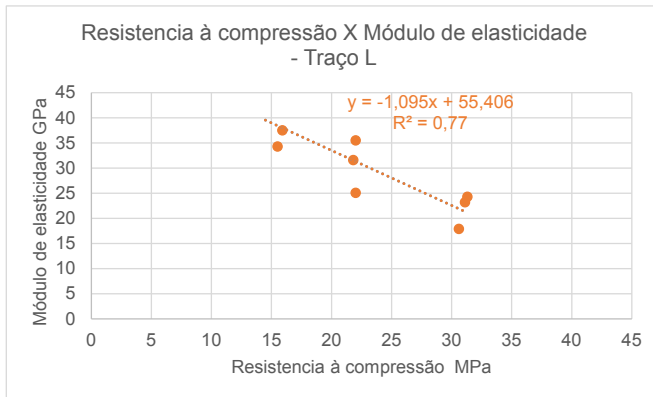


Gráfico 9 Relação entre resistência à compressão e módulo de elasticidade da forma lamelar aos 28 dias

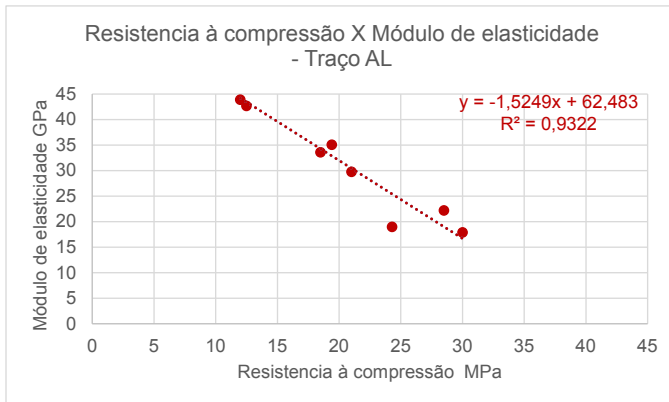


Gráfico 10 Relação entre resistência à compressão e módulo de elasticidade da forma alongada-lamelar aos 28 dias

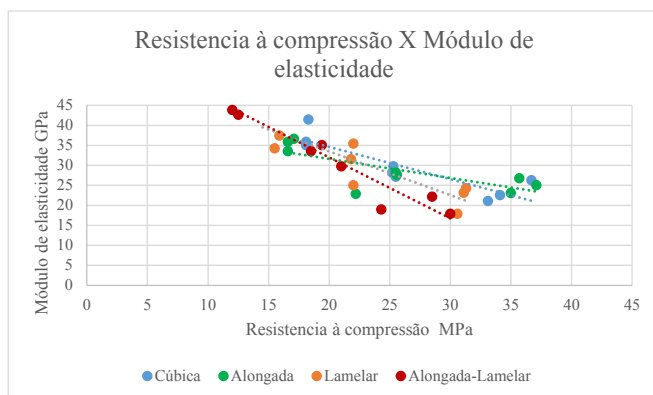


Gráfico 11 Comparativo entre resistência à compressão e módulo de elasticidade das formas cúbica, alongada, lamela e alongada-lamelar aos 28 dias

7 | ANÁLISE E DISCUSSÕES

A forma equidimensional “forma cúbica” possibilita baixa porosidade, menor consumo de cimento, melhores propriedades mecânicas, maior durabilidade do concreto, maior fluidez e economicidade. Isabel (2005) sugere a determinação da razão entre a maior e a menor dimensão da partícula, e seus dados experimentais indicam que, quando a maior parte das partículas tem uma razão menor do que 3:1, a forma das partículas tem pouca influência na qualidade do concreto. A resistência do concreto é afetada se mais de 50% das partículas tiverem uma relação de 5:1, o que pode provocar baixa compactação e elevado índice de vazios, resultando em baixa resistência e menor durabilidade do concreto.

Alguns pesquisadores fazem referência do índice de partículas lamelares, as quais podem ocasionar perda da qualidade do concreto. Segundo Neville (1997), é indesejável a presença de mais de 15% de partículas irregulares no concreto. As partículas indesejadas devem ser evitadas ou limitadas a, no máximo, 15% em massa (ISABEL, 2005). A resistência do concreto é afetada se mais de 50% das partículas tiverem uma relação de 5:1, o que as classifica, segundo a Tabela 1, como forma alongada-lamelar, o que pode provocar baixa compactação e elevado índice de vazios, resultando em baixa resistência e menor durabilidade do concreto.

Os concretos produzidos com agregado com baixo índice de forma (cúbica e alongada) apresentaram alta resistência à compressão e baixo módulo de elasticidade. A forma equidimensional dos agregados permitiu uma maior compactação entre agregado e pasta de cimento, que somado a baixa relação a/c , provocou baixa porosidade do concreto, elevando sua resistência à compressão. Esse fator produz uma micro estrutura com quantidades e diâmetros de poros menores, o que acarreta em menor deformação do concreto.

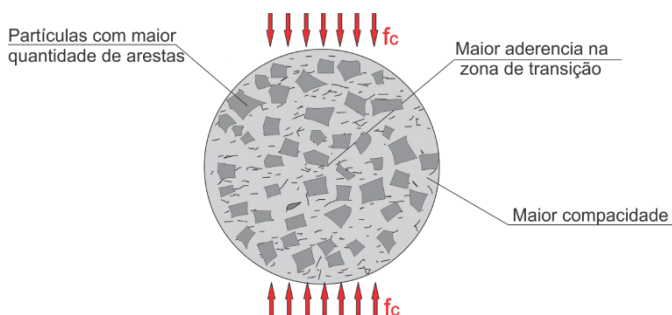


Figura 9 Detalhe esquemático do empacotamento do agregado com forma cúbica e alongada

A figura 9 apresenta um detalhamento esquemático do arranjo entre agregado e pasta de cimento, ocasionado pelas partículas cúbicas.

Os concretos produzidos com agregados com formas irregulares (lamelar e Alongada-lamelar) produzem maiores índices de vazios, tornando-se concentradores de tensões e permitindo que o concreto trabalhe quando sujeito a esforços. Porém, isto os torna mais frágeis, rompendo a baixa resistência.

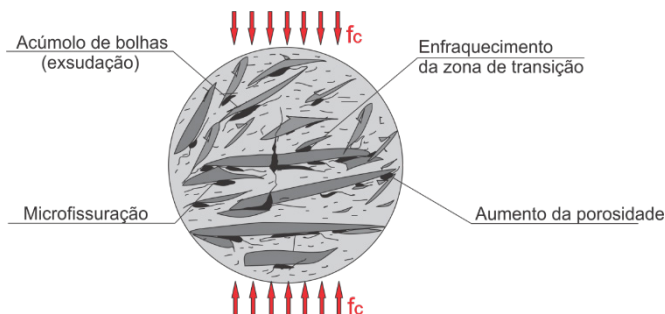


Figura 10 Detalhe esquemático do empacotamento do agregado alongado-lamelar

A figura 10 apresenta o detalhe esquemático do arranjo entre agregado e pasta de cimento ocasionado pelas partículas irregulares.

Segundo Mehta e Monteiro (2008), a água de exsudação interna tende a se acumular em torno das partículas irregulares. Nessas regiões, a zona de transição na interface pasta-agregado tende a ser fraca e com grande tendência à microfissuração. Estas interpretações podem ser observadas nos resultados do concreto produzido com formas lamelares e alongada-lamelar, nas quais o alto índice de irregularidade e o alto consumo de cimento estão presentes.

8 | CONCLUSÃO

A Elasticidade descreve materiais que retornam à sua forma de repouso depois que tensões aplicadas são removidas. Já a plasticidade descreve materiais que se deformam permanentemente após uma tensão aplicada, superando um determinado limite de elasticidade deste material. Tem-se como objeto o concreto, que é um material heterogêneo, logo, o que determina o seu comportamento elástico são a fração volumétrica, a densidade e o módulo dos principais componentes, além das características da zona de transição na interface da micro estrutura do concreto. Uma vez que a densidade é inversamente proporcional à porosidade, naturalmente, os fatores que afetam a porosidade do concreto são relacionados às características do agregado, relação a/c , pasta de cimento e micro estrutura do concreto. No concreto, a relação direta entre resistência e módulo de elasticidade advém do fato de que ambos são afetados pela porosidade das faces constituintes, porém não no mesmo grau.

As formas irregulares funcionam como barreiras, dificultando a mobilidade da pasta de cimento, devido ao seu alto índice de área superficial, característica da forma alongada-lamelar. Esta forma é considerada indesejada para o concreto, tendo índice $> 3,0$ c/e, que em porcentagem superior a 50% de uma amostragem podem provocar queda de qualidade do concreto, como no caso do concreto de forma alongada-lamelar com 100% dos agregados graúdos com índice de 6,07 c/e.

O concreto com agregado de formas irregulares (lamelar e alongada-lamelar) produzem maiores índices de vazios ocasionados pelo aumento da relação a/c. Esses vazios permitem uma maior elasticidade do concreto, funcionando como concentradores de tensões, permitindo que o concreto trabalhe quando sujeitos a esforços, porém isso os torna mais frágeis, rompendo-se a baixa resistência.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 7225 - **Materiais de pedra e agregados naturais**, Terminologia, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT 7809 - Agregado graúdo - **Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro** - Método de ensaio - Rio de Janeiro, 2008a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT 8522 - Concreto - **Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão** - Rio de Janeiro, 2008b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT MB-894 - Lastro-parão - **Determinação da forma do material, método de ensaio** - Rio de Janeiro - RJ, 1989.

ACI COMMITTEE 213R-87. **Guide for Structural Lightweight Aggregate Concrete** - 1999.

AÏTCIN, P. C. **Concreto de alto desempenho**. Tradução de Geraldo G. Serra. p. 667, 2000.

AL-ROUSAN, T. et al. **Evaluation of image analysis techniques for quantifying aggregate shape characteristics**. Construction and Building Materials, v. 21, n. 5, p. 978–990, maio 2007.

American Society for Testing and Materials D 5821 - **Standard Test Method for Determining the Percentage of Fractured Particles in Coarse Aggregate** - ASTM 2001.

American Society for Testing and Materials D 4791 - **Standard Test Method for Flat and Elongate Particles in Coarse Aggregates** - ASTM 2005.

British Standard 812-105.1. Testing aggregates: **Methods for determination of particle shape - Flakiness index**, 1989.

British Standard 812-105.2. Testing aggregates — Part 105: **Methods for determination of particle shape — Section 105.2 Elongation index of coarse aggregate**, 1990.

D. W. FOWLER. **Determination of aggregate shape properties using x-ray tomographic methods and the effect of shape on concrete rheology.** The University of Texas at Austin, 2005.

D'AGOSTINO, L. Z. **Uso de finos de pedraira no preparo de argamassas de assentamento.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.

European Committee For Standardization - DIN EN 933-3. **Tests for geometrical properties of aggregates - Part 3: Determination of particle shape - Flakiness index,** 1997.

European Committee For Standardization - DIN EN 933-4. **Tests for geometrical properties of aggregates - Part 4: Determination of particle shape - Shape index,** 1999.

DNER-ME 086/94 Agregado – **determinação do índice de forma, Método de Ensaio,** Norma Rodoviária - Rio de Janeiro - RJ, 1994.

FABRO, F.; GAVA, G.; GRIGOLI, H. **Influence of fine aggregates particle shape in concrete performance.** Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 4, n. 2, p. 191–212, 2011.

FRAZÃO, E. B. Tecnologia para produção e utilização de agregados: **Agregados para Construção Civil no Brasil.** 2007.

HONÓRIO, O. **ESTUDO DE AUMENTO DE CAPACIDADE DA PLANTA DE BRITAGEM DA USINA I DE GERMANO.** 2010.

ISABEL, M, G, F. **Caracterização petrográfica, química e física de agregados graníticos em concreto: estudo de caso de obra.** Faculdade de Ciência da Universidade de Porto, 2005.

JAMKAR, S. S.; RAO, C. B. K. **Index of Aggregate Particle Shape and Texture of coarse aggregate as a parameter for concrete mix proportioning.** Cement and Concrete Research, v. 34, n. 11, p. 2021–2027, nov. 2004.

M. C. POWERS. **A New Roundness Scale for Sedimentary Particles.** SEPM Journal of Sedimentary Research, v. Vol. 23, n. 2, p. 117–119, 1953.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais.** In: 3ª ed. ed. São Paulo - SP: Editora Pini, 2008. p. 573.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto.** 2ª ed. Pin ed. São Paulo, 1997.: [s.n.].

NUNES, M. F.; MARQUES, E. P. **Agregados para a construção civil: Materiais de construção civil e princípios da ciência e eng. de materiais.** v. 01 p. 481–524.

O'REILLY, V. A. **Método de dosagem de concreto de elevado desempenho.** In: TRADUÇÃO: AVELINO A. DE PÁDUA, L. T. S. E N. D. B. (Ed.). . Pini ed. São Paulo - SP: 1998, 1998.

PARAGUASSU, A. B.; FRAZÃO, E. B. **Materiais Rochosos para Construção.** Associação Brasileira de Geologia de Eng. Ambienta, v. Único, n. São Paulo, p. 331- 342., 1998.

PETERSEN, D. et al. **Coarse Aggregate Shape and Size Properties Using a New Image Analyzer.** Journal of Testing and Evaluation, v. 29, n. 5, p. 461, 2001a.

PETERSEN, R. et al. **Quantification of Coarse Aggregate Shape and Its Effect on Engineering Properties of Hot-Mix Asphalt Mixtures.** Journal of Testing and Evaluation, v. 29, n. 6, p. 513, 2001b.

SILVA, D. DE A. E. **Estudo da Influência do Índice de Forma do Graúdo nas Propriedades Mecânicas do Concreto.** Dissertação de (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, 2012.

SILVA, D. DE A.; GEYER, L. B. **Análise e classificação da forma do agregado graúdo britado para concreto.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 05, n. 12, p. 18–28, 2018.

UENO, A.; OGAWA, Y. **Influence of coarse aggregate shape on optimum fine to total aggregate ratio using a virtual voids-ratio diagram in concrete compaction.** Cement and Concrete Composites, v. 106, 1 fev. 2020.

W. C. KRUMBEIN. **Measurement and Geological Significance of Shape and Roundness of Sedimentary Particles.** SEPM Journal of Sedimentary Research, v. Vol. 11, n. 2, p. 64–72, 1941.

WADELL, H. **Volume, Shape, and Roundness of Rock Particles.** The Journal of Geology, v. 40, n. 5, p. 443–451, 1932.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agregado 92, 93, 94, 95, 96, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 111, 112, 113, 114, 115, 125, 128, 143, 146, 147, 149, 150, 159, 160, 162

Alvará 25, 27, 28, 32, 34, 35

B

Bim 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 15, 16, 53, 197, 198

C

Concreto 9, 22, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 104, 107, 111, 112, 113, 114, 115, 124, 125, 128, 129, 133, 134, 136, 137, 138, 139, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 150, 152, 155, 156, 157, 173, 176, 177, 182, 187, 192

Construção Civil 1, 2, 6, 7, 8, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 28, 30, 32, 34, 35, 36, 37, 50, 52, 88, 114, 124, 125, 126, 128, 137, 139, 143, 158, 159, 160, 162, 163, 164, 166, 167, 172, 176, 177, 179, 180, 185, 187, 190, 192, 193, 199

D

Design Thiking 83, 84

Drenagem Pluvial 39

Durabilidade 92, 93, 100, 111, 123, 124, 128, 129, 133, 135, 170, 175, 181, 182

E

Elasticidade 92, 98, 101, 103, 105, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 140

Enxuto 18

Escavação 69, 70, 71, 73, 74, 76, 77, 78, 79, 81

F

Forma 3, 7, 12, 14, 15, 18, 20, 21, 22, 43, 44, 45, 65, 69, 70, 74, 79, 84, 85, 86, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 123, 126, 143, 145, 146, 159, 161, 163, 166, 169, 170, 174, 175, 179, 189, 194, 195, 197

H

Habitação 1, 2, 3, 4, 25, 26, 80, 197

Habite-se 25, 26, 27, 28, 30, 32, 34, 35, 36

I

Impostos 15, 25, 26, 27, 28, 32, 33, 35

Influência 41, 43, 57, 92, 93, 99, 100, 101, 111, 115, 128, 133, 134, 135, 138, 144, 146,

174, 175, 181

Infraestrutura Urbana 39

Interdisciplinar 55, 159, 163

L

Lean Construction 1, 2, 3, 6, 8, 9, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23

M

MND 69, 70, 71, 72, 73, 76, 77, 78, 79

N

Necessidades 6, 9, 21, 83, 85, 86, 87, 88, 89

O

Ornamental Stones 116

P

Personas 83, 84, 85, 87, 89, 90

PMCMV 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 14, 15, 16

Pozolanas 124, 127, 129

Projeto Social 83, 84, 85, 88

Q

Qualidade da Água 55, 56, 57, 59, 60, 63, 65, 66, 68

Quartzite 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122

R

Recursos Hídricos 55, 66, 67

Removal 116, 118

Revestimentos 123, 124, 125, 127, 133, 135, 140, 162, 179, 181, 182, 184, 186, 187

S

Saneamento Básico 54, 55, 56, 59, 65, 66, 68, 88

Saúde Pública 55, 65, 66, 68

Smart City 39, 40, 43, 44, 52, 53

Stains 116, 118, 122

T

Technological Characterization 116

Tunnel Liner 69, 70, 71, 72, 73, 77, 78, 79, 81

V

Vala Método Tradicional 69

Vantagens 18, 19, 22, 74, 75, 77, 78, 138

Viabilidade Técnico-Econômica 1, 16

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



www.facebook.com/atenaeditora.com.br

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



www.facebook.com/atenaeditora.com.br