# V Conara

## Anais do V Congresso Araguaiense de Ciências Exata, Tecnológica e Social Aplicada - Conara

# Encontros de culturas e de realidades entre muitos Brasis

UNIFESSPA | IEA

Fapespa
Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas do Pará

JCEC
THE JOURNAL OF ENGINEERING AND EXACT SCIENCES

POLO CONSTRUÇÃO
POLO DE REFERENCIA EM CONSTRUÇÃO CIVIL

SECRETARIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO SUPERIOR, PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA

GOVERNO DO PARÁ

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**
**Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará**
**Biblioteca do Instituto de Engenharia do Araguaia**

Congresso Araguaiense de Ciências Exata, Tecnológica e Social Aplicada (5.: 2023: Santana do Araguaia, PA)

Anais do V Congresso Araguaiense de Ciências Exata, Tecnológica e Social Aplicada [recurso eletrônico] / Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Instituto de Engenharia do Araguaia. –– Santana do Araguaia: Unifesspa/IEA, 2023.

Modo de acesso: https://iea.unifesspa.edu.br/conara.html
Tema: Encontros de culturas e de realidades entre muitos Brasis.
ISSN 2763-8073

1. Ciência - Congressos. 2. Tecnologia - Educação - Congressos. 3. Diversidade cultural - Congressos. 4. Políticas sociais - Congressos. 5. Brasil. I. Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará. Instituto de Engenharia do Araguaia. II. Título.

CDD: 22. ed.:306.0981

Elaborado por Lisnéa de Oliveira Gomes – CRB2/1684

# SUMÁRIO

## 1. LICENCIATURA EM MATEMÁTICA


***1.1*** *- Planilhas de salários mínimos no Brasil de 1940 a 2003 no museu histórico Japonês Tomé-Açu-PA.* **19**

***1.2*** *- Análise de livro didático sobre produtos notáveis e fatoração nos anos finais do fundamental.* **28**

***1.3*** *- Juros Compostos nas Práticas do Cotidiano: Uma proposta para o ensino Médio.* **46**

***1.4*** *- O Ábaco no Museu japonês em Tomé-Açu.* **58**

***1.5*** *- Régua de frações: um recurso didático para o ensino de frações no ensino fundamental.* **69**

***1.6*** *- Práticas inclusivas no ensino e aprendizagem de matemática no ensino fundamental.* **84**

***1.7*** *- Prática da pesca e Etnomatemática: a multiplicidade e singularidade entre saberes.* **94**

***1.8*** *- Estudando o cálculo de área na agricultura japonesa em Tomé-Açu-PA na formação inicial de professores de matemática.* **104**

***1.9*** *- Memórias da Carpintaria de um carpinteiro de Santana do Araguaia\Pará e suas relações com a matemática e arquitetura.* **116**

***1.10*** *- Por que as construções arquitetônicas Japonesa em Tomé-Açu/PA aparentam sólidos geométricos?* **130**

***1.11*** *- Inquirição no ensino e aprendizado da matemática com o uso do Shogi, o Jogo dos Generais.* **140**

# SUMÁRIO

***1.12*** *- Direitos à educação: Uma breve síntese sobre nossos direitos e deveres como futuros professores(as) de matemática.* **152**

***1.13*** *- Jogos lúdicos possibilitando o ensino da matemática nas suas diferentes expressões.* **158**

***1.14*** *- Atividades lúdicas com os Jogos Sishima e Tsoro para a aprendizagem de matemática na Educação de Jovens e Adultos.* **173**

***1.15*** *- Arte na Matemática: Análise de uma sequência didática para o ensino de Geometria.* **189**

***1.16*** *- Explorando os jogos de tabuleiro da cultura africana como recurso no ensino da matemática* **205**

## 2. ENGENHARIA CIVIL

***2.1*** *- Análise do estado limite de serviço do projeto estrutural, por meio da modelagem computacional: estudo de caso.* **223**

***2.2*** *- Preservação e valorização da cultura Almeirimense: um estudo sobre a Feira de Arte e Cultura de Almeirim (FEARCA).* **235**

***2.3*** *- Desafios e oportunidades do ensino superior em cidades distantes das capitais: um estudo de caso em Almeirim-PA.* **251**

***2.4*** *- Revisão sistemática da literatura de estudos sobre energias renováveis no Brasil.* **267**

***2.5*** *- Tutorial passo a passo: utilizando o software Imesh para análise de elementos finitos.* **280**

# SUMÁRIO

**2.6** - *Estudo de dosagem de concreto e caracterização dos agregados disponíveis em Santana do Araguaia-PA.* **293**

**2.7** - *Controle tecnológico: impacto do controle tecnológico no orçamento da obra.* **308**

**2.8** - *Processos construtivos de fundações do Programa Minha Casa Minha Vida - PMCMV: Critérios de segurança, qualidade e financeiros.* **318**

**2.9** - *Métodos construtivos utilizados no bairro Buriti, no município de Redenção-PA: Uma Análise dos Impactos Ambientais.* **328**

**2.10** - *Comparação dos diferentes tipos de resíduos gerados nos municípios de Redenção e Moju, no estado do Pará, e seus respectivos processos de degradação ambiental.* **341**

**2.11** - *A importância da análise de resistência do solo para projeto e execução de fundações.* **352**

**2.12** - *Correlação entre o PIB e IDH com a produção de RSU entre Redenção-PA e Gurupi-TO.* **362**

**2.13** - *Análise computacional estrutural de uma treliça usando o software SAP 2000.* **373**

**2.14** - *Impermeabilidade do solo ocasionada pela expansão urbana, análise paramétrica e bibliográfica para Santana do Araguaia-PA.* **384**

**2.15** - *Diagnóstico do sistema de drenagem pluvial urbano em vias descentralizadas no município de Santana do Araguaia/PA.* **395**

**2.16** - *Uso de Geotecnologias para o monitoramento de bacias hidrográficas de nível 4 inseridas na região de Carajás – PA através dos indicadores da paisagem* **407**

.

# SUMÁRIO

## 3. ARQUITETURA E URBANISMO

***3.1*** *- Rampas na arquitetura moderna: um recorte pela revista acrópole.* ***421***

***3.2*** *- Santana do Araguaia e o Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades.* ***434***

***3.3*** *- Análise crítica da avaliação de uma edificação em diferentes zonas bioclimáticas de acordo com o novo regulamento de classificação de Eficiência Energética.* ***451***

***3.4*** *- Da Vila União até o Centro de Santana do Araguaia: um percurso analítico da paisagem.* ***466***

***3.5*** *- Desafios da caracterização climática para projeto residencial em Seabra-BA.* ***478***

***3.6*** *- Memórias boêmias nos bairros Bom Fim e Cidade Baixa em Porto Alegre/RS.* ***492***

# Estudo de dosagem de concreto e caracterização dos agregados disponíveis em Santana do Araguaia-PA

*Concrete Mix Design Study and Characterization of Available Aggregates in Santana do Araguaia, PA*

*Estudio de Dosificación de Concreto y Caracterización de los Agregados Disponibles en Santana do Araguaia, PA*

Eixo temático: ENG 1 - ESTRUTURAS E MATERIAIS

**TORRES, Max Vinicius Esteves[1]; FREITAS, Marcus Vnicius Pereira de[2]; CARVALHO, Carlos Maviael de[3]; FERREIRA, Willian dos Santos[4]; SIMAS, Tarciso Binoti[5].**

**Resumo:** É de conhecimento que a mão de obra da construção civil ainda é, em sua grande maioria, constituída de profissionais com baixa instrução, que por muitas vezes utilizam traços para dosagem do concreto passados de profissional para profissional. A variedade de matériasprimas pode afetar a qualidade e a resistência do concreto, portanto este estudo visa aprimorar a produção de concreto em Santana do Araguaia - Pará por meio do estudo de caracterização dos materiais locais e de dosagem de traços de concreto para se obter uma resistência caraterística de 25 MPa, conforme Norma Brasileira 12655. O estudo experimental de dosagem foi realizado seguindo a metodologia da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), utilizando agregados locais. Após os cálculos teóricos, os traços foram ajustados experimentalmente e suas resistências foram medidas por meio da moldagem e ruptura de corpos de prova para testes de resistência à compressão nas idades de 3, 7, 14 e 28 dias. O estudo mostrou que ao utilizar os agregados locais é importante fazer ajustes nos traços devido a quantidade de finos presente nos agregados graúdos, tendo como resultado dois traços atingindo a resistência esperada aos 28 dias para se obter um Fck de 25 MPa.

**Palavras-chave:** Dosagem; Materiais; Resistência à compressão.

***Abstract***: *It is known that the workforce in the construction industry is still predominantly composed of professionals with low education, who often rely on experienced-based concrete mixing ratios passed down from professional to professional. The variety of raw materials can affect the quality and strength of the concrete. Therefore, this study aims to improve concrete production in Santana do Araguaia - Pará through the characterization of local materials and concrete mixing ratios in order to achieve a characteristic strength of 25 MPa, in accordance with Brazilian Standard 12655. The experimental mixing study was conducted following the methodology of the Brazilian Portland Cement Association (ABCP), using local aggregates.*

[1] emaxvinicius@unifesspa.edu.br, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará-UNIFESSPA, Brasil.
[2] mvpfreitas@unifesspa.edu.br, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará-UNIFESSPA, Brasil.
[3] maviael.carvalho@unifesspa.edu.br, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará-UNIFESSPA, Brasil.
[4] emaxvinicius@unifesspa.edu.br, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará-UNIFESSPA, Brasil.
[5] tarciso@unifesspa.edu.br, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará-UNIFESSPA, Brasil.

*After theoretical calculations, the ratios were adjusted experimentally, and their strengths were measured through the molding and rupture of test specimens for compression strength tests at the ages of 3, 7, 14, and 28 days. The study showed that when using local aggregates, it is important to make adjustments to the ratios due to the amount of fines present in the coarse aggregates, resulting in two ratios achieving the expected strength at 28 days to obtain an Fck of 25 Mpa.*

***Keywords**: Dosage; Materials; Compression Strength.*

***Resumen:** Es sabido que la mano de obra en la construcción civil está compuesta en su mayoría por profesionales con baja instrucción, que a menudo utilizan proporciones de mezcla de concreto basadas en la experiencia transmitida de profesional a profesional. La variedad de materias primas puede afectar la calidad y resistencia del concreto. Por lo tanto, este estudio tiene como objetivo mejorar la producción de concreto en Santana do Araguaia - Pará mediante la caracterización de materiales locales y proporciones de mezcla de concreto para lograr una resistencia característica de 25 MPa, de acuerdo con la Norma Brasileña 12655. El estudio experimental de mezcla se realizó siguiendo la metodología de la Asociación Brasileña de Cemento Portland (ABCP), utilizando agregados locales. Después de cálculos teóricos, las proporciones fueron ajustadas experimentalmente y sus resistencias fueron medidas a través del moldeo y ruptura de especímenes de prueba para ensayos de resistencia a la compresión a los 3, 7, 14 y 28 días. El estudio mostró que al utilizar agregados locales es importante hacer ajustes en las proporciones debido a la cantidad de finos presentes en los agregados gruesos, lo que resultó en dos proporciones que alcanzaron la resistencia esperada a los 28 días para obtener un Fck de 25 MPa.*

***Palabras clave:** Dosificación; Materiales; Resistencia a la compresión.*

## 1 Introdução

A carência de controle tecnológico e desconhecimento na dosagem do concreto pode afetar a vida útil de uma edificação por meio da oxidação prematura de armaduras intensificando a deterioração dos materiais. É imprescindível realizar um estudo de traço de concreto da qualidade apontando a dosagem ideal com base em uma caracterização detalhada dos agregados disponíveis em determinada região, considerando as propriedades físicas e mecânicas, uma vez que as propriedades dos agregados interferem diretamente na qualidade do concreto.

A hipótese central é que a elaboração de um traço com proporções conhecidas de cada componente da mistura oferece desempenho ao concreto e isso inclui a resistência mecânica necessária e a durabilidade do material e sua capacidade de proteger as armaduras contra deterioração. Além disso, a análise dos resultados, especialmente correlacionando parâmetros como relação água/cimento e resistência à compressão, fornecerá informações valiosas para orientar a dosagem adequada e garantir a vida útil das construções.

Então a identificação de melhores práticas, podem ajudar a indústria da construção local a alcançar maior controle tecnológico, evitando problemas de deterioração, garantindo a integridade das armaduras e aumentando a segurança e a eficiência das estruturas construídas em Santana do Araguaia. Além disso, contribuirá para a sustentabilidade e a confiabilidade, trazendo benefícios como menos manutenções nas edificações e para a comunidade em geral.

## 2 O concreto

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil, devido às suas características de resistência e durabilidade, perdendo apenas para água. Segundo Neville e Brooks (2013), o concreto é composto por vários tipos de cimentos, agregados miúdos e graúdos, água e aditivos, sendo que a proporção desses ingredientes varia de acordo com a finalidade do concreto.

A resistência do concreto é uma das suas principais características. Segundo Mehta e Monteiro (2014), a resistência do concreto está diretamente relacionada à sua microestrutura, que por sua vez é influenciada por fatores como a relação água/cimento, a porosidade e a permeabilidade.

### 2.1 Agregados

Segundo Bauer (2008) os agregados, são formados de partículas finas até se transformarem em sólidos maiores com diferentes granulometrias, não tem coesão e são inertes. Para Neville e Brooks (2013) os agregados ocupam entre 70% e 75% do volume da mistura e a qualidade desse material é bastante relevante no desempenho do concreto.

Quando se quer atingir elevada resistência do concreto deve-se ater a influência do agregado graúdo com texturas superficiais rugosas como a brita, esta oferece maior resistência à compressão ao concreto do que agregados com textura superficial lisa como o seixo rolado observado na Figura 1 a).

Mehta e Monteiro (2014) afirmam que agregados alongados e angulosos podem precisar de maiores quantidades de cimento para atingir melhor trabalhabilidade. Bauer (2008) completa afirmando existir agregados lamelares e, os cúbicos visto na Figura 1 b), sendo o mais indicado para confecção de concreto.

Os agregados miúdos como areias, ver Figura 1 c), de certo modo, não mais que o cimento por causa de seu módulo de finura, têm boa influência na qualidade do concreto por possuir uma área bastante abrangente. Qualquer alteração na quantidade deste agregado pode influir significativamente no consumo de água e no consumo de cimento, tornando o produto com um custo elevado e principalmente influir na resistência à compressão.

Figura 1 – Agregados para concreto

a) Seixo rolado misto

b) brita

c) areia

Fonte: autor (2023)

#### *2.1.1 Ensaios de caracterização dos agregados*

Os ensaios para a de caracterização da brita (agregado graúdo) são de granulometria, massa unitária e massa específica (densidade), já para a areia (agregado miúdo) o ensaio de

granulometria, massa específica (densidade), massa unitária e teor de umidade, de acordo com as normas vigentes para agregados para concreto encontradas na NBR 7211/2022. Ver Tabela 1.

Tabela 1 – Tipos de ensaios x Normas

| Ensaio / Agregado | Teor de umidade | Granulometria | Massa unitária | Densidade |
|---|---|---|---|---|
| Areia | NBR 6467/2006 | NBR 17054/2022 7211/2022 | NBR 16972/2021 | NBR 16916/2021 |
| Brita ou Seixo | - | | | NBR 16917/2021 |

Fonte: Autor (2023)

## 2.2 Método de dosagem ABCP

A escolha dos materiais, a proporção dos ingredientes e o processo de execução são fatores determinantes para garantir as propriedades desejadas do concreto. Logo se destaca a resistência do concreto fresco exigido de acordo com a finalidade de execução observados na Tabela 6 segundo a NBR 12655.

Quadro 1 – Classes de agressividade ambiental

| Classe de agressividade ambiental | Agressividade | Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto | Risco de deterioração da estrutura |
|---|---|---|---|
| I | Fraca | Rural | Insignificante |
| | | Submersa | |
| II | Moderada | Urbana [a, b] | Pequeno |
| III | Forte | Marinha [a] | Grande |
| | | Industrial [a, b] | |
| IV | Muito forte | Industrial [a, c] | Elevado |
| | | Respingos de maré | |

[a] Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

[b] Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

[c] Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes e indústrias químicas.

Fonte: NBR 12655

Na dosagem, a NBR 12655 estabelece que a composição de cada concreto de classe C25 ou superior deve ser racional e experimental, e prevista de acordo o tipo ou classe do cimento, na procedência e qualidade dos agregados e demais materiais.

O método ABCP de dosagem de concreto é um procedimento que utiliza uma série de fórmulas e gráficos para determinar a dosagem adequada dos agregados que compõem o concreto. Esse método leva em consideração o tipo de cimento utilizado, a resistência do concreto desejado, a granulometria dos agregados e a relação água/cimento. Para a resistência de dosagem a norma expressa a equação abaixo, equação 1.

$$fcmj = fckj + 1{,}65 * sd \quad (1)$$

Onde

*fcmj* = resistência média do concreto à compressão, prevista para a idade de j dias;
*fckj* = resistência característica do concreto à compressão, aos j dias;
*sd* = desvio-padrão da dosagem;
Para valores de sd a Tabela 2 segundo a NBR 12655.

Tabela 2 – Desvio padrão a ser adotado

| Condição de preparo | Classe | Procedimento | Sd |
|---|---|---|---|
| A | C10 a C100 | o cimento e os agregados são medidos em massa, a água de amassamento é medida em massa ou volume com dispositivo dosador e corrigida em função da umidade dos agregados | 4,0 |
| B | C10 a C20 | o cimento é medido em massa, a água de amassamento é medida em volume mediante dispositivo dosador e os agregados medidos em massa combinada com volume | 5,5 |
| C | C10 a C15 | o cimento é medido em massa, os agregados são medidos em volume, a água de amassamento é medida em volume e a sua quantidade é corrigida em função da estimativa da umidade dos agregados | 7,0 |

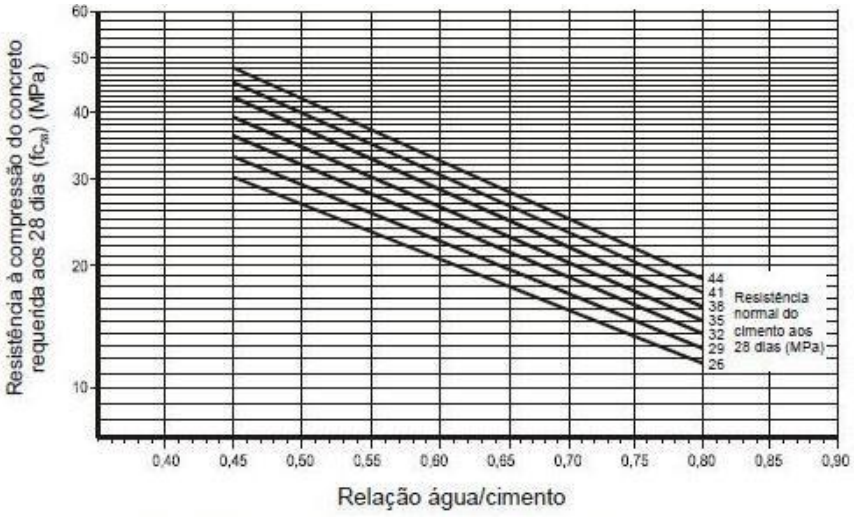
Fonte: NBR 12655

### *2.2.1 Fator água/cimento*

O uso excessivo de água na mistura de concreto pode levar a problemas como a segregação, a fissuração e a perda de resistência. Por outro lado, uma quantidade insuficiente de água pode dificultar a reação química e levar à formação de poros e bolhas no concreto.

Para Helene e Terzian (1992), o fator água/cimento é um dos principais parâmetros que influenciam na resistência e na durabilidade do concreto. Esta relação deve ser controlada de forma a garantir a trabalhabilidade do concreto sem comprometer a resistência e a durabilidade do material. A relação a/c compreende os parâmetros de projeto e pode ser obtida por meio da Curva de Walz, Figura 2.

Figura 2 – Curva de Walz para resistência aos 28 dias




Fonte: Rodrigues (1998)

### *2.2.2 Consumo de cimento*

De maneira geral, o método ABCP de dosagem de concreto busca encontrar a relação água/cimento mais adequada para cada situação, levando em conta a resistência do concreto

desejado e a granulometria dos agregados. Com base nessa relação da Tabela 3, é possível calcular a quantidade de cimento necessária para produzir a mistura de concreto desejada.

Tabela 3 – Consumo de água l/m³ em relação ao abatimento por granulometria

| DMC / *Slump* | 9,5 mm | 19 mm | 25 mm | 32 mm | 38 mm |
|---|---|---|---|---|---|
| 40 a 60 mm | 220 | 195 | 190 | 185 | 180 |
| 60 a 80 mm | 225 | 200 | 195 | 190 | 185 |
| 80 a 100 mm | 230 | 205 | 200 | 200 | 190 |

Fonte: adaptado de TORALLES (2018)

Para estimar o consumo de cimento de acordo com a Equação 2, correlaciona-se o consumo de água com DMC e *slump* na Tabela 3.

$$C_c = \frac{C_a}{a/c} \quad (2)$$

Onde

$Ca$ = consumo de água (l/m³)
$Cc$ = consumo de cimento (kg)
$a/c$ = relação água cimento

*2.2.3 Consumo de agregado graúdo*

Assim como o consumo de cimento, o consumo de agregado graúdo também varia de acordo com o método ABCP de dosagem de concreto. A dosagem utiliza a análise granulométrica do agregado graúdo (DMC) e do agregado miúdo (Mf), observados na Tabela 4 para determinar a quantidade ideal a ser utilizada na mistura.

Tabela 4 – Volume de agregado graúdo (Vcs) compactado seco por m³

| DMC / Mf | 9,5 mm | 19 mm | 25 mm | 31,5 mm | 37,5 mm |
|---|---|---|---|---|---|
| 2,2 | 0,605 | 0,730 | 0,755 | 0,780 | 0,780 |
| 2,4 | 0,585 | 0,710 | 0,735 | 0,760 | 0,785 |
| 2,6 | 0,565 | 0,690 | 0,715 | 0,740 | 0,765 |
| 2,8 | 0,545 | 0,670 | 0,695 | 0,720 | 0,745 |
| 3,0 | 0,525 | 0,650 | 0,675 | 0,700 | 0,725 |
| 3,2 | 0,505 | 0,630 | 0,655 | 0,680 | 0,705 |
| 3,4 | 0,485 | 0,610 | 0,635 | 0,660 | 0,685 |

Fonte: adaptado de TORALLES (2018)

Após a análise granulométrica é possível calcular o consumo de agregado graúdo de acordo com a Equação 3 correlacionando o DMC e o Mf na Tabela 4.

$$C_{ag} = V_{cs} * \delta graúdo\ compac. \quad (3)$$

Onde

$Cag$ = consumo de agregado graúdo (kg)
$Vcs$ = volume de agregado graúdo compactado seco (m³)
$\delta graúdo\ compac.$ = Massa unitária do agregado graúdo seco (kg/m³)

*2.2.4 Consumo de agregado miúdo*

Assim como no caso do agregado graúdo, o método ABCP utiliza a análise granulométrica do agregado miúdo para determinar a quantidade ideal a ser utilizada na mistura. Além disso, é importante considerar a umidade do agregado miúdo, que pode influenciar na quantidade de água a ser adicionada na mistura para atingir a relação água/cimento adequada.

Logo, pela Equação 4 encontra-se o volume de agregado miúdo.

$$V_{areia} = 1 - (\frac{C_c}{\gamma c} + \frac{C_{ag}}{\gamma ag} + \frac{C_a}{\gamma a}) \quad (4)$$

Onde

$Vareia$ = volume de areia (m³)
$Ca$ = consumo de água (l/m³)
$Cc$ = consumo de cimento (kg/m³)
$C$ag = consumo de agregado graúdo (kg)
$\gamma c$ = peso específico do cimento (kg/m³)
$\gamma$ag = peso específico do agregado graúdo (kg/m³)
$\gamma a$ = peso específico da água (kg/m³)

Assim o consumo de agregado miúdo pode ser determinado pela Equação 5.

$$C_{am} = V_{areia} * \gamma m \quad (5)$$

Onde

$Cam$ = consumo de agregado miúdo (kg)
$\gamma m$ = peso específico do agregado miúdo (kg/m³)

*2.2.5 Traço unitário*

O traço unitário representa a quantidade de materiais em kg necessários para produzir o concreto. O método ABCP utiliza a relação dos materiais calculados para determinar o traço final da mistura a ser dosada a partir da Equação 6.

$$1 : \frac{C_{am}}{C_c} : \frac{C_{ag}}{C_c} : \frac{C_a}{C_c} \quad (6)$$

## 3 Metodologia

Este trabalho consiste em uma revisão bibliográfica e estudo experimental para caracterizar os agregados disponíveis na cidade e realização de estudos de dosagem para obtenção de um concreto com Fck de 25 MPa. A caracterização desses agregados foi realizada por meio de normas citadas na Tabela 1 deste trabalho, sendo feitos os ensaios de teor umidade, análise granulométrica, massa unitária e densidade. Após a caracterização foram produzidos concretos com diferentes dosagens buscando atingir uma resistência característica à compressão de 25 MPa, aferido o abatimento por meio do ensaio de *Slump test* de acordo com a NBR 16889, moldados corpos de prova cilíndricos de acordo com a NBR 5738 vigente, para posteriormente serem apresentados testes de resistência à compressão por força axial regidos pela NBR 5739.

Para a realização desses estudos, foram utilizados equipamentos e ferramentas disponíveis no Laboratório de Materiais de Construção do Instituto de Engenharia do Araguaia (IEA).

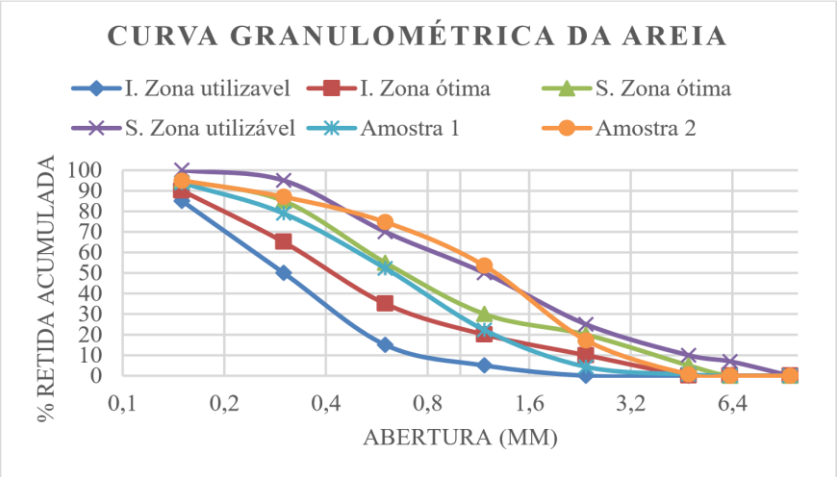
## 4 Resultados e discussões

Neste capítulo serão apresentados os resultados atingidos com os ensaios de caracterização dos agregados, bem como as proporções resultantes da dosagem experimental a partir do método aplicado e a análise dos resultados obtidos nos ensaios de consistência e compressão.

### 4.1 Granulometria

Diante da composição granulométrica obtida nos ensaios, foi possível correlacionar com a (Tabela 2 da NBR 7211/2022) e analisar a curva granulométrica das areias produzindo o gráfico da Figura 3.

Figura 3 – Gráfico de correlação entre limites de zonas utilizáveis, ótimas e areia analisada.




Fonte: Autor (2023)

Observa-se pelo gráfico que a areia comercializada de amostra 1 (areia fina) se comporta de maneira pouco variável dentro das zonas ótimas de caracterização. Já a amostra 2 (areia grossa) apresenta uma variação maior entre as utilizáveis e em algum momento esteve fora dela. Logo temos a Tabela 5 onde observamos os dados de Diâmetro Máximo Característico (DMC) e o Módulo de Finura (Mf).

Tabela 5 – Diâmetro máximo característico e Módulo de finura do agregado miúdo

| Material | Massa utilizada (g) | DMC (mm) | Mf |
|---|---|---|---|
| Areia fina | 300 | 2,36 | 2,52 |
| Areia grossa | 800 | 4,75 | 3,28 |

Fonte: Autor (2023)

De acordo com a norma brasileira (NBR 7211/2022 Tabela 6), é possível observar que o material (agregado graúdo seixo) apresenta uma distribuição heterogênea nas peneiras de separação granulométrica. Essa heterogeneidade é evidenciada pelas percentagens de material retido acumulado nas diferentes faixas granulométricas, que variam entre 4,75/12,5 e 9,5/25, caracterizando o agregado como bem graduado. No caso específico da brita, as porcentagens retidas acumuladas também variam, embora em menor medida. Contudo, ainda podemos notar uma discrepância entre as faixas granulométricas 9/25 e 19/31. Essa diferença pode ser atribuída

à presença de grãos com formatos irregulares, alguns mais angulosos e lamelares. Essa análise sugere que tanto o seixo quanto a brita possuem características granulométricas distintas, o que pode afetar suas propriedades mecânicas e comportamento em misturas de concreto ou argamassa. É importante considerar essas variações na seleção e utilização desses agregados em aplicações específicas de engenharia civil e construção.

Desta forma os agregados graúdos possuem DMC (diâmetro máximo característico) sendo apresentados na Tabela 6, acompanhado da massa utilizada para o ensaio e o módulo de finura dos materiais.

Tabela 6 – Diâmetro máximo característico e Módulo de finura do agregado graúdo

| Material | Massa utilizada (g) | DMC (mm) | Mf |
|---|---|---|---|
| Seixo | 800 | 19 | 6,23 |
| Brita | 1400 | 19 | 6,99 |

Fonte: Autor (2023)

## 4.2 Massa Unitária

A massa unitária dos agregados uma vez obtida a partir de três determinações tem como resultado dos ensaios os dados apresentados na Tabela 7.

Tabela 1 – Massas unitárias dos agregados

| Massa unitária (kg/m³) | | | |
|---|---|---|---|
| Areia fina | Areia grossa | Seixo | Brita |
| 1575,6 | 1512,4 | 1746,5 | 1566,2 |

Fonte: autor (2023)

Ao comparar os resultados da massa unitária dos agregados com os valores médios recomendados pela (NBR 6120/2019 Tabela A.1) observados na Tabela 8, após a conversão adequada para as mesmas unidades de medida, podemos observar que os valores obtidos se situam dentro das faixas preconizadas. Isso sugere que os agregados atendem aos critérios estabelecidos pela norma para materiais de construção, o que é relevante para garantir a qualidade e a adequação desses materiais em aplicações construtivas.

Tabela 8 – Peso específico aparente médio de materiais de armazenagem segundo NBR 6120.

| Material | | Peso específico aparente $\gamma ap$ kN/m³ | Ângulo de atrito interno ºGraus |
|---|---|---|---|
| 1 Materiais de construção | Areia com umidade natural | 17 a 19 (18) | 30 |
| | Areia seca | 15 a 16 (15,5) | 35 |
| | Pedra britada | 15 a 20 (17,5) | 40 |
| | Seixo | 19 | 30 |

Fonte: adaptado de NBR 6120/2019

## 4.3 Densidade

Os valores apresentados na Tabela 9 correspondem aos resultados dos ensaios de densidade realizados de acordo com as normas NBR 16916 e NBR 16917, os quais indicam a densidade de cada agregado estudado. É importante mencionar que os ensaios de densidade para agregados miúdos e graúdos diferem em seus métodos de execução, mas ambos seguem as determinações especificadas em suas respectivas normas. Os resultados obtidos são a média de

duas operações, com variações mínimas, garantindo assim uma avaliação mais precisa da densidade de cada agregado.

Tabela 9 – Densidade dos agregados

| Densidade (kg/m³) | | | |
|---|---|---|---|
| Areia fina | Areia grossa | Seixo | Brita |
| 2434,3 | 2387,9 | 2486,8 | 1954,3 |

Fonte: autor (2023)

A abordagem de realizar a média de duas operações com variações mínimas é comum em ensaios para garantir a confiabilidade dos resultados e minimizar possíveis erros experimentais. Esses valores de densidade obtidos são essenciais para caracterizar os agregados e determinar sua aplicabilidade.

## 4.4 Teor de Umidade

Para o teor de umidade das areias após o ensaio pelo método da estufa a partir de duas determinações de cada agregado, obteve-se o resultado apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 – Teor de umidade das areias

| Teor de umidade (h) % | |
|---|---|
| Areia fina | Areia grossa |
| 3,68 | 3,34 |

Fonte: autor (2023)

Ao analisar os resultados da determinação do teor de umidade das areias, percebe-se que os valores encontrados são médios, variando entre 3,34% e 3,68%. Essa baixa umidade é um aspecto positivo, pois indica que as amostras estão com uma quantidade reduzida de água, o que pode ser considerado adequado em algumas aplicações construtivas. Isso pode ser explicado levando em consideração a maneira de armazenamento feita de forma mais espalhada no pátio não amontoando em elevada altura faz com que um grande excesso de umidade evapore, além disso, este trabalho foi desenvolvido em um período de elevadas temperaturas na região.

## 4.5 Dosagem experimental e aferição das propriedades requeridas

Com base nos resultados da caracterização dos agregados e nos parâmetros de dosagem estipulados, é possível calcular as proporções de cada material, apresentadas na Tabela 11 em Kg/m³ e na Tabela 12 em quantidades de latas de 18 litros para a mistura do concreto convencional, segundo o método ABCP. O objetivo era obter uma proporção que seja economicamente viável, atenda aos critérios normativos e garanta a resistência mínima requerida aos 28 dias de idade do concreto.

Tabela 11 – Resultados do método de dosagem ABCP com proporções de agregados, relação a/c e teor de argamassa obtidos para cada traço.

| Traço | 1º seixo + areia + CPIV32 | 2º Seixo P +areia+ CPIV32 | 3º seixo + areia + CP II F | 4º seixo + areia + CPIV32 | 5º seixo + areia + CP II F 32 | 6º Brita + areia + CP II F 32 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Consumo de cimento | 353,4 (kg/m³) | | | | 416,7 (kg/m³) | |
| Cons. de agregado miúdo | 453,9 (kg/m³) | | | | 443,9 (kg/m³) | 278,1 (kg/m³) |
| Cons. de agregado graúdo | 1203,1 (kg/m³) | | | | 1205 (kg/m³) | 1080,6 (kg/m³) |
| Água | 205 (l/m³) | | | | 200 (l/m³) | 200 (l/m³) |
| Relação a/c de execução | 0,58 | 0,63 | 0,54 | 0,58 | 0,46 | 0,48 |
| Teor de argamassa | 40,2 (%) | | | | 41,7 (%) | 39,2 (%) |
| Traço unitário | 1 : 1,28 : 3,40 (kg) | | | | 1 : 1,1 : 2,9 (kg) | 1 : 0,67 : 2,6 (kg) |

Fonte: autor (2023)

Tabela 12 – Resultados do método de dosagem ABCP com proporções de agregados medidas em latas de 18 litros para 1 m³ de concreto.

| Traço | 1º seixo + areia + CPIV32 | 2º Seixo P +areia+ CPIV32 | 3º seixo + areia + CP II F | 4º seixo + areia + CPIV32 | 5º seixo + areia + CP II F 32 | 6º Brita + areia + CP II F 32 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Consumo de cimento/(m³) | 7 (sacos 50 kg) | | | | 8,5 (sacos 50 kg) | |
| Cons. de agregado miúdo/(m³) | 16 (latas 18L) | | | | 15,5 (latas 18L) | 10 (latas 18L) |
| Cons. de agregado graúdo/(m³) | 38 (latas 18L) | | | | 38,5 (latas 18L) | 38 (latas 18L) |
| Água/(m³) | 205 (litros) | | | | 200 (litros) | 200 (litros) |

Fonte: autor (2023)

Conhecendo as proporções dos materiais utilizados na mistura do concreto, foi possível calcular e analisar o teor de argamassa e a relação água/cimento. A relação água/cimento é um parâmetro fundamental que influencia diretamente nas propriedades do concreto, como resistência, durabilidade e trabalhabilidade.

É possível observar que para os traços 1º, 2º, 3º e 4º, as relações água/cimento são maiores, consequentemente a resistência para esses traços são menores em relação ao 5º e 6º traço cujo as resistências a serem alcançadas são maiores.

Já os teores de argamassa se mantiveram bem próximos em ambos os traços, porém a água necessária para o amassamento em alguns casos foi menor e em outros maior. A hipótese dessa ocorrência se deve ao fato de o agregado não possuir uma forma e granulometria semelhantes.

## 4.6 *Slump test* (Consistência)

A consistência aferida após a mistura de concreto pronta mostrou a trabalhabilidade do concreto dosado e os resultados podem ser observados pela Tabela 13 correspondendo aos traços executados.

Tabela 13 – Consistência obtida em cada traço

| *Slump test* | 1º | 2º | 3º | 4º | 5º | 6º |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Obtido (mm) | 54 | 68 | 92 | 82 | 75 | 73 |

Fonte: autor (2023)

## 4.7 Resistência Característica à Compressão

A resistência à compressão do concreto produzido foi aferida após tempo de cura ganhando idade suficiente para cada determinação da resistência. Podem ser avaliados a partir da Tabela 14 os resultados dos ensaios que envolveram o rompimento de dois corpos de prova por ensaio em cada traço executado, onde foram descartados os menores valores obtidos mantendo apenas os maiores para a análise.

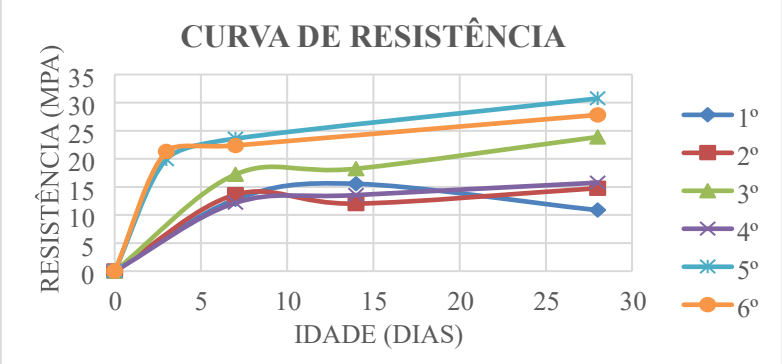
Tabela 14 – Resistências (Mpa) obtidas de cada traço em relação a sua idade

| Traço | a/c | 3 dias | 7 dias | 14 dias | 28 dias |
|---|---|---|---|---|---|
| 1º | 0,58 | - | 12,76 | 15,55 | 10,85 |
| 2º | 0,63 | - | 13,61 | 12,02 | 14,76 |
| 3º | 0,54 | - | 17,21 | 18,24 | 23,88 |
| 4º | 0,58 | - | 12,16 | 13,54 | 15,74 |
| 5º | 0,46 | 19,91 | 23,59 | - | 30,74 |
| 6º | 0,48 | 21,28 | 22,37 | - | 27,81 |

Fonte: autor (2023)

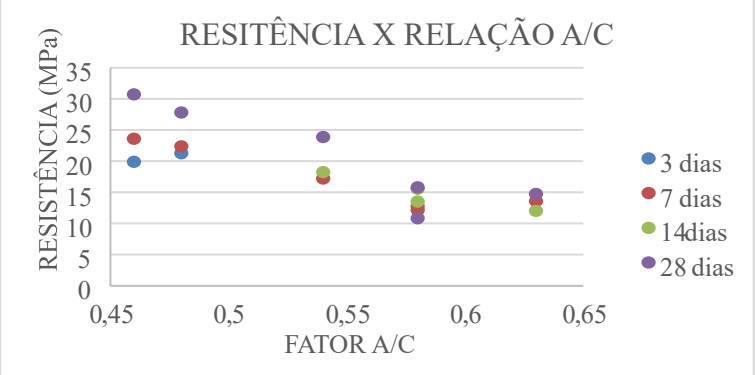
Construída a tabela acima foi possível confeccionar os gráficos da Figuras 4 e 5 da curva de ganho de resistência e correlacionando a relação a/c também com a resistência obtida. Com esses gráficos, será possível visualizar a relação entre o tempo de cura e a resistência, bem como a influência da relação a/c na resistência final do concreto. Isso pode ajudar a identificar a dosagem mais adequada para obter a resistência desejada e atender aos requisitos de projeto.

Figura 4 – Gráfico de curva de resistência a compressão dado a idade.




Fonte: autor (2023)

Figura 5 – Gráfico de correlação da resistência x fator a/c.




Fonte: autor (2023)

Analisando os dados, pode-se observar que os traços 5º e 6º apresentam as maiores resistência aos 3 dias, com valores de 19,91 MPa e 21,28 MPa respectivamente. Por outro lado, os traços 3 e 4 possuem resistências intermediárias, enquanto os traços 1º e 2º têm resistências mais baixas.

## 5 Conclusões

Com base nos resultados obtidos após a caracterização dos agregados e das especificações normativas, foi determinada a quantidade de cimento, agregados (areia e brita ou seixo) e água, usando os agregados provenientes de Santana do Araguaia. Isso é fundamental para o sucesso das construções e a sustentabilidade das edificações a longo prazo. Além disso, a busca por uma proporção economicamente viável visa otimizar os custos de produção do concreto sem comprometer sua qualidade e desempenho.

O presente estudo, se propôs a encontrar um traço com resistência característica à compressão de 25 MPa aos 28 dias estando dentro dos parâmetros normativos de classe de agressividade II, moderada, urbana e de pequeno risco e para formular uma mistura de concreto utilizou o método de dosagem da ABCP. O método de dosagem é facilmente compreensível, permitindo que até mesmo profissionais com pouca ou nenhuma experiência em práticas laboratoriais possam utilizá-lo, pois, leva em consideração os fatores essenciais do concreto, tanto no estado fresco quanto no endurecido, que são cruciais para a realização de uma obra bem-sucedida. Ele inclui tabelas que indicam a quantidade de material necessária para atingir o abatimento desejado e a resistência à compressão requerida.

A dosagem do concreto que apresentou resistências à compressão satisfatória foram o 5º traço com fcj de 30,74 MPa e o 6º traço com 27,81 MPa, atendendo aos parâmetros exigidos de consistência de 80 mm +- 20 mm, uma vez sendo possível utilizar em concretagens de fundações, pilares e vigas. Ambos consumiram 416,7 kg/m³ ou 8,5 sacos de cimento CP II F 32. No entanto, as proporções de agregados variam devido às suas propriedades físicas. Para o 5º traço, a proporção de agregado miúdo (areia) e graúdo (seixo) foi de 443,9 kg/m³ ou 15,5 latas de 18 litros e 1205 kg/m³ ou e 38,5 latas de 18 litros, tendo consumido 192L/m³ de água de acordo com o traço executado. Por outro lado, para o 6º traço, as proporções de agregados

miúdos (areia) e graúdos (brita) foram de 278,1 kg/m³ ou 10 latas de 18 litros e 1080,6 kg/m³ ou 38 latas de 18 litros, tendo consumido 200 L/m³ de água no traço executado de acordo com o traço dosado.

Deve-se salientar que os CPs do 1º e 2º traço apresentaram pequenas deformações e defeitos devido à presença de matérias orgânicas e argila, o que pode ter refletido no resultado da resistência à compressão obtido aos 28 dias. Outros resultados também são passíveis de terem sido afetados com erros ou variabilidades na produção dos CPs.

A caracterização dos agregados e materiais disponíveis em uma determinada região é fundamental para obter concreto de qualidade. A análise granulométrica revelou que a areia fina escolhida está em uma zona de classificação ótima para utilização em concreto com um Módulo de finura (Mf) de 2,52. Já o seixo rolado possui uma grande variação de granulometria, o que pode ser vantajoso, uma vez que, em uma observação visual e por peneiramento, esse material passante em peneira de abertura 4,75 mm representa cerca de 35% a 47% do agregado graúdo que com base no ensaio granulométrico indicou o Diâmetro Máximo Característico (DMC) em 19 mm. A brita também se encontra em uma zona granulométrica Diâmetro Máximo Característico (DMC) de 19 mm variável devido ao formato de seus grãos, onde alguns são cúbicos e outros lamelares e angulosos, o que é benéfico para a mistura de concreto, visto que o cimento adere melhor a esse tipo de material.

É importante ressaltar que o teor de umidade de 3,68% obtido para a areia fina utilizada é um parâmetro relevante e deve ser o mínimo possível para agregados, pois, pode contribuir para melhorar a qualidade e a consistência desses materiais, tornando-os mais adequados para uso em obras civis. Portanto, o fator água/cimento (a/c) teve variações devido às características superficiais dos agregados e seu módulo de finura, além das diferenças entre os tipos de cimento utilizados.

## Referências

ABCP, Associação Brasileira de Cimento Portland. São Paulo, **Quem Somos – PORTAL ABCP**, 2009. Disponível em: http://www.abcp.org.br/conteudo/quem_somos/apresentacao/associação brasileira decimento-portland. Acesso em: 12 agosto 2023.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15900-1: **Água para Amassamento do concreto – Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16697: **Cimento Portland Requisitos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16886: **Concreto amostragem de concreto fresco**. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16889: **Concreto**

**Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16917: **Agregado graúdo Determinação da densidade e da absorção de água**. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16972: **Agregados Determinação da massa unitária e do índice de vazios**. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 17054: **Agregados Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: **Concreto Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: **Concreto-Ensaio de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projetos de estruturas de concreto-Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: **Agregados para concreto-Especificação**. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8953: **Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-16916: **Agregado miúdo Determinação da densidade e da absorção de água**. Rio de Janeiro, 2021.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. Materiais de Construção, vol. 1. **Rio de Janeiro: LTC**, 2008.

BOTELHO, Manoel Henrique Campo; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto armado-Eu te amo**. Editora Blucher, 2018.

HELENE, Paulo RL; TERZIAN, Paulo. Manual de dosagem e controle do concreto. 1992.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo JM. Concreto. **Microestrutura, propriedades e materiais**, v. 2, 2014.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do concreto - 5ª Edição**. Bookman Editora, 2015.

NEVILLE, Adam M. **Tecnologia do concreto**. Bookman Editora, 2013.

RODRIGUES, Públio PF. Parâmetros de dosagem do concreto. **ET-67**, v. 3, 1995.

TORALLES, Berenice Martins et al. Estudo comparativo de diferentes métodos de dosagem de concretos convencionais. **Revista de engenharia e tecnologia**, v. 10, n. 1, p. áginas 184198, 2018.