



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U. nº 198, de 14/10/2016
AELBRA EDUCAÇÃO SUPERIOR - GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO S.A.

Miller Pereira Almeida

INFLUÊNCIA DOS AGREGADOS GRAÚDOS DA REGIÃO DE PALMAS NO MÓDULO
DE DEFORMAÇÃO TANGENTE INICIAL E NO MÓDULO SECANTE DO CONCRETO

Palmas – TO

2019

Miller Pereira Almeida

INFLUÊNCIA DOS AGREGADOS GRAÚDOS DA REGIÃO DE PALMAS NO MÓDULO
DE DEFORMAÇÃO TANGENTE INICIAL E NO MÓDULO SECANTE DO CONCRETO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Graduação em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dr. Fábio Henrique de Melo Ribeiro.

Palmas – TO

2019

Miller Pereira Almeida

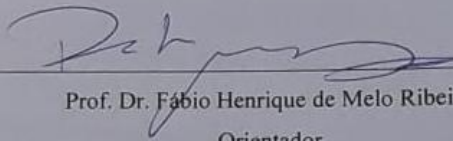
INFLUÊNCIA DOS AGREGADOS GRAÚDOS DA REGIÃO DE PALMAS NO MÓDULO
DE DEFORMAÇÃO TANGENTE INICIAL E NO MÓDULO SECANTE DO CONCRETO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e
apresentado como requisito parcial para obtenção do
título de Graduação em Engenharia Civil pelo Centro
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dr. Fábio Henrique de Melo Ribeiro.

Aprovado em: 22/11/2019

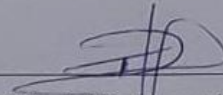
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Fábio Henrique de Melo Ribeiro.

Orientador

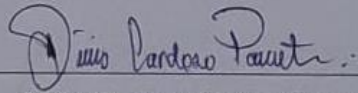
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. MSc. Roldão Pimentel de Araújo Junior

Avaliador 1

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. MSc. Denis Cardoso Parente

Avaliador 2

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2019

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, em especial aos meus pais Israel Enio de Almeida † (memoria) e Abadia Pereira Almeida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, pela a realização desse trabalho por que sem ele eu nada seria.

Ao meu herói pai em memoria pelos ensinamentos, pelo o exemplo de vida a ser seguidos.

A minha mãe por todo apoio e suporte durante minha vida.

Aos meus irmãos pela amizade, pelo apoio durante todo esse percurso.

As minhas filhas e netas, pelo apoio carinho e amor de especial a Lara Geovanna.

A todos meus amigos pela força, companheirismo durante essa fase de minha vida.

Ao meu orientador professor Dr. Fabio Henrique de Melo Ribeiro pelo conhecimento compartilhado na realização desse trabalho.

Aos professores Denis Cardoso Parentes e Jacqueline Henrique pela dedicação, motivação e paciência que estiveram comigo durante este trajeto.

A empresa Bloco Mix pelo fornecimento dos materiais para a realização do trabalho. A empresa Concreto Engenharia que contribuiu com seus serviços técnicos para a realização desse trabalho.

RESUMO

ALMEIDA, Miller Pereira. **Influência dos agregados graúdos da região de palmas no módulo de deformação tangente inicial e no módulo secante do concreto** 2019. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil). Centro Universitário Luterano de Palmas.

O presente trabalho tem como finalidade analisar a influência do agregado graúdo sobre o módulo de deformação tangente inicial (Eci), e o módulo de deformação secante do concreto (Ecis), comparando a resistência à compressão (fc) com o módulo Eci e Ecis, conferir os resultados desta análise com as equações propostas pela NBR 6118:2014.

Foi utilizado uma mesma dosagem com resistência de 25MPa aos 07, 14 e 28 dias e alterou o agregado graúdo nos tipos litológicos Granito, Seixo rolado e Seixo britado. Todos os agregados utilizados nas dosagens são da região de Palmas-TO o objetivo é avaliar os resultados desses materiais nos concretos que são produzidos na região.

A pesquisa é dividida em duas partes. A primeira visa verificar a resistência de cada agregado graúdo através de ensaios de resistência à compressão nas idades de 07, 14 e 28 dias, enquanto que a segunda parte determina o módulo de deformação tangente inicial e o módulo de deformação na idade de 28 dias.

Para o primeiro passo foram moldados 27 corpos-de-prova com dimensões 100x200mm e todos ensaiados à resistência à compressão e 09 para ensaio de absorção de água. Para a segunda parte foram moldados 15 corpos-de-prova, com dimensões 150x300mm onde 06 foram ensaiados à resistência à compressão e 09 com o módulo de deformação tangente inicial e o módulo de deformação secante.

Com a análise constatou-se a influência do agregado graúdo sobre o módulo de deformação tangente inicial (Eci) e o módulo de deformação secante, observando grandes influências dos níveis de resistências adotados e distintas diferenças na influência dos agregados graúdos estudados sobre o Eci e o Ecis, apresentando em ordem decrescente dos resultados do módulo: granito, seixo britado e seixo rolado.

Os resultados ainda indicam que a NBR 6118 (ABNT, 2014) sobre-estima os valores do módulo de deformação dos concretos. Com os resultados achados para cada agregado graúdo foi possível encontrar as relações entre os resultados da equação proposta pela NBR 6118 (ABNT, 2014).

Palavras-Chave: concreto, agregado graúdo, resistência a compressão, módulo de deformação tangente inicial, módulo de deformação secante, análise comparativo.

ABSTRACT

ALMEIDA, Miller Pereira. **Influence of large aggregates of the palms region on the initial tangent deformation modulus and on the secant modulus of concrete**2019. Course completion work (Civil Engineering). Lutheran University Center of Palms.

The present work aims to analyze the influence of coarse aggregate on the initial tangent deformation modulus (E_{ci}), and the secant deformation modulus of concrete (E_{cis}), comparing the compressive strength (f_c) with the modulus E_{ci} and E_{cis} , to check the results of this analysis with the equations proposed by NBR 6118: 2014.

The same dosage with resistance of 25MPa was used at 07, 14 and 28 days and changed the coarse aggregate in the lithological types Granite, Rolled Pebble and Crushed Pebble. All aggregates used in the dosages are from the Palmas-TO region. The objective is to evaluate the results of these materials in the concretes that are produced in the region.

The research is divided into two parts. The first aims to verify the strength of each coarse aggregate by compressive strength tests at the ages of 07, 14 and 28 days, while the second part determines the initial tangent deformation modulus and the deformation modulus at the age of 28 days.

For the first step 27 specimens with dimensions 100x200mm were molded and all tested for compressive strength and 09 for water absorption test. For the second part were molded 15 specimens, with dimensions 150x300mm where 06 were tested for compressive strength and 09 with the initial tangent deformation modulus and the secant deformation modulus.

With the analysis it was verified the influence of the coarse aggregate on the initial tangent deformation modulus (E_{ci}) and the secant deformation modulus, observing great influences of the adopted resistance levels and distinct differences in the influence of the studied coarse aggregates on the E_{ci} and the E_{cis} , showing in decreasing order the module results: granite, crushed pebble and rolled pebble.

The results also indicate that NBR 6118 (ABNT, 2014) overestimates the values of the concrete deformation modulus. With the results found for each large aggregate it was possible to find the relationships between the results of the equation proposed by NBR 6118 (ABNT, 2014).

Keywords: concrete, coarse aggregate, compressive strength, initial tangent deformation modulus, secant deformation modulus, comparative analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Módulos de elasticidades.	17
Figura 2 - Exemplos reológicos idealizados de comportamento perfeito.	18
Figura 3 - Desempenhos típicos tensão-deformação de pasta de cimento, agregado e concreto.	18
Figura 4 - Reprodução esquemática do comportamento tensão-deformação do concreto sob compressão uniaxial.	19
Figura 5 - Aspecto dos módulos tangente inicial e secante.	20
Figura 6 - Aspecto esquemática do módulo de deformação secante E_{cs} (a) e do módulo de elasticidade ou módulo de deformação tangente inicial E_{ci} (b) (NBR 8522, 2007).	21
Figura 7 - Agitação inicial no gráfico tensão-deformação.	21
Figura 8 - Fatores que comprometem o módulo de elasticidade do concreto.	22
Figura 9 - Semelhança entre módulo de deformação e relação a/c aos 28 dias de idade.	23
Figura 10 - Controle da condição de umidade no momento do ensaio sobre o módulo secante de deformação de concretos em diversas idades.	24
Figura 11 - Resultado da dimensão máxima do agregado no módulo de elasticidade.	25
Figura 12 - Estimativas do módulo estático de elasticidade em função da resistência à compressão em corpos-de-prova para diferentes dimensões máximas do agregado graúdo. ..	26
Figura 13 - Valores de módulo de deformação do concreto obtidos experimentalmente para concretos com resistência igual a 20 MPa.	26
Figura 14 - Influência do tipo e do tamanho do agregado no módulo de elasticidade do concreto.	27
Figura 15 - Teor de agregado versus o módulo de elasticidade do concreto.	27
Figura 16 - – Influência do teor de agregado sobre o módulo de elasticidade do concreto.	28
Figura 17 - Porosidade de alguns minerais comuns.	28
Figura 18 - Comparação múltipla de médias associadas a tipos de agregado graúdo.	29
Figura 19 - Resultados de ensaio de determinação do módulo de deformação secante de concretos obtidos com o uso de três tipos de agregados graúdos: basalto, granito e calcário. 30	
Figura 20 - Ensaio de determinação do módulo de deformação estático com comparador mecânico de base móvel em corpo-de-prova 15x30cm.	31
Figura 21 - Extensômetro mecânico de base fixa.	32
Figura 22 - Comparação entre diferentes correlações propostas.	33

Figura 23 - Exemplo paralelo de duas fases.	34
Figura 24 - Exemplo em série de duas fases.	34
Figura 25 – Tensão - deformação do concreto.	35
Figura 26 - Granito rocha ígnea ou rocha magmática.	37
Figura 27 - Cascalho (seixo) de quartzito.....	38
Figura 28 - Seixo Britado.	39
Figura 29 - Fluxograma dos ensaios.....	41
Figura 30 - Ensaio de Granulometria.	43
Figura 31- Agitador de peneiras agregado graúdo.	44
Fotografia 32 – Determinação da resistência à compressão com prensa hidráulica. Conforme a NBR 5739 (ABNT, 2013) a velocidade de carregamento aplicado foi de 0,5 MPa/s.....	50
Imagem 33 – Extensômetro mecânico de base fixa.	51
A Figura 34 representa o resumo das etapas descritas pela NBR 8522 (ABNT, 2007).....	52
Figura 35 – Ensaio de Slump test traço Brita e Seixo rolado e Seixo britado.....	57

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Equações sugeridas pelas normas e pesquisadores.....	32
Tabela 2 - Apresenta as propriedades obtidas para os agregados miúdos ensaiados. ABNT NM 248:2003.....	44
Tabela 3 - Apresenta as propriedades obtidas para os agregados graúdos (brita granito) para concreto. ABNT NM 248:2003.....	45
Tabela 4 - Apresenta as propriedades obtidas para os agregados graúdos (brita granito) para concreto. ABNT NM 248:2003.....	46
Tabela 5 - Apresenta as propriedades obtidas para os agregados graúdos (seixo britado) para concreto. ABNT NM 248:2003.....	46
Tabela 6 – Dosagem Experimental: f_{ck} 25MPa para estimativa de desvio padrão $4,0MPa$ $f_{c28} = 31,6$	48
Tabela 7 - Relação da quantidade de corpos de provas por traço de concreto.....	49
Tabela 8 – Ensaio de caracterizados os agregados miúdos.....	53
Tabela 9 – Ensaio de caracterizados os agregados graúdos.....	54
Tabela 10 – Ensaio de caracterizados os agregados graúdos.....	55
Tabela 11 – Ensaio de caracterizados os agregados graúdos.....	56
Tabela 12 – Composição dos traços	57
Tabela 13 – Resultados dos ensaios Slump test	57
Tabela 14 – Resultados das médias dos ensaios de resistência à compressão dos CPs 10x20.....	58
Tabela 15 - Resultados do ensaio à compressão axial (f_c) de dois corpos de provas com 28 dias de cada tipo de agregado.....	59
Tabela 16 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão e módulo E_{ci} do concreto aos 28 dias.....	60
Tabela 17 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão e módulo de deformação tangente inicial E_{ci} e do módulo de deformação secante E_{cs} do concreto aos 28 dias.	61
Tabela 18 - Atualização da NBR 6118:2014. Módulo de elasticidade do concreto.....	62
Tabela 19 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão e módulo de deformação tangente inicial E_{ci} e do módulo de deformação secante E_{cs} do concreto aos 28 dias, com uso a equação da norma NBR 6118:2014.....	63
Tabela 20 – Resultados dos ensaios de absorção, massa específica seca e saturada.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira Regulamentada
ACI	American Concrete Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials (USA)
COV	Coefficiente de Variação
CP	Cimento Portland
DP	Desvio Padrão
a /c	fator água cimento
Ecs	Módulo de Deformação Secante
fc	Resistência à compressão do concreto
fck	Resistência característica à compressão
GPa	Giga Pascal
M	Media
Md	mediana
Mpa	MegaPascal
kg/m ³	Quilograma por Metro Cúbico
Ec	Módulo de elasticidade do concreto
Eci	Módulo tangente inicial em GPa;
Fck	Resistência característica do concreto à compressão em MPa;
fcm	Resistência média em MPa; e
Ecs	Módulo de deformação secante.
Ecj	Módulo de elasticidade do concreto na idade de j dias;

SUMÁRIO

1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo Geral	15
1.2.2 Objetivos Específicos	15
1.4 JUSTIFICATIVA	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 MÓDULO DE ELASTICIDADE	17
2.1.1 DEFORMAÇÕES DO CONCRETO	17
2.1.2 TIPOS DE MÓDULO DE DEFORMAÇÃO	20
2.1.3 FATORES QUE INFLUENCIAM NO MÓDULO DE DEFORMAÇÃO	22
2.2 INFLUÊNCIA DO AGREGADO GRAÚDO SOBRE O MÓDULO DE DEFORMAÇÃO DO CONCRETO	24
2.3 DIMENSÃO DO AGREGADO GRAÚDO	24
2.4 FRAÇÃO VOLUMÉTRICA DO AGREGADO GRAÚDO	27
2.5 POROSIDADE E MÓDULO DE ELASTICIDADE DO AGREGADO GRAÚDO	28
2.6 NATUREZA DO AGREGADO GRAÚDO	29
2.7 FORMA E TEXTURA SUPERFICIAL DO AGREGADO GRAÚDO	30
2.8 TÉCNICAS DE DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE	30
2.9 EXTENSÔMETROS MECÂNICOS	31
2.10 EQUAÇÕES PARA ESTIMAR O MÓDULO DE ELASTICIDADE	32
2.11 DEFORMAÇÃO SECANTE EM CORPOS DE CONCRETO	35
2.12 AGREGADOS	35
2.12.1 GRANITO	36
2.12.2 ROCHAS SEDIMENTARES OU ESTRATIFICADAS	37
2.12.3 SEIXO ROLADO	38
2.13 NATUREZA E DIMENSÃO DOS FENOCLASTOS	38
2.14 AGREGADO NO CONCRETO	39
3. METODOLOGIA	41
3.1 LOCAL DE PESQUISA	41
3.2 MÉTODO DE COLETA DAS AMOSTRAS E ANÁLISE DE DADOS	42
3.3 ENSAIO DE CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS	42
3.4 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS MIÚDO PARA CONCRETOS. – NBR NM 248:2003.	43

3.5 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS GRAÚDOS (BRITA GRANITO) PARA CONCRETOS. – NBR NM 248:2003	45
3.6 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS GRAÚDOS (SEIXO ROLADO) PARA CONCRETOS. – NBR NM 248:2003	45
3.7 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS GRAÚDOS (SEIXO BRITADO) PARA CONCRETOS. – NBR NM 248:2003	46
3.7 DESENVOLVIMENTO DOS TRAÇO	47
3.7.4 DETALHAMENTO DAS DOSAGEM	48
3.7.5 PRODUÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVAS	49
3.7.6 PROCESSO DE CURA	49
3.7.7 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA	49
3.8 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE CORPOS-DE-PROVA CILÍNDRICOS	50
3.9 DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE DO CONCRETO	50
4. RESULTADOS	53
4.1 RESULTADO CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS	53
4.2 AGREGADO MIÚDO	53
4.3 AGREGADO GRAÚDO	54
4.5 ENSAIOS NO ESTADO PLÁSTICO	57
4.6 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO DO CONCRETO	58
4.9 RESULTADOS DO MÓDULO DE ELASTICIDADE DO CONCRETO	60
4.10 RELAÇÃO ECS/ECI COM O USO DAS EQUAÇÕES DA NORMA	62
4.11 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA	64
5.0 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

1 INTRODUÇÃO

A importância de conhecimento do módulo de deformação do concreto surgiu com consequência de problemas estruturais em edificações verticais, em virtude de deformações lenta e com fluidez. A resistência à compressão do concreto é normalmente determinada nas construções em geral, mas o módulo de elasticidade não tem sido muito comum, estes fatores indicaram a necessidade de estudos para a determinação do módulo em função da resistência do concreto com o tipo do agregado graúdo. PACHECO, (2006).

Respeitáveis pesquisadores já estudaram a influência do agregado graúdo no módulo de deformação do concreto, como exemplo temos as pesquisas de Pacheco PACHECO, (2006), e CUNHA, (2000). Ambos finalizaram que a mineralogia do agregado graúdo influencia nos resultados do módulo de deformação tangente inicial e no módulo secante do concreto, simultaneamente, e expressaram a necessidade de adequação da NBR 6118:2014 com curvas de módulo de deformação (E_c) em função da resistência à compressão (f_{ck}) para o agregado seixo rolado e o agregado brita granítica.

Conforme, HELENE; ANDRADE, 2010; ARAÚJO, (2011). o módulo de elasticidade tangente inicial (E_{ci}) que é adotado para relacionar tensões e deformações. É utilizado quando se necessita caracterizar a deformabilidade do concreto submetido a baixas tensões. Já o módulo de elasticidade secante ($a 0,4f_{ck}$ ou $0,45f_{ck}$, ou qualquer outra tensão) é utilizado nas análises elásticas de projeto, principalmente para a determinação de esforços solicitantes e verificação de estados limites de serviço.

O trabalho vem analisar a resistência e o módulo de elasticidade tangente inicial e o módulo secante do concreto variando o agregado graúdo em brita granítica, seixo rolado e seixo britado da região de Palmas com uma única relação água- cimento e ensaios aos 28 dias de idade do concreto. Avaliando também o fator econômico do concreto com o tipo de agregado graúdo. Não que o módulo de elasticidade seja uma novidade no estudo do concreto, mas passou a ser um fator relevante da qualidade do material, dos prazos para retirada das fôrmas e do escoramento, ou seja, para a aceitação da estrutura. A tendência hoje na construção civil parece estar voltada na diminuição significativa na rigidez dos edifícios altos, observa CUNHA, (2000).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho é avaliar a influência de dois tipos de agregados graúdos da região de Palmas/TO no comportamento do módulo de deformação tangente inicial e no módulo secante do concreto estrutural convencional.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a influência três tipos de agregado graúdo no módulo de deformação tangente inicial e no módulo secante do concreto;
- Determinar as resistências à compressão com os módulos de deformação tangente de deformação tangente inicial e no módulo secante do concreto;
- Analisar os resultados obtidos experimentalmente dos módulos de elasticidade na idade de 28 dias com os valores estimados na NBR 6118:2014.

1.4 JUSTIFICATIVA

Com a vigência das NBR 14931 (2004) – Execução de estruturas de concreto – Procedimento e NBR 12655 (2015) – Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento, a especificação do concreto para as obras de construção civil deixou de ser fundamentado somente na resistência característica à compressão, no abatimento do tronco de cone e na relação água cimento, passando então a ser analisado o módulo de deformação tangente inicial e o módulo secante do concreto, também coloca a importância como deve projetar estruturas mais esbeltas e de vãos longos, e a diminuição significativa na rigidez dos edifícios altos, observa OLIVEIRA (1998).

Segundo, CUNHA (2000). A determinação dos esforços solicitantes e a consequente análise do comportamento das estruturas de concreto, estabelecem a importância em se conhecer o seu comportamento sob ação de cargas, fundamentalmente através das relações entre as tensões e deformações. A importância da análise das deformações é a concepção estrutural adotada que será condicionada a deformações convencionadas como limites, dependentes da finalidade de uso da estrutura. Apesar do principal parâmetro a ser atendido ser a resistência à compressão do concreto, fica evidente que não se pode ignorar o controle do módulo de deformação, descreve também que, com a evolução dos materiais e métodos, as estruturas dos edifícios tornaram-se mais esbeltas, proporcionando a adoção de vãos cada vez maiores, o que fez com que houvesse diminuição na rigidez do elemento estrutural. Segundo CAVALERA (1991) apud CUNHA (2000), no caso dos elementos planos (lajes) para se elevar

a rigidez da peça, a altura útil será aumentada concomitantemente ao aumento dos vãos. FRANÇA (1999) apud CUNHA (2000) comparando flechas em lajes com características físicas e mecânicas adotadas antigamente com as adotadas nos dias atuais, constatou que as lajes atualmente trabalham no Estádio II, caracterizado pela fase de formação de fissuras, e as flechas podem ser até 25 vezes maiores do que as encontradas no passado, onde o regime era predominante era o Estádio I. Portanto, o aumento da altura útil não é suficiente para garantir o trabalho da laje no Estádio I, como considerado no passado.

ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho é composto por cinco capítulos, dispostos da seguinte forma:

No Capítulo 1 é desenvolvida a Introdução, onde é apresentado a Importância da Pesquisa e sua Justificativa, bem como o Objetivo Geral do trabalho e os Objetivos Específicos.

No Capítulo 2 é apresentada a Revisão Bibliográfica onde será explanada a classificação da areia, os tipos de extração e suas principais características.

No Capítulo 3 são apresentados os Métodos e Ensaio utilizados na pesquisa.

O Capítulo 4 é o ensaio do módulo plástico.

E por fim o capítulo 6 os resultados e discussão do trabalho.

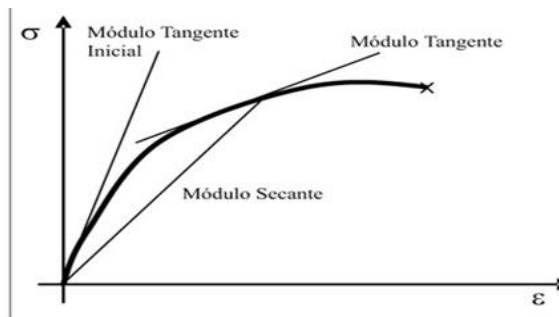
2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MÓDULO DE ELASTICIDADE

2.1.1 DEFORMAÇÕES DO CONCRETO

A relação tensão-deformação no concreto é muito complexa porque o concreto não é um material genuinamente elástico e nem as deformações nem as restrições são uniformes ao longo da peça de concreto. Ainda de não ser um material linear-elástico, o concreto pode ser estimado como tal para tensões menores que 40% da resistência à compressão como mostra a com sucessões de carregamento e descarregamento em ensaio de módulo de deformação do concreto. (METHA e MONTEIRO, 2008; NUNES, 2005). Necessitado de não linearidade da curva tensão-deformação do concreto, são definidos pelo menos três tipos de módulos de elasticidade, resumidos por Helene (1998) e Mehta e Monteiro (2014).

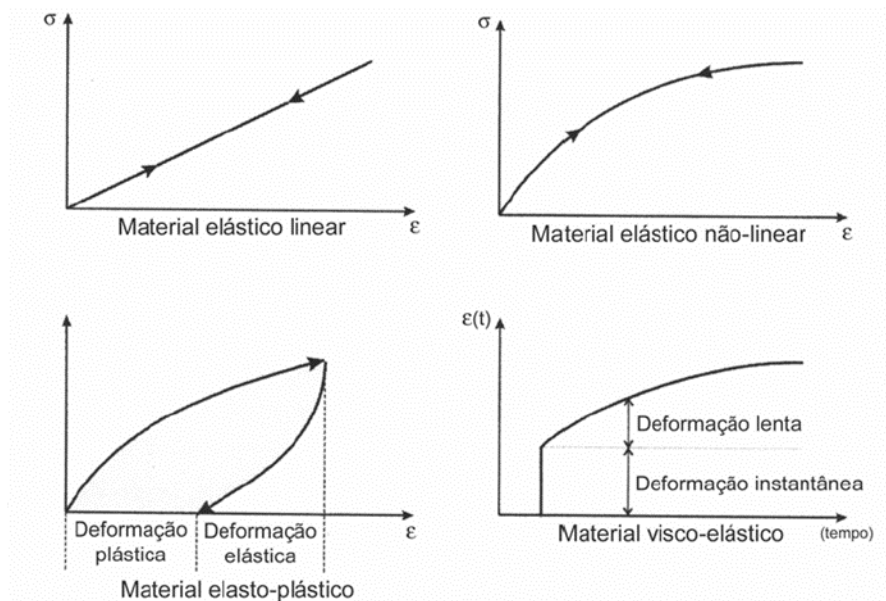
Figura 1 – Módulos de elasticidades.



Fonte: Mehta e Monteiro (2014, p. 92).

Para alcançar as deformações do concreto é imprescindível reconhecer os tipos de deformações existentes, de forma geral existem as plásticas e as elásticas. Nas deformações plásticas advém de um deslocamento constante dos átomos do material, nas elásticas as deformações desaparecem quando a carga é retirada. A Figura 2 apresenta gráficos típicos de tensão-deformação elástica e plástica recomendado por VAN VLACK (1970).

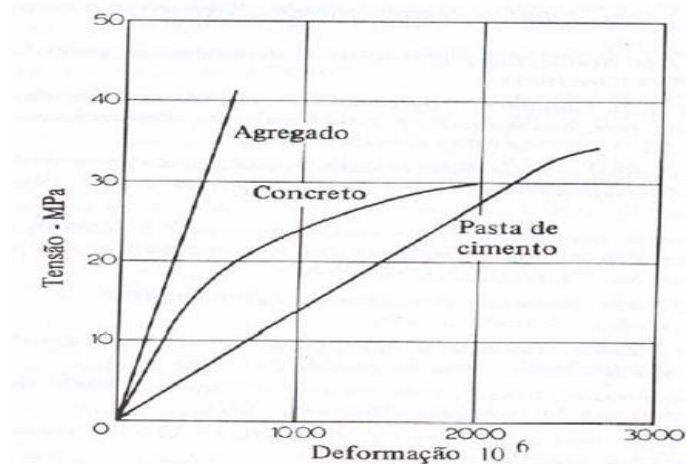
Figura 2 - Exemplos reológicos idealizados de comportamento perfeito.



Fonte: (CUNHA, 2000).

Segundo METHA e MONTEIRO (2008) as propriedades dos materiais compostos e complexos não carecem de ser iguais a soma das características de seus elementos. A pasta de cimento hidratada e os agregados oferecem propriedades elásticas lineares, e o concreto, ao contrário não apresenta tais propriedades como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Desempenhos típicos tensão-deformação de pasta de cimento, agregado e concreto.

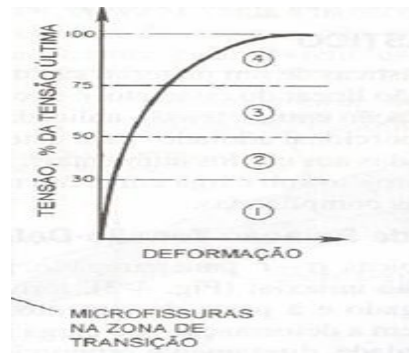


Fonte: (MEHTA e MONTEIRO, 2008; NEVILLE, 1997).

Os fatores que influenciam a resistência à compressão influenciam também o módulo de deformação do concreto, apesar de não ser em mesmo grau, porém pela Figura 4 percebe-se que os agregados graúdos proporcionam grande influência, o que leva a um estudo mais detalhado da microestrutura do concreto que envolve o agregado e a matriz da pasta de cimento.

O desenvolvimento do micro fissuração interna do concreto explica a relação tensão-deformação, a qual acontece por vários estágios que dependem do nível da tensão aplicada. A Figura 4 mostra quatro estágios do comportamento do concreto.

Figura 4 - Reprodução esquemática do comportamento tensão-deformação do concreto sob compressão uniaxial.



Fonte: (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Inclusive de 30% da carga última, as fissuras da zona de transição continuam estáveis, assim sendo a curva tensão-deformação conservar-se linear e a deformação do material é analisada como elástica. Acima de 30% da carga última as microfissuras da zona de transição começam a crescer em dimensão, largura e número. Nessa ocasião, à medida que a tensão aumenta, a relação tensão-deformação aumenta e a curva começa a se desviar sensivelmente de uma linha reta. Aos 50% admite-se que exista um sistema estável de microfissuras na zona de transição, mas a fissuração da matriz é desprezível. Entre 50% e 75% surgem as fissuras na matriz crescem gradualmente. Acima desses valores atinge nível crítico para o desenvolvimento espontâneo das fissuras sob tensão constante e o material irá deformar até o colapso (MEHTA e MONTEIRO, 2008; NEVILLE, 1970).

O módulo de deformação é dado pela declividade da curva tensão- deformação, constituindo a curva tensão-deformação do concreto é não linear e regida pela Lei de Hook. O quociente entre a tensão aplicada ' σ ' e a deformação elástica resultante ' ϵ ' é designado de módulo de elasticidade. Segundo BEER e JOHNSTON (1995) a informação do módulo de deformação é formidável na análise das deformações do concreto, porque as estruturas devem ser projetadas para sofrerem apenas pequenas deformações, não podendo passar do trecho de deformação elástica, por não ser um material caracteristicamente elástico.

O limite de elasticidade é o máximo valor que o concreto atinge com desempenho elástico, no momento que o concreto passa pela tensão de escoamento admite-se a deformação plástica, porém nem todos os materiais apresentam o limite convencional para ocorrer uma deformação de 0,2%. Portanto, como o material não se deforma plasticamente antes da ruptura é considerado frágil e os que se deformam são considerados dúcteis (VAN VLACK, 1970).

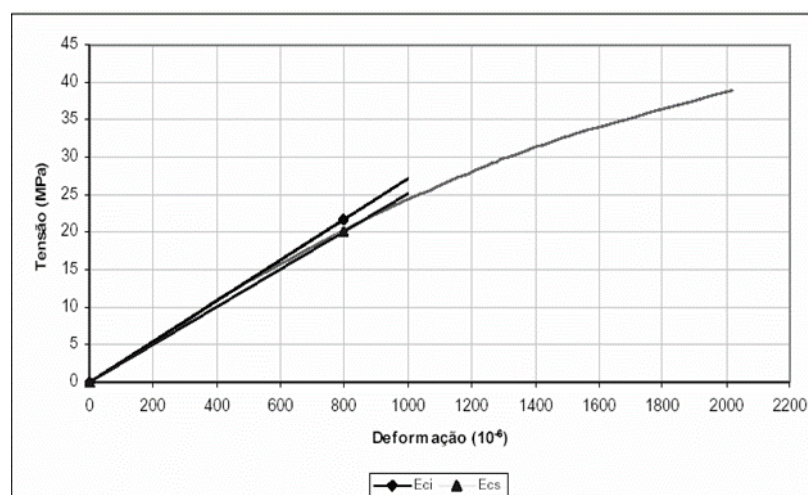
2.1.2 TIPOS DE MÓDULO DE DEFORMAÇÃO

Conforme a NBR 8522 (ABNT, 2007) são usados dois métodos para calcular os módulos do concreto, o módulo de deformação tangente inicial (módulo de elasticidade) (E_{ci}), e o módulo de deformação secante (E_{cs}).

O módulo de elasticidade caracteriza a deformação do concreto e avalia o desempenho completo da estrutura e para o cálculo de perdas de pra tensão, enquanto que o módulo de deformação secante aparenta a estrutura em seu primeiro carregamento e é aproveitado nas análises elásticas de projeto, quando for necessário determinar os esforços solicitantes e verificar o estado limite de serviço (LIMA, 2006; NBR 6118, 2003). Essa pesquisa estuda o módulo de elasticidade por sua utilidade e por ser o estimado na equação da NBR 6118 (ABNT, 2003).

A Figura 5 apresenta no gráfico tensão-deformação os módulos tangentes iniciais e o secante em funções da deformação versus a tensão aplicada no concreto.

Figura 5 - Aspecto dos módulos tangente inicial e secante.

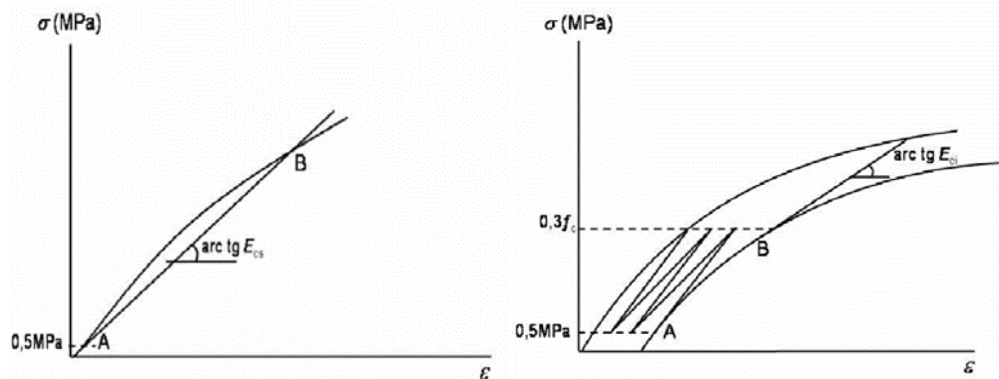


Fonte: (NUNES, 2005).

Segundo a NBR 8522 (ABNT, 2007) o módulo de deformação secante é a característica do concreto cuja importância numérica é o coeficiente angular da reta secante ao diagrama tensão- deformação específica, passando pelos pontos A e B mostrados na Figura 2.7a, que correspondem a tensão de 0,5 MPa e a tensão considerada para o ensaio respectivamente.

A Figura 6 (b) apresenta o módulo tangente inicial que é o módulo de elasticidade ou módulo de deformação tangente à origem ou inicial, que é analisado paralelo ao módulo de deformação secante, ou cordal, entre 0,5 MPa e 30% da resistência última para o carregamento máximo estabelecido neste método de ensaio.

Figura 6 - Aspecto esquemática do módulo de deformação secante E_{cs} (a) e do módulo de elasticidade ou módulo de deformação tangente inicial E_{ci} (b) (NBR 8522, 2007).

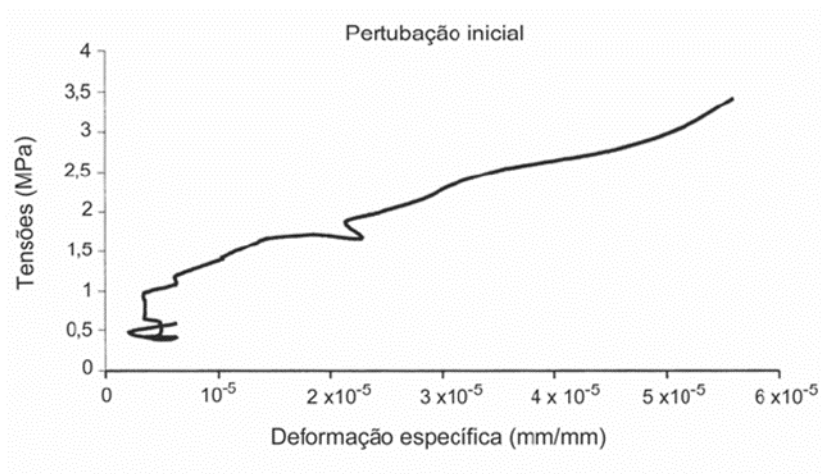


Fonte: (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

O módulo de deformação para um material sob compressão axial simples é determinado a partir da relação tensão-deformação em corpos-de-prova cilíndricos, moldados conformes prescrições da NBR 5738 (ABNT, 2003) ou extraídos conforme a NBR 7680 (ABNT, 1983), os quais são acrescentados gradualmente carga e observam-se as deformações correspondentes.

A NBR 8522 (ABNT, 2007) estabelece uma carga inicial de 0,5 MPa porque os ensaios são inibidos pelo início da curva tensão-deformação, onde existe um intervalo com uma pequena concavidade voltada para cima provocada pelo fechamento de microfissuras de retração pré-existentes como observado na Figura 7.

Figura 7 - Agitação inicial no gráfico tensão-deformação.



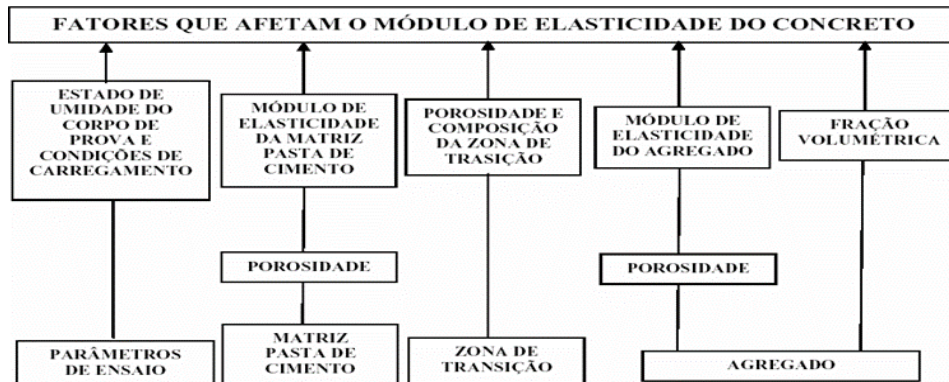
Fonte: (PEREIRA NETO, 1995).

Diversos fatores podem gerar essa agitação como imperfeições no corpo-de-prova, a variabilidade das máquinas de ensaios e o processo de adaptação do topo e base dos corpos-de-prova aos pratos da prensa (RODRIGUES, 2003).

2.1.3 FATORES QUE INFLUENCIAM NO MÓDULO DE DEFORMAÇÃO

Em materiais heterogêneos e multifásicos como o concreto, diversas propriedades desempenham influência sobre o comportamento elástico do compósito, como a fração volumétrica, o módulo de deformação do concreto, o módulo de deformação dos principais constituintes, a massa específica e as características da zona de transição. A Figura 8 apresenta todos os fatores que afetam o módulo de deformação do concreto.

Figura 8 - Fatores que comprometem o módulo de elasticidade do concreto.



Fonte: (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Ainda com tantos fatores importantes, o módulo de elasticidade mantém entre 20 e 30 GPa para a maioria dos concretos produzidos, mesmo com resistências um pouco maior, isso já que a matriz da pasta de cimento tende a ser mais porosa, o que propicia a deformação devido aos vazios intersticiais. (MEHTA e MONTEIRO, 2008)

Os parâmetros do ensaio e equipamentos medidores de módulo de deformação influenciam na leitura. A velocidade da aplicação do carregamento influencia, pelo menos em parte, no valor das deformações e na curvatura da relação tensão-deformação. Segundo NEVILLE (1997) majora o tempo de carregamento de 5 segundos até cerca de 2 minutos, a deformação pode crescer em até 15%.

Em uma visão microscópica, aumentando a velocidade do carregamento, observam-se deformações menores e uma pequena curva da relação tensão-deformação, conforme VASCONCELOS e GIAMMUSSO (1998) isso advém quando permanecendo alguma solicitação, os poros cheios de água e ar se comprimem ou distendem, e tendem a produzir um fluxo desses fluidos, o que demora algum tempo. Transportando de forma mais lenta, as condições em que se conferem os escoamentos serão distintos e os resultados podem não ser os mesmos, já que segundo o tipo de carregamento as cadeias moleculares são solicitadas de formato diferente.

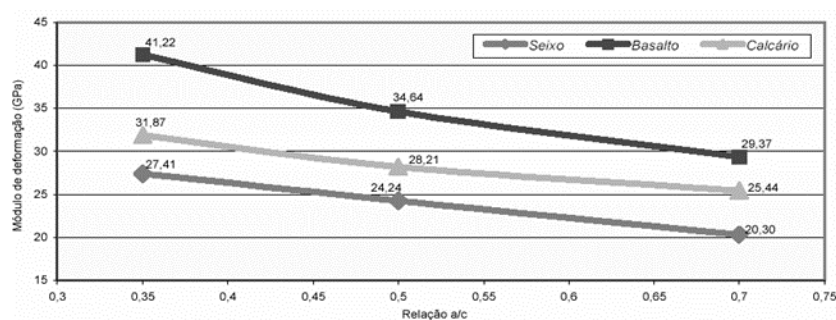
A tensão é a quantidade de carga que será aplicada do corpo-de-prova no andamento do ensaio. Esta é aplicada no eixo central do corpo-de-prova, porém as características do

equipamento, deslocamento entre os pratos da máquina, tipo de extensômetro e capeamento são propriedades que interferem na aplicação da tensão no momento do ensaio (NEVILLE, 1997).

Ensaio realizados finalizaram com leituras de deformação realizadas no eixo dos corpos-de-prova cilíndricos são aproximadamente 55% maiores que as medidas feitas na superfície. (BAKHT, JAEGER e MUFTI, 1989, apud RODRIGUES, 2003).

SILVA (2003) avaliou o módulo de elasticidade tangente inicial do concreto variando o agregado graúdo em calcário, seixo e basalto da região de Goiás com várias relações água-cimento e ensaios aos 28 dias de idade do concreto, os resultados obtidos estão expressos na Figura 9. Os valores do gráfico confirmam que amortecendo a relação água-cimento aumenta-se o módulo de deformação do concreto.

Figura 9 - Semelhança entre módulo de deformação e relação a/c aos 28 dias de idade.



Fonte: (SILVA, 2003).

Têm aditivos incorporadores de ar que ajudam de um lado e prejudicam na questão do módulo de deformação do concreto. Já aditivos que possuem a finalidade de diminuir a porosidade da pasta de cimento aumentam o módulo de deformação do concreto (NUNES, 2005).

As adições minerais como sílica ativa, escória de alto forno e cinza volante tornam mais denso e reduz a espessura da zona de transição pasta-agregado, o que aumenta a resistência, a dureza do concreto e o módulo de deformação (ALEXANDER e MILNE, 1995, FERREIRA, 2004).

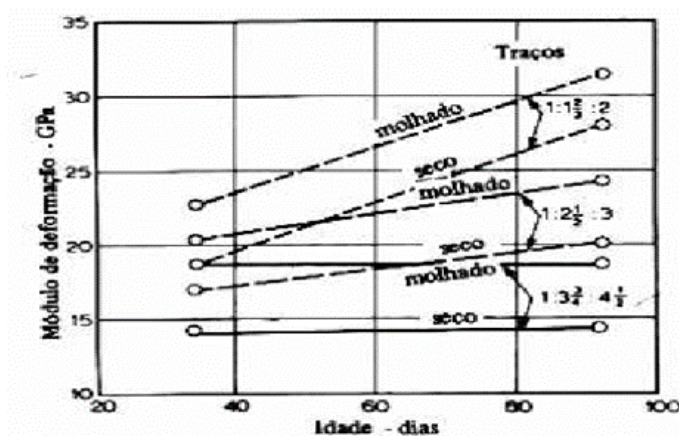
As fissuras no concreto dependem das características de exsudação, resistência da zona de transição, do histórico de cura do concreto, entre outros fatores. Com condições normais de cura, o concreto sofre o efeito de retração térmica por causa dos diferentes módulos de deformação surgidos entre a matriz e o agregado graúdo, deformações diferenciais que geram fissuras na zona de transição (BARBOSA, 2009).

O grau de hidratação é influenciado pelos componentes químicos que compõe o cimento como o C3A, C3S e C2S. Os dois primeiros componentes em grande quantidade aumentam a

resistência e o módulo de elasticidade do concreto, já com o aumento de C2S a resistência e o módulo de elasticidade serão baixos (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Compreende-se que os corpos-de-prova ensaiados em condições úmidas apresentaram módulo de deformação aproximadamente 15% maior que os testados em condições secas. Claramente, a secagem do concreto produz efeito distinto na matriz da pasta de cimento do que na zona de transição. A Figura 10 exibe a importância da condição de umidade no momento do ensaio sobre o módulo secante de deformação de concretos em diversas idades. (BARBOSA, 2009).

Figura 10 - Controle da condição de umidade no momento do ensaio sobre o módulo secante de deformação de concretos em diversas idades.



Fonte: (NEVILLE, 1997).

Portanto pode observar, o módulo de deformação é influenciado pela umidade do corpo-de-prova no momento do ensaio, porém, a resistência à compressão varia em sentido oposto.

2.2 INFLUÊNCIA DO AGREGAADO GRAÚDO SOBRE O MÓDULO DE DEFORMAÇÃO DO CONCRETO

Conforme NEVILLE (1997) o módulo de deformação do concreto é afetado tanto pelo módulo de deformação do agregado como por seu conteúdo volumétrico no concreto, e VAN VLACK (1970) diz que é influenciado especialmente pela sua composição indireta com as demais propriedades.

Os fatores e propriedades do agregado graúdo que influenciam no módulo de deformação do concreto estão descritos a seguir.

2.3 DIMENSÃO DO AGREGADO GRAÚDO

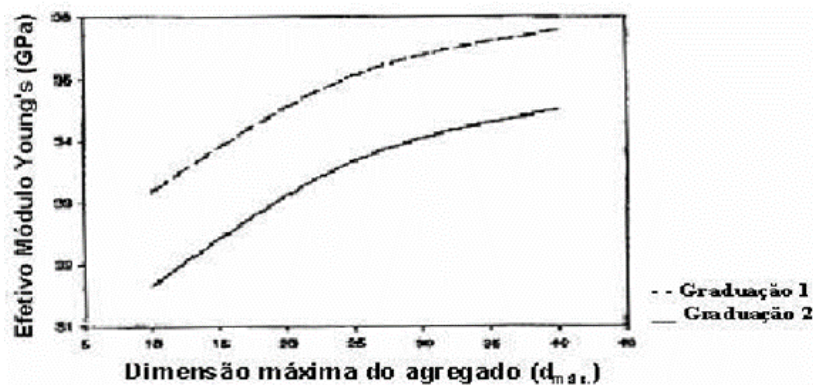
A informação da dimensão do agregado primeiramente é por ação da trabalhabilidade e do custo na obra. Desta forma, procura-se adequar ambos para a escolha do agregado graúdo. A dimensão máxima do agregado graúdo é limitada ainda pelo espaçamento entre as barras de

ferro nas vigas, como regra geral deve ser menor que 1/5 da dimensão mais estreita da forma onde o concreto será colocado e 3/4 da menor distância livre entre as armaduras de aço (BARBOSA, 2009).

O acréscimo da dimensão máxima do agregado reduz a superfície específica do mesmo e a extensão e espessura da zona de transição, por causa da melhor distribuição da pasta de cimento, diminuindo o número e tamanho dos vazios, com isso aumenta-se o módulo de elasticidade do concreto (MEHTA e MONTEIRO, 2008). Apesar disso, nem todas as pesquisas concordam com o aumento do módulo com o aumento da dimensão do agregado graúdo.

Li et. al (1999) averiguaram esse acréscimo do módulo de deformação do concreto com o acréscimo da dimensão máxima do agregado graúdo, a Figura 11 expõe esse efeito.

Figura 11 - Resultado da dimensão máxima do agregado no módulo de elasticidade.



Fonte: (LI et. al, 1999).

GORISSE (1980) apud PACHECO (2006) em Barcelona na Espanha relacionou em sua equação (Equação 1) o módulo de elasticidade com a dimensão máxima do agregado graúdo.

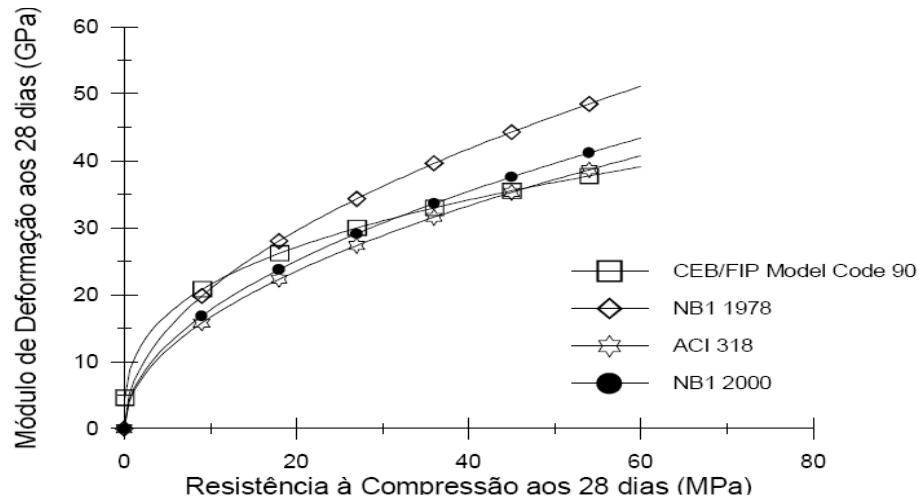
Equação 1:

$$E_c = 50000 \left((fck)^{1/3} - 1,5 + 1,2 \log_{10} d_{máx} \right)$$

Onde: fck em Kgf/cm^2 , $d_{máx}$ em mm e E_c em Kgf/cm^2

Com essa equação, GORISSE representou o módulo em função das dimensões máximas do agregado de 2,5mm, 5,0mm, 10,0mm, 20,0mm e 40,0mm como mostra a Figura 12.

Figura 12 - Estimações do módulo estático de elasticidade em função da resistência à compressão em corpos-de-prova para diferentes dimensões máximas do agregado graúdo.



Fonte: (CARBONEL, 1996 apud PACHECO, 2006).

Como supracitado, o aumento da dimensão do agregado nem sempre significa o aumento do módulo de deformação, experimentos realizados por FURNAS (1997) comprovam através dos valores mostrados na Figura 13. Essa diferenciação também foi averiguada por PEREIRA NETO e DJANIKIAN (1996) como visto na Figura 14. Por isso, essa pesquisa fixou a dimensão dos agregados graúdos para evitar que ocorra a influência dessa propriedade nos resultados do módulo de deformação tangente inicial.

Figura 13 - Valores de módulo de deformação do concreto obtidos experimentalmente para concretos com resistência igual a 20 MPa.

TIPO LITOLÓGICO	MÓDULO DE DEFORMAÇÃO (GPa)			
	D _{máx}			
	19mm	38mm	76mm	152mm
Gnaíse	16.9	19.6	20.6	21.7
Basalto	29.8	21.4	24.8	26.6
Metagrauvaca	34.7	35.2	38.6	41.6
Quartzito	29.9	30.9	20.7	20.0
Granito	15.4	20.1	16.2	21.7

Fonte: (FURNAS, 1997).

Figura 14 - Influência do tipo e do tamanho do agregado no módulo de elasticidade do concreto.

		E _c (GPa)		
		9,5mm	19mm	25mm
Granito	14 dias	31,92	31,45	31,19
Gnaisse		32,15	33,68	
Basalto		39,21	39,06	38,51
Diabásio		32,57	36,01	38,36
Calcário			37,46	38,39
Granito	28 dias	31,85	33,19	32,88
Gnaisse		34,62	35,46	39,06
Basalto		40,94	40,06	42,78
Diabásio		35,37	37,53	39,31
Calcário			38,89	39,92
Granito	56 dias	32,89	34,28	34,78
Gnaisse		35,37	37,60	39,73
Basalto		43,14	43,96	43,11
Diabásio		37,90	39,76	41,39
Calcário			44,29	42,04

Fonte: (PEREIRA NETO e DJANIKIAN, 1996).

Esses estudos confirmam que o aumento da dimensão máxima característica do agregado graúdo não acrescenta essencialmente o módulo de deformação do concreto, porém o aumento foi verificado em alguns casos como o do agregado gnaisse. Além disso, essas tabelas também comprovam a variação do módulo de deformação segundo a diferença litológica de cada agregado graúdo na dosagem do concreto (BARBOSA, 2009).

2.4 FRAÇÃO VOLUMÉTRICA DO AGREGADO GRAÚDO

Segundo RODRIGUES (2003) a fração volumétrica da zona de transição é determinada pela superfície específica do agregado graúdo, que por sua vez depende tanto da sua dimensão máxima como da sua graduação.

Conforme. MELO NETO e HELENE (2002) averigua a redução do módulo de deformação aumentando a quantidade de agregados graúdos, explica-se que para manter o abatimento constante aumenta a relação água-cimento, o que enfraquece a pasta e diminui o módulo de deformação. A Figura 15 apresenta os resultados da pesquisa.

Figura 15 - Teor de agregado versus o módulo de elasticidade do concreto.

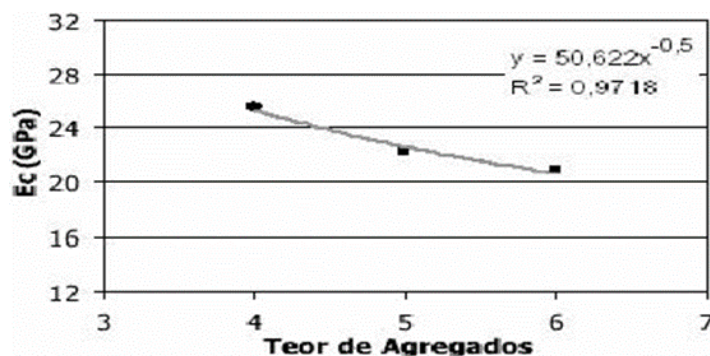


Gráfico do módulo de elasticidade versus o teor de agregados (abatimento = cte)

Fonte: (MELONETO e HELENE, 2002).

Na comparação com o ensaio deste, foi realizada outra análise, na qual a relação água-cimento mantém constante e aumenta-se a quantidade dos agregados graúdos, na Figura 16 observa-se que o módulo de elasticidade aumenta (BARBOSA, 2009).

Figura 16 - – Influência do teor de agregado sobre o módulo de elasticidade do concreto.

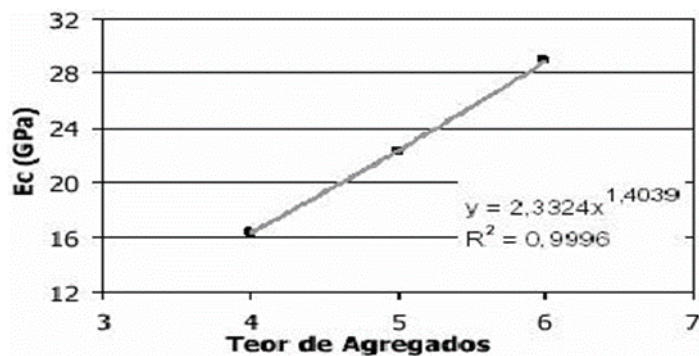


Gráfico do módulo de elasticidade versus o teor de agregados (a/c = cte)

Fonte: (MELO NETO e HELENE, 2002).

2.5 POROSIDADE E MÓDULO DE ELASTICIDADE DO AGREGADO GRAÚDO

A aceção da porosidade do agregado é a mesma empregada para os demais materiais, sendo composta pela relação do volume total de vazios e o volume absoluto de sólidos. Muitos dos poros dos agregados podem ser vistos até mesmo ao olho nu, mas os poros menores do agregado podem ser comparados aos maiores poros do gel da pasta de cimento. A tabela 17 proporciona a ordem de grandeza da porosidade de algumas rochas (BARBOSA, 2009).

Figura 17 - Porosidade de alguns minerais comuns.

Grupo	Porosidade %
Arenito	0,00 – 48,0
Quartzito	1,90 – 15,1
Calcário	0,00 – 37,6
Granito	0,40 – 3,80

Fonte: (NEVILLE, 1997).

Segundo (BARBOSA, 2009). Porosidade do agregado graúdo influencia a resistência à compressão, a resistência a abrasão e o módulo de deformação dos agregados por serem propriedades inter-relacionadas. Sabe-se que aumentando o módulo de deformação do agregado graúdo aumenta-se o do concreto, todavia essa influência é menor em concretos com alta resistência e maior em concretos convencionais o que comprova que cada variável pode não controlar a resistência à compressão e o módulo de elasticidade da mesma forma.

Rochas naturais como basalto, granitos, calcários densos e outros agregados utilizados na dosagem de concreto são normalmente densos e resistentes, o seu módulo de deformação

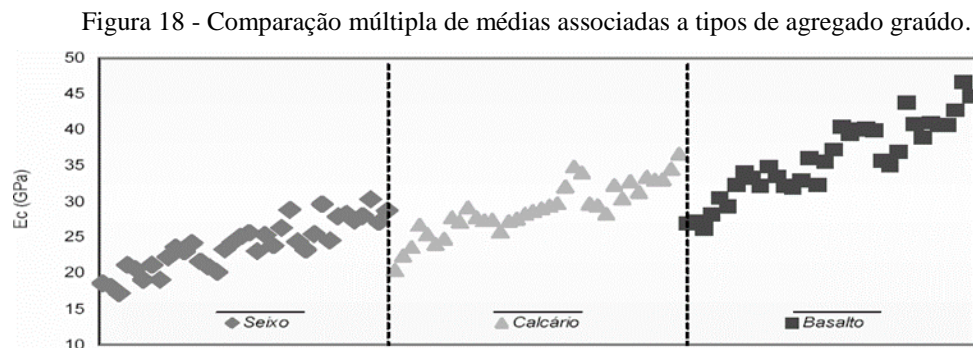
típico varia entre 70 e 90 GPa. Em rochas sedimentares, o módulo de deformação pode ser bem baixo.

Isoladamente, a pasta de cimento e o agregado quando submetidos a tensões, apresentam curvas bastante próximas da linearidade como observado na Figura 2.4. NEVILLE (1997) e MEHTA & MONTEIRO (2008) afirmam que a curvatura presente no gráfico do concreto é devido à zona de transição, o que aumenta também os espaços vazios, os cristais de hidróxido de cálcio e as microfissuras.

2.6 NATUREZA DO AGREGADO GRAÚDO

Entre todas as propriedades dos agregados graúdos que influenciam o módulo de elasticidade do concreto nenhuma será tão determinante nos resultados do módulo quanto o tipo litológico do agregado. Dependendo da origem geológica do agregado graúdo, todas os atributos como porosidade, textura, módulo do agregado e outras também modificam. (BARBOSA, 2009).

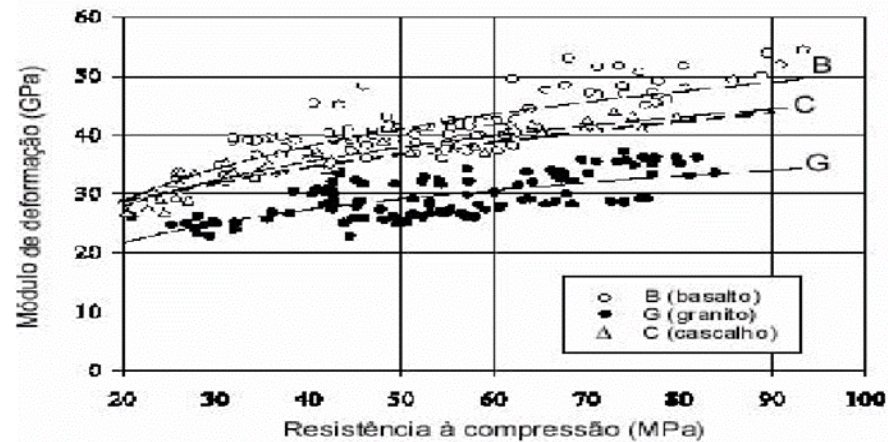
SILVA (2003) analisou a relação do módulo de deformação do concreto com três tipos litológicos de agregados graúdos, resultando em distinção significativa nos resultados do módulo como apresentado na Figura 18.



Fonte: (SILVA, 2003).

Segundo KLISZCZEWICZ & AJDUKIEWICZ (2002), ensaios realizados com três tipos de agregados graúdos: basalto, granito e calcário resultam em módulos de deformação secantes consideravelmente distintos de concretos em correlação com seus valores de resistência à compressão conforme expressos na Figura 19.

Figura 19 - Resultados de ensaio de determinação do módulo de deformação secante de concretos obtidos com o uso de três tipos de agregados graúdos: basalto, granito e calcário.



Fonte: (KLISZCZEWICZ e AJDUKIEWICZ, 2002).

Diante dos resultados exibidos nas Figuras 18 e 19 conclui-se que o concreto irá ter uma deformação de acordo com o agregado graúdo que fizer parte de sua natureza.

2.7 FORMA E TEXTURA SUPERFICIAL DO AGREGADO GRAÚDO

Segundo MEHTA e MONTEIRO (2008) a classificação das formas que os agregados graúdos podem adquirir é baseada na geometria, como arredondadas, lamelar (achatadas), angulosas e alongadas. Já a classificação da textura é lisa ou áspera, baseada pelo visual; a textura é definida pela dureza, granulação e porosidade da rocha matriz. O calcário e o basalto britados expõem textura áspera, enquanto que a escória expandida e a cinza volante apresentam uma textura celular com poros visíveis.

Tanto a forma como a textura do agregado graúdo influenciam o módulo de elasticidade do concreto, pois quanto mais áspero e anguloso for o agregado maior será o módulo de elasticidade do concreto (NEVILLE, 1997).

2.8 TÉCNICAS DE DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE

Diante dos vários tipos de medidores de deformação existentes, de forma geral, os mecânicos que são divididos em: fixos aos corpos-de-prova, de base móvel e de base fixa; já os medidores do tipo transdutores resistivos são os extensos métricos (strain gage), Carlsson e transdutores indutivos (LVDT).

Os medidores chamados de extensômetros mecânicos podem possuir os instrumentos de medição fixos ao corpo-de-prova, ou seja, literalmente podem ser colados, enquanto que os extensômetros de base móvel podem ser apenas encaixados através de parafusos. Os

medidores tipo strain gages são também fixos ao corpo-de-prova, são considerados bastantes precisos, porém são mais difíceis de manusear e perdem-se ao se romper o corpo-de-prova.

Os medidores tipo Carlsson e LVDT são menos usuais por possuírem mais custo e por serem considerados mais difíceis no manuseio. Todavia os resultados de ambos são considerados bastante aproximados (BARBOSA, 2009).

2.9 EXTENSÔMETROS MECÂNICOS

Conforme ANDRADE et al. (1970) os extensômetros mecânicos são compostos por ponteiros que prendem em dois pontos do corpo-de-prova, a partir desses pontos, a deformação é aumentada através de alavancas ou engrenagens conectadas a um relógio comparador ou a um aparelho de registro que irá ler a variação de comprimento (ΔL) que é dividido por L , fornecendo a deformação específica ou relativa.

Os extensômetros mecânicos do tipo alongamentos ou comparadores de comprimento são do tipo fixado aos corpos-de-prova, ou móveis, ou com base fixa (estrutura rígida) prendidos a relógios comparadores com precisão de $1\mu\text{m}$ ($0,001\text{mm}$) ou $0,001\%$ do comprimento de medição.

Os comparadores mecânicos de base fixa são utilizados em ensaios de expansão ou retração de corpos-de-prova cilíndricos e prismáticos. Os comparadores mecânicos de base móvel são aplicados em ensaios de retração ou expansão, como se observa na Figura 20 as leituras são efetuadas com o medidor encaixado nos pontos de referências fixos ao corpo-de-prova.

Figura 20 - Ensaio de determinação do módulo de deformação estático com comparador mecânico de base móvel em corpo-de-prova $15 \times 30\text{cm}$.



Fonte: (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Os extensômetros de base móvel são fixados em lados opostos através de taxas metálicas como mostrado na Fotografia 20 presos com fita ao corpo-de-prova. Os ensaios apresentam resultados sem precisão e duvidosos.

Diversas pesquisas como a de Martins (2008) e Rodrigues (2003) optaram por utilizar o extensômetro mecânico de base fixa em seus ensaios. Da mesma maneira os ensaios

realizados por essa pesquisa utilizaram três extensômetros digitais acoplados a dois anéis que fixam em três pontos equidistantes do corpo-de-prova como visto na Figura 21.

Figura 21 - Extensômetro mecânico de base fixa.



Fonte: (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

2.10 EQUAÇÕES PARA ESTIMAR O MÓDULO DE ELASTICIDADE

O módulo de deformação já foi proposto com equações por várias normas e pesquisadores, a Tabela 1 apresenta algumas equações já determinadas para o módulo de deformação do concreto.

Tabela 1: Equações sugeridas pelas normas e pesquisadores.

NORMA	MODULO TANGENTE	MODULO SECANTE
ABNT NBR 6118:2007	$E_c = 5600 * f_{ck}$	$E_{cs} = 0,85 * E_c$
ABNT NBR 6118:2014*	$E_c = \alpha_c * 5600 * f_{ck}$ para f_{ck} de 20MPa a 50MPa $E_c = 21,5 * 10^4 * \alpha_c * \left(\frac{f_{ck} + 1,25}{10} \right)^{1,5}$ para f_{ck} de 55MPa a 90MPa	$E_{cs} = \alpha_c * E_c$ $E_{cs} = \left[0,8 + 0,2 * \left(\frac{f_{ck}}{80} \right) \right] * E_c$
fib MODEL CODE 2010*	$E_c = 21,5 * 10^4 * \alpha_c * \left(\frac{f_{ck} + 1,25}{10} \right)^{1,5}$ $E_c(t) = \left(\frac{t + 1}{t} \right)^{0,2} * E_{cs}$	$E_{cs} = \alpha_c * E_c$ $E_{cs} = \left[0,8 + 0,2 * \left(\frac{f_{ck}}{88} \right) \right] * E_c$
ACI 318-14**	-	$E_c = 0,043 * \omega^{1,5} * f_c^{1,5}$ (MPa) para ω entre 1440 e 2560 kg/m ³ $E_c = 4732 * f_c^{1,5}$ (MPa) para concreto de massa específica normal
EUROCODE 2	$E_c = 1,05 * E_{cm}$ $E_c(t) = 1,05 * \left(\frac{t + 1}{t} \right)^{0,2} * E_{cm}$	$E_{cs} = 22 * \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{1,5}$ (f_{cm} em MPa) $E_{cs} = E_{cm} / 1,2$

Fonte: ANDRADE et al. (1970).

Equação proposta para corpos-de-prova 150x300mm e 100x200mm e exclusivamente para 150x300mm simultaneamente. Dessas normas pode-se verificar que algumas se fundamentam na massa específica do concreto (γ e W), ou em valores tabelados para cada tipo de agregado (α_c), ou ainda com valores que dependem do módulo de deformação do agregado graúdo (C_o).

Conforme Silva (2003), as equações propostas comumente não aferem o efeito das distintas características dos agregados e dos dessemelhantes volumes da mistura, diante disso

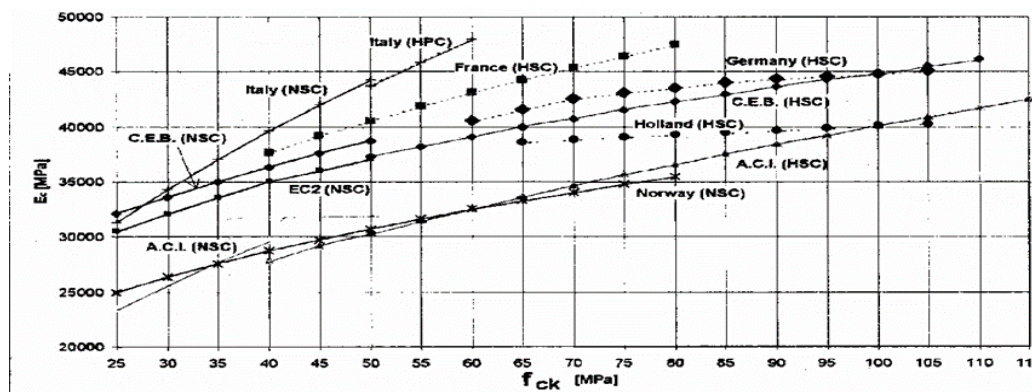
ainda não se deparou com uma relação definitiva entre o módulo de deformação e a resistência à compressão já que mesmo dosando concretos com mesma resistência obtêm-se módulos de deformações distintos para cada agregado graúdo.

No Brasil, quando não forem realizados ensaios e não existirem dados mais precisos sobre o concreto, pode-se estimar o valor do módulo de deformação tangente inicial em função da resistência à compressão adotada no projeto estrutural, com a equação da NBR 6118 (ABNT, 2004) apesar de que vários pesquisadores e profissionais não concordam com essa metodologia (MARTINS, 2008; FARIAS et. al.,2004; TIZATO & SHEHATA, 1987).

O módulo de deformação dado pela norma brasileira é em função apenas da resistência à compressão, o que facilita nos cálculos, porém não conduz a um valor de uso prático e exato. Projetistas utilizam desta equação para estimar o módulo de deformação através da resistência estipulada em projeto, podendo ser utilizada para determinar o módulo de deformação aos 28 dias de idade do concreto, contudo a norma dá margem para utilizá-la na idade de sete dias se for realizado ensaio de determinação da resistência à compressão nessa idade (BARBOSA, 2009).

No âmbito Internacional, pesquisas foram realizadas para determinação do módulo de elasticidade do concreto. A Figura 2.20 apresenta os resultados obtidos por ACITO & GUERRINI (1999) apud FARIAS et. al. (2004) na comparação entre várias equações nacionais e internacionais.

Figura 22 - Comparação entre diferentes correlações propostas.



Fonte: (ACITO e GUERRINI, 1999, apud FARIAS et. al.,2004).

Acontecem discrepâncias claras entre correlações das normas, algumas subestimam o módulo de elasticidade do concreto. Isso pode ser explicado pelo fato de que cada norma utiliza a seu procedimento para dosagem, cura, ensaios e outros fatores que influenciam no valor do módulo de deformação.

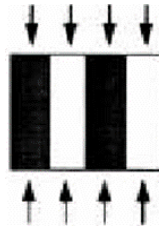
Têm hoje na literatura especializada fórmulas teóricas mais complexas, mas não usuais, fica a interesse apenas acadêmico, porém há fórmulas teóricas mais simples que abstraem o concreto como material bifásico ou trifásico com comportamento elástico, o modelo de Voigt, por exemplo, considera a mesma deformação para todas as fases, assim propôs a Equação 2 (AITCIN, 1998):

$$\text{Equação 2: } E_c = E_1 g_1 + E_2 g_2$$

Onde: E_1 = módulo de elasticidade da argamassa, E_2 = módulo de elasticidade do agregado graúdo, g_1 = volume relativo de argamassa, g_2 = volume relativo do agregado graúdo

O modelo de Voigt impõe as condições de deformação linear específica como visto na Figura 2.19.

Figura 23 - Exemplo paralelo de duas fases.



Fonte: (MEHTA e MONTEIRO, 2008)

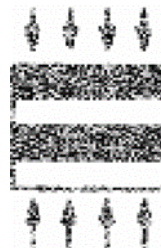
A amostra de Reuss avalia a mesma tensão sobre todas as fases do concreto propondo a seguinte Equação 3:

$$\text{Equação 3: } 1/E_c = g_1/E_1 + g_2/E_2$$

Onde: E_1 = módulo de elasticidade da argamassa, E_2 = módulo de elasticidade do agregado graúdo, g_1 = volume relativo de argamassa, g_2 = volume relativo do agregado graúdo.

A Figura 24 representa o modelo de Reuss conforme a tensão constante.

Figura 24 - Exemplo em série de duas fases.



Fonte: (MEHTA e MONTEIRO, 2008)

Perante tantos exemplos pode-se citar o modelo de Hirsch de duas fases, modelo Counto e modelo de W. Baalbaki, todos com seus ensaios e equações para a determinação do módulo de deformação tangente inicial do concreto. O inconveniente desses modelos é a não

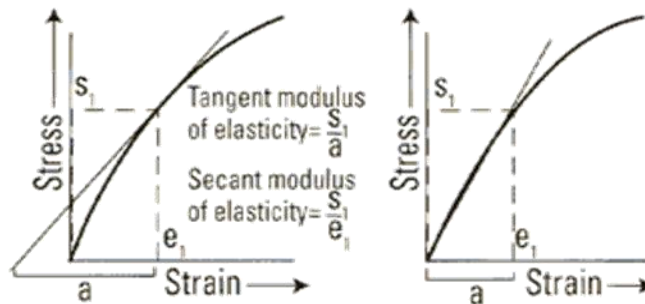
praticidade, por necessitar de ensaios de módulo de elasticidade da pasta e do agregado (PACHECO, 2006).

Muitas são as sugeridas para se determinar o módulo de elasticidade, cada uma com as suas particularidades e importância, todavia há como determinar o módulo com ensaios em corpos-de-prova de concreto, seguindo a NBR 8522 (ABNT, 2007).

2.11 DEFORMAÇÃO SECANTE EM CORPOS DE CONCRETO

A tangente do módulo de elasticidade é a inclinação do diagrama de tensão-deformação em qualquer ponto. A secante do módulo de elasticidade é a tensão dividida pela deformação para qualquer valor determinado de tensão ou deformação. Também é chamada de índice tensão-deformação (BARBOSA, 2009).

Figura 25 – Tensão - deformação do concreto.



Fonte: (BATTAGIN,20007).

A tangente e a secante do módulo de elasticidade são iguais, até o limite proporcional de um material. Dependendo do tipo de carga representada pelo diagrama de tensão-deformação, o módulo de elasticidade pode ser relatado como: módulo de elasticidade compressivo (ou módulo de elasticidade em compressão); módulo de elasticidade flexura (ou módulo de elasticidade em flexão); módulo de elasticidade de cisalhamento (ou módulo de elasticidade em cisalhamento); módulo de elasticidade de tração (ou módulo de elasticidade em tensão); ou módulo de elasticidade de torção (ou módulo de elasticidade em torção). O módulo de elasticidade pode ser determinado por meio de testes dinâmicos, onde ele pode ser derivado do módulo complexo. O módulo usado sozinho geralmente refere-se ao módulo de elasticidade de tração. O módulo de cisalhamento quase sempre é igual ao módulo de torção e ambos são chamados de módulo de rigidez. (BATTAGIN,20007).

2.12 AGREGADOS

Este capítulo foi elaborado com o intuito de investigar as principais características externas e internas dos agregados graúdos: brita granítica e seixo rolado que são objetos dessa pesquisa.

O agregado brita granítica foi escolhido por ser mais encontrado na cidade de Palmas, o agregado granito por ser o mais utilizado pelas concretarias da região em obras de maior porte e o agregado seixo rolado rocha sedimentar tem em abundância no rio Tocantins origem dos materiais e propriedades já conhecidos e assim por se almejar valores com menores para comparar o módulo de deformação tangente inicial do concreto dosado com esses agregados.

2.12.1 GRANITO

O granito (do latim granum grão, em referência à textura da rocha) é um tipo comum de rocha ígnea ou rocha magmática, intrusiva ou plutônica de grão fino não metamórfico, médio ou grosseiro, composta essencialmente pelos minerais: quartzo, mica e feldspato, tendo como minerais acessórios mica (normalmente presente), hornblenda, zircão e outros minerais. É normalmente encontrado nas placas continentais da crosta terrestre.

O granito é quase sempre compacto (sem estruturas internas), duro e resistente, sendo por essas qualidades, usado como pedra para a construção civil. A densidade média do granito situa-se entre 2,65 g/cm³ e 2,75 g/cm³, a sua temperatura de fusão é de 1215 - 1260 °C.

A composição mineralógica dos granitos é definida por associações muito variadas de quartzo, feldspato, micas (biotite/ou moscovite), anfíbolos (sobretudo hornblenda), piroxenas (augite e hiperstena) e olivina. Alguns desses constituintes podem estar ausentes em determinadas associações mineralógicas, anotando-se diversos outros minerais acessórios em proporções bem mais reduzidas. Quartzo, feldspato, micas e anfíbolos são os minerais dominantes nas rochas graníticas e afins.

Os feldspatos (microclina, ortoclase e plagioclases), são os principais condicionantes do padrão cromático das rochas silicáticas, conferindo as colorações avermelhada, rosada e creme-acinzentada a estas rochas.

A cor negra variavelmente impregnada na matriz das rochas silicatadas, é conferida pelos minerais máficos (silicatos ferro-magnesianos) sobretudo anfíbolos (hornblenda) e micas (biotite).

Nos granitos mais leucocráticos (claros), portanto com menor quantidade de minerais ferro-magnesianos, o quartzo e o feldspato compõem normalmente entre 85% e 95% da rocha.

Figura 26 - Granito rocha ígnea ou rocha magmática.



Fonte: Wikipédia encyklopedii

A textura das rochas silicatadas é determinada pela granulometria e hábito dos cristais, sendo a estrutura definida pela distribuição desses cristais. Composição, textura e estrutura representam assim parâmetros de grande importância para caracterização de granitos.

O granito é utilizado como rocha ornamental e na construção civil. Para o sector de pedras ornamentais e de revestimento, o termo granito designa um amplo conjunto de rochas silicatadas, abrangendo monzonitos, granodioritos, charnockitos, sienitos, dioritos, doleritos, basaltos e os próprios granitos.

Em Portugal a paisagem granítica revela-se principalmente em extensos planaltos, em serras, nas Beiras e em várias regiões montanhosas. Há ainda a considerar um maciço de dimensões mais reduzidas, na serra de Sintra, com cerca de 10 por 5 quilómetros.

Dentre os dois agregados estudados o seixo é o que apresenta resultado com valor menor do ensaio de Abrasão Los Angeles em comparação com o granito. Todavia, a massa específica encontrada do seixo foi menor que a dos outros agregados, mesmo assim está dentro dos valores esperados para esse tipo de agregado.

O índice de forma dos agregados utilizados por essa pesquisa é classificado por angular, de acordo com a norma BS 812 (1975) por não estarem da forma encontrada na natureza, mas britadas. Esta característica permite saber se poderá requerer maior quantidade de argamassa na dosagem do concreto, pois quanto mais angular ou difícil de rolar, mais quantidade de argamassa será necessário na dosagem.

2.12.2 ROCHAS SEDIMENTARES OU ESTRATIFICADAS

As rochas sedimentares apresentam-se em formas de camadas ou estratos. Nessas rochas encontramos fósseis, ao contrário das magmáticas. Elas sofrem a ação do calor solar, da água e do vento como forma de decomposição. Temos como exemplo: o arenito, o calcário, os cascalhos e seixos.

O arenito é formado por grãos de areia e é usado na construção de casas. Muitas formações rochosas dessa rocha são encontradas no estado do Paraná.

O calcário é um tipo de rocha formada há milhões de anos pelo acúmulo de conchas e esqueletos de organismos mortos no fundo dos mares. Para reconhecermos uma rocha calcária, basta pingarmos ácido sobre ela e observaremos uma efervescência liberando um gás, o gás carbônico. Encontramos diversas rochas calcárias em cavernas e grutas.

Os cascalhos e seixos são rochas sedimentares ou magmáticas que se forma pela ação da água. São encontradas nos leitos dos rios. (PRESS, F.; SIEVER, R.; GROETZINGER, J. et al. 2006).

2.12.3 SEIXO ROLADO

Fragmentos de rocha ou minerais, comumente quartzo, de granulometria maior do que a da areia, arredondados no processo de transporte pelas águas. Seu diâmetro pode variar de poucos 0,5 a vários centímetros. Devido ao seu tamanho só podem ser transportados por correntes fluviais de alta energia, e por isto mesmo tendem a formarem depósitos nos sopés das montanhas, onde a energia da água diminui ao atingir a planície. Fragmentos com diâmetro superior a 25 centímetros são chamados de matacão na literatura geológica.

Figura 27 - Cascalho (seixo) de quartzito.



Fonte: Portal do professor - MEC

2.13 NATUREZA E DIMENSÃO DOS FENOCLASTOS

Blocos, seixos ou calhaus, cascalho e areão, entre muitos outros, são termos de uso corrente que a sedimentologia adotou para dar nome às quatro classes dimensionais em que convencionalmente se dividiram os fenoclastos: (>256 mm), (256 a 64 mm), (64 a 8 mm) e (8 a 2 mm), respectivamente. Trata-se de termos que na linguagem cotidiana, alguns deles variando de significado de região para região, são usados em liberdade pelo comum dos cidadãos, fora do espalho que lhes foi imposto pela classificação sistemática, ao adoptá-los. Um tal convencionalismo tem, todavia, o maior interesse ao nível da comunicação entre os estudiosos desta temática.

Figura 28 - Seixo Britado.



Fonte: Antônio da Silva PEC – Programa de Engenharia Civil/LabEST

2.14 AGREGADO NO CONCRETO

O agregado passou a assumir importância econômica, devido ao custo menor e alcançou a excelência ao atribuir vantagens técnicas consideráveis ao concreto, que passou a ter maior estabilidade dimensional e melhor durabilidade do que a pasta de cimento pura (NEVILLE-1997).

Problemas técnicos e econômicos decorrentes da seleção inadequada dos agregados demonstraram a necessidade de uma melhor compreensão do papel dos agregados na resistência mecânica, na durabilidade e também na estabilidade dimensional do concreto.

Verificou-se também que muitas propriedades do concreto são influenciadas pelas características dos agregados, tais como: porosidade, composição granulométrica, absorção d'água, estabilidade, forma e textura superficial dos grãos, resistência mecânica, módulo de deformação e substâncias deletérias presentes.

O agregado graúdo pode desempenhar a função de enchimento e de material resistente na composição do concreto. Nessa pesquisa, com os agregados utilizados busca-se verificar e comparar o desenvolvimento da resistência desses na dosagem do concreto com suas respectivas influências do módulo de deformação do concreto.

Vários tipos litológicos de agregados graúdos são utilizados nas dosagens do concreto das pesquisas realizadas. Inicialmente percebe-se a influência de acordo com a maior proporção de agregado na composição do concreto, contudo existe um limite nessa proporção, por isso a necessidade de se estudar o teor de argamassa adequado, ainda mais quando se pretende comparar vários tipos de agregados.

Outra variação no comportamento do concreto é verificada ao diferenciar o tamanho dos agregados graúdos. Sabe-se que quanto maior o diâmetro característico do agregado, menor será sua resistência e será mais ampliada essa influência ao se reduzir a relação água-cimento. Porém, isso não é uma verdade absoluta; estudos realizados pelo “laboratório do departamento de apoio e controle técnico de FURNAS Centrais Elétricas S.A” mostram que cada agregado

gráudo reage de uma forma quando se aumenta o seu diâmetro, podendo aumentar ou diminuir. Assim, conclui-se que dificilmente se tem um único fator variando isoladamente, pois ao variar um fator, podem-se influenciar outros de forma até inesperada.

Tanto a forma quanto a textura do agregado exercem forte influência sobre a resistência a compressão do concreto principalmente nas primeiras idades. Segundo NEVILLE (1997), 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 agregado de superfície mais rugosa, tendem a apresentar maior resistência que os concretos com agregado de superfície mais lisa.

3. METODOLOGIA

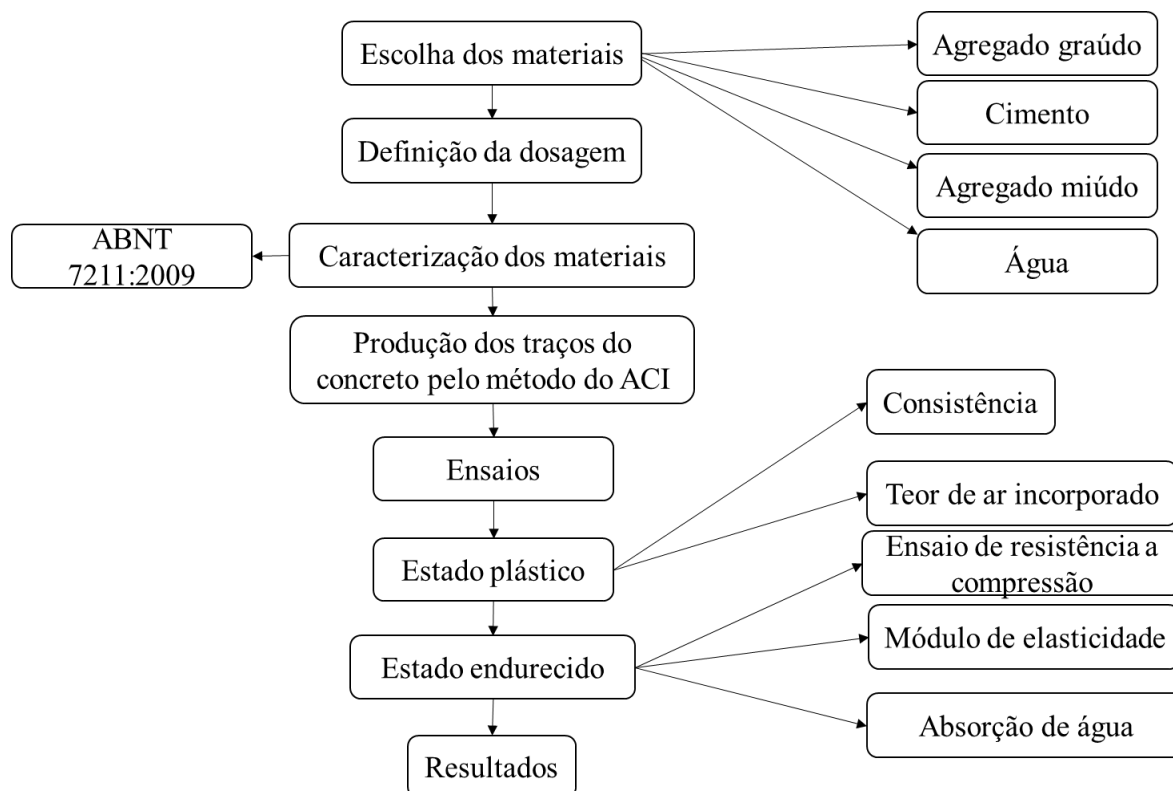
Esta pesquisa classifica-se como de natureza descritiva experimental e laboratorial. Os procedimentos metodológicos adotados foram de pesquisa bibliográfica. Quanto à realização da pesquisa bibliográfica, foi feita com o auxílio de livros, teses de doutorado, dissertações de mestrado, monografias de especializações, normas técnicas de caracterização dos agregados ABNT NBR 7211:2005. Norma de Concreto - Preparo, controle e recebimento NBR 12655:2015.

3.1 LOCAL DE PESQUISA

Todos os ensaios e a fabricação dos concretos para confecção dos corpos-de-prova e a realização dos ensaios foram realizados no laboratório de materiais de construção civil do departamento acadêmico de engenharia civil do Centro Universitário CEULP/ULBRA. E no laboratório da empresa Concreto Engenharia.

A figura 29 apresenta um fluxograma de acordo com as etapas apresentadas e o método de dosagem.

Figura 29 - Fluxograma dos ensaios.



Fonte: Autor.

3.2 MÉTODO DE COLETA DAS AMOSTRAS E ANÁLISE DE DADOS

Foi realizado um estudo experimental com o objetivo de investigar as propriedades do concreto, a saber: resistência à compressão e módulo de deformação Tangente inicial e secante com a mesmas idades, variando apenas a origem mineralógica do agregado graúdo. Foi escolhido três tipos de agregados graúdo, brita granítica, seixo rolado e seixo britado, um total de três amostras obtidas na região de Palmas: as amostras de seixo foi fornecida pela mineradora Capital, a brita granítica foi fornecida pela Pedreira Gramprata, setor bela vista Palmas. Os demais materiais empregados foram sempre os mesmos: a areia natural quartzosa da mesma região, foi utilizado o Cimento Portland CP II F-32 cujas características abrangem os requisitos exigidos pela norma NBR 11578: 1997. Material possui adição de fíler calcário, em teor entre 6 e 10% pertence à classe de resistência que varia entre 32 e 49MPa. Ideal para utilização em estruturas de concreto armado, pavimentos de concreto, argamassa de chapisco, assentamento de blocos, revestimento, pisos e contra pisos, grautes, concreto protendido, pré-moldados e artefatos de concreto.

3.3 ENSAIO DE CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

Nesta etapa foram caracterizados os agregados graúdos (Seixos) e brita granítica e o agregados miúdos (Areia natural) para utilização na fabricação do concreto de acordo com as normas específicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Etapa I – Foram realizados os ensaios de determinação da composição granulométrica dos agregados (NBR NM 248:2003):

- Determinação do material fino que passa através da peneira 75 μ m, por lavagem. NBR NM - 46:2001.
- Determinação do teor de argila em torrões nos agregados: NBR 7218:2010.
- Determinação da massa específica aparente e absorção do agregado graúdo (NBR NM 53:2009).
- Determinação da massa unitária dos agregados miúdo e agregado graúdo. NBR NM 45:2006.
- Determinação da massa específica do agregado miúdo e agregado graúdo. NBR NM 52:2009.
- Determinação do teor de ar em concreto fresco - Método pressométrico. NBR NM 47:2002

Etapa II – Realizados os ensaios de determinação da massa específica. NBR - 6474 - NM – 23:2001

- Determinação da finura de cimento Portland com o emprego da peneira 75 μm (nº 200), ABNT NBR 11579:2012

Etapa III – Realizar um estudo de dosagem para cada tipo de agregado graúdo conforme NBR 12655:2015.

Etapa IV - Realizados os ensaios de resistência a compressão axial de corpo-de-prova cilíndrico: NBR 5739:2007.

- Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica. NBR 9778/2009

3.4 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS MIÚDO PARA CONCRETOS. – NBR NM 248:2003.

Foi realizada a análise granulométrica dos agregados utilizados para a produção do concreto, através do conjunto de peneiras com aberturas especificadas pela ABNT NBR NM 248:2003.

Figura 30 - Ensaio de Granulometria.



Fonte: Autor

Tabela 2 - Apresenta as propriedades obtidas para os agregados miúdos ensaiados. ABNT NM 248:2003.

PENEIRAS		1ª DETERMINAÇÃO			2ª DETERMINAÇÃO			MÉDIA % RETIDA		FAIXAS GRANULOMÉTRICAS-NBR 7211 AGR P/CONCRETO			
		MASSA		% RETIDA	MASSA		% RETIDA			ZONA-1	ZONA-2	ZONA-3	ZONA-4
Pol / N°	(mm)	RETIDA (g)	Simples	Acumul.	RETIDA (g)	Simples	Acumul.	Simples	Acumul.	MUITO FINA	FINA	MÉDIA	GROSSA
3/8	3,5		-	-		-	-	-	-	0	0	0	0
1/4	6,3	3,20	0,64	0,64	4,40	0,88	0,88	0,76	0,76	0 - 3	0 - 7	0 - 7	0 - 7
4	4,8	15,60	3,12	3,76	16,50	3,30	4,18	3,21	3,97	0 - 5	0 - 10	0 - 11	0 - 12
8	2,4	38,70	7,74	11,50	41,20	8,24	12,42	7,99	11,96	0 - 5	0 - 15	0 - 25	5 - 40
16	1,2	48,90	9,78	21,28	52,60	10,52	22,94	10,15	22,11	0 - 10	0 - 25	10 - 45	30 - 70
30	0,6	116,80	23,36	44,64	122,30	24,46	47,40	23,91	46,02	0 - 20	21 - 40	41 - 65	66 - 85
50	0,3	193,50	38,70	83,34	188,20	37,64	85,04	38,17	84,19	50 - 85	60 - 88	70 - 92	80 - 95
100	0,15	78,00	15,60	98,94	69,50	13,90	98,94	14,75	98,94	85 - 100	90 - 100	90 - 100	90 - 100
FUNDO		13,90	2,78	101,72	14,70	2,94	101,88	2,86	101,80	100	100	100	100
TOTAL		508,60	101,72		509,40	101,88		101,80		FAIXA GRANULOMÉTRICA			
TOTAL DA AMOSTRA		500,00	100,00		500,00	100,00		100,00		DETERMINE A ZONA: 3			
DIF. DA AMOSTRA		(8,60)	(1,69)		(9,40)	(1,85)		(1,77)		Areia Média			
MÓDULO DE FINURA		2,64			2,72			2,68					
DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA:				6,3									

Fonte: Autor

A tabela 02 apresenta análise granulométricas dos agregados miúdos estudados, proporciona característica de uma areia média e um módulo de finura apropriado ficando na zona ótima que varia de 2,20 a 2,90 conforme a NBR NM 248:2003.

Figura 31- Agitador de peneiras agregado graúdo.



Fonte: Autor,2019.

3.5 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS GRAÚDOS (BRITA GRANITO) PARA CONCRETOS. – NBR NM 248:2003

Tabela 3 - Apresenta as propriedades obtidas para os agregados graúdos (brita granito) para concreto. ABNT NM 248:2003.

PENEIRAS		1ª DETERMINAÇÃO			2ª DETERMINAÇÃO			MÉDIA % RETIDA		FAIXAS GRANULOMÉTRICAS-NBR 7211 AGR P/CONCRETO				
Pol / Nº	(mm)	RETIDA (g)	Simple	Acumul.	RETIDA (g)	Simple	Acumul.	Simple	Acumul.	GRADUAÇÃO				
										0	1	2	3	
2	50,00	-	-	-		-	-	-	-	0	0	0	0	5
1 1/2	38,00	-	-	-		-	-	-	-	0	0	0	0	30
1 1/4	32,00	-	-	-		-	-	-	-	0	0	0	5	75
	25,00	-	-	-		-	-	-	-	0	0	0	5	87
	19,00	-	-	-		-	-	-	-	0	0	20	65	95
	12,50	18,20	1,82	1,82	17,80	1,78	1,78	1,80	1,80	0	10	30	32	100
	3,50	194,60	19,46	21,28	194,60	19,46	21,24	19,46	21,26	10	30	80	35	100
	6,30	548,00	54,80	76,08	551,50	55,15	76,39	54,98	76,24	40	80	32	100	100
	4,80	185,20	18,52	94,60	191,40	19,14	95,53	18,83	95,07	85	100	100	100	100
	2,40	6,20	0,62	95,22	7,30	0,73	96,26	0,68	95,74	35	100	100	100	100
	1,20	1,00	0,10	95,32	2,00	0,20	96,46	0,15	95,89	100	100	100	100	100
	0,60	1,00	0,10	95,42	3,20	0,32	96,78	0,21	96,10	100	100	100	100	100
	0,30	1,00	0,10	95,52	1,00	0,10	96,88	0,10	96,20	100	100	100	100	100
	0,15	1,00	0,10	95,62	1,00	0,10	96,98	0,10	96,30	100	100	100	100	100
FUNDO		43,80	4,38	99,90	30,20	3,02	100,00	3,70	100,00	100	100	100	100	100
TOTAL		1.000,00	100,00		1.000,00	100,00		100,00		FAIXA GRANULOMÉTRICA				
TOTAL DA AMOSTRA		1.000,00	100,00		1.000,00	100,00		100,00		DETERMINE GRADUAÇÃO:				
DIF. DA AMOSTRA		-	-		-	-		-		0				
MÓDULO DE FINURA				5,93			6,00	5,97	Brita					
DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA:		12,5												

Fonte: Autor

A tabela 03 apresenta análise granulométricas dos agregados graúdos estudados, proporciona característica de uma brita de 12,5 mm o mesmo atende aos limites indicados para o agregado graúdo segundo a NBR NM 248:2003.

3.6 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS GRAÚDOS (SEIXO ROLADO) PARA CONCRETOS. – NBR NM 248:2003

Tabela 4 - Apresenta as propriedades obtidas para os agregados graúdos (brita granito) para concreto. ABNT NM 248:2003.

EQUIPE										FAIXAS GRANULOMÉTRICAS-NBR 7211 AGR P/CONCRETO			
PENEIRAS		1ª DETERMINAÇÃO			2ª DETERMINAÇÃO			MÉDIA % RETIDA		GRADUAÇÃO			
Pol / N°	(mm)	MASSA RETIDA (g)	% RETIDA		MASSA RETIDA (g)	% RETIDA		Simple	Acumul.	0	1	2	3
			Simple	Acumul.		Simple	Acumul.						
2	50,00	-	-	-		-	-	-	-	0 - 0	0 - 0	0 - 0	0 - 5
11/2	38,00	-	-	-		-	-	-	-	0 - 0	0 - 0	0 - 0	5 - 30
11/4	32,00	-	-	-		-	-	-	-	0 - 0	0 - 0	0 - 5	75 - 100
	25,00	-	-	-		-	-	-	-	0 - 0	0 - 0	5 - 25	87 - 100
	19,00	-	-	-		-	-	-	-	0 - 0	2 - 15	65 - 35	95 - 100
	12,50	12,70	0,42	0,42	10,80	0,36	0,36	0,39	0,39	0 - 5	40 - 65	92 - 100	100 - 100
	9,50	320,50	10,68	11,11	310,40	10,35	10,71	10,52	10,91	5 - 15	80 - 100	95 - 100	100 - 100
	6,30	2.260,80	75,36	86,47	2.204,30	73,48	84,18	74,42	85,33	40 - 30	92 - 100	100 - 100	100 - 100
	4,80	342,40	11,41	97,88	339,50	11,32	95,50	11,37	96,69	85 - 100	95 - 100	100 - 100	100 - 100
	2,40	114,70	3,82	101,70	113,60	3,79	99,29	3,81	100,50	95 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
	1,20	2,00	0,07	101,77	2,00	0,07	99,35	0,07	100,56	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
	0,60	1,50	0,05	101,82	1,50	0,05	99,40	0,05	100,61	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
	0,30	1,00	0,03	101,85	1,00	0,03	99,44	0,03	100,65	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
	0,15	0,90	0,03	101,88	0,80	0,03	99,46	0,03	100,67	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
FUNDO		19,00	0,63	102,49	22,30	0,74	100,21	0,69	101,36	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
TOTAL		3.000,00	102,52		3.006,20	100,21		101,36		FAIXA GRANULOMÉTRICA			
TOTAL DA AMOSTRA		3.000,00	100,00		3.000,00	100,00		100,00		DETERMINE GRADUAÇÃO:			
DIF. DA AMOSTRA		-	-		(6,20)	(0,21)		(0,10)		0			
MÓDULO DE FINURA				6,18			6,03	6,11		Seixo Rolado			
DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA:				12,5									

Fonte: Autor

A tabela 04 apresenta análise granulométricas dos agregados graúdos estudados, proporciona característica de um seixo rolado de 12,5 mm o mesmo atende aos limites indicados para o agregado graúdo segundo a NBR NM 248:2003.

3.7 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS GRAÚDOS (SEIXO BRITADO) PARA CONCRETOS. – NBR NM 248:2003

A tabela 05 apresenta análise granulométricas dos agregados graúdos estudados, proporciona característica de um seixo britado de 12,5 mm o mesmo atende aos limites indicados para o agregado graúdo segundo a NBR NM 248:2003.

Tabela 5 - Apresenta as propriedades obtidas para os agregados graúdos (seixo britado) para concreto. ABNT NM 248:2003.

PENEIRAS		1ª DETERMINAÇÃO			2ª DETERMINAÇÃO			MÉDIA % RETIDA		FAIXAS GRANULOMÉTRICAS-NBR 7211 AGR P/CONCRETO			
Pol / Nº	(mm)	MASSA		% RETIDA	MASSA		% RETIDA			GRADUAÇÃO			
		RETIDA (g)	Simples	Acumul.	RETIDA (g)	Simples	Acumul.	Simples	Acumul.	0	1	2	3
2	50,00	-	-	-		-	-	-	-	0 - 0	0 - 0	0 - 0	0 - 5
1 1/2	38,00	-	-	-		-	-	-	-	0 - 0	0 - 0	0 - 0	5 - 30
1 1/4	32,00	-	-	-		-	-	-	-	0 - 0	0 - 0	0 - 5	75 - 100
	25,00	-	-	-		-	-	-	-	0 - 0	0 - 0	5 - 25	87 - 100
	19,00	-	-	-		-	-	-	-	0 - 0	0 - 20	65 - 35	95 - 100
	12,50	15,20	1,52	1,52	16,30	1,63	1,63	1,58	1,58	0 - 10	30 - 50	92 - 100	100 - 100
	9,50	186,50	18,65	20,17	184,20	18,42	20,05	18,54	20,11	10 - 30	80 - 35	35 - 100	100 - 100
	6,30	562,40	56,24	76,41	567,90	56,79	76,84	56,52	76,63	40 - 80	92 - 100	100 - 100	100 - 100
	4,80	178,80	17,88	94,29	179,10	17,91	94,75	17,90	94,52	85 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
	2,40	7,50	0,75	95,04	9,00	0,90	95,65	0,83	95,35	35 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
	1,20	2,50	0,25	95,29	3,00	0,30	95,95	0,28	95,62	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
	0,60	2,00	0,20	95,49	3,20	0,32	96,27	0,26	95,88	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
	0,30	2,00	0,20	95,69	2,00	0,20	96,47	0,20	96,08	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
	0,15	0,70	0,07	95,76	2,00	0,20	96,67	0,14	96,22	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
FUNDO		42,40	4,24	99,93	30,20	3,02	99,69	3,63	99,85	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
TOTAL		1.000,00	100,00		996,90	99,69		99,85		FAIXA GRANULOMÉTRICA			
TOTAL DA AMOSTRA		1.000,00	100,00		1.000,00	100,00		100,00		DETERMINE GRADUAÇÃO:			
DIF. DA AMOSTRA		-	-		3,10	0,31		0,16		0			
MÓDULO DE FINURA				5,92			5,96		5,94	Seixo Britado			
DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA:		12,5											

Fonte: Autor

3.7 DESENVOLVIMENTO DOS TRAÇOS

Tendo como base para o estudo o método de cálculo de dosagem desenvolvido pelo ACI 211.1-91 (American Concrete Institute), serão realizadas 03 dosagens distintas as quais serão definidas com fck de 25MPa para estimativa de desvio padrão 4,0 MPa $F_{c28}=31,6$ Com abatimento de 90 ± 10 .

O método Seven Steps Method (ACI 211.1-91) preocupa-se com a trabalhabilidade através de diversos fatores relativos aos materiais, às condições de execução e adensamento e às dimensões das peças. Um conceito fundamental abordado pelo método é aquele que vincula, para cada granulometria da areia e cada tamanho máximo de agregado graúdo, um valor máximo do volume de agregado compactado seco por m³ de concreto. Além disso, este procedimento de dosagem, desenvolvido para concretos de consistência plástica, fornece traços com baixos teores de areia, tentando obter misturas mais econômicas.

O método pode ser apresentado numa sequência de etapas bem definidas, que incorporam um conjunto de tabelas, que facilitam a determinação dos parâmetros necessários para a obtenção do traço de partida.

3.7.4 DETALHAMENTO DAS DOSAGEM

Na pesquisa de encontrar uma melhor dosagem compatível aos 3 agregados graúdos. Brita granítica, seixo britado e seixo rolado.

A primeira etapa consistiu na fixação de uma consistência adequada de 100 ± 20 obtendo assim um melhor trabalho para o concreto fresco, através do ensaio de abatimento do tronco de cone.

Segunda Etapa foi escolhido através da caracterização diâmetro máximo do agregado graúdo. E na terceira etapa a estimativa dos teores de água e ar incorporado.

Na terceira etapa, em função da Dimensão máxima característica dos agregados e do abatimento requerido são fornecidas, conforme procedimento, as quantidades de água de amassamento aproximadas para misturas preparadas com agregados.

Como próxima etapa, e em função das necessidades de resistência e das condições de exposição do concreto, fixou-se a relação água/cimento de 0,53. Por fim os cálculos do teor de cimento, cálculo do teor de agregado graúdo e do agregado miúdo.

Finalmente a apresentação do traço em massa, conforme tabela 6.

Para a execução da dosagem utilizou-se betoneira de eixo inclinado com capacidade de 150 litros. Os materiais foram colocados na ordem: agregado graúdo e parte da água, após misturar por 20 segundos adicionou-se o agregado miúdo, o cimento, o restante da água, misturando por 6 minutos.

Tabela 6 – Dosagem Experimental: f_{ck} 25MPa para estimativa de desvio padrão $4,0\text{MPa}$ $f_{c28} = 31,6$

	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita (kg)	a/c	Traço em massa	Abatimento (mm)	Água (Kg)
Granito	368,45	783,55	950,00	0,53	1: 2,33: 284 0,53	100±20	182,00
Seixo Britado	368,45	783,55	995,00	0,53	1: 274 :3,45 0,53	100±20	182,00
Seixo Rolado	369,65	788,10	995,00	0,53	1: 2,67 :2,56 0,53	100±20	183,00

Fonte: Próprio autor, 2019.

Segundo BAUER, L. A. Os seixos rolados apresentam grãos de formas cuboides, arredondadas e superfícies lisas, ao contrário dos agregados industrializados (britados) que possuem grande porcentagem de grãos irregulares, com arestas vivas e superfícies altamente rugosas e conseqüentemente maiores superfícies específica que os de forma cuboides (seixos/cascalhos).

Os grãos irregulares, devido à sua forma e textura superficial, apresentam maior aderência da argamassa, resultando um concreto, com eles confeccionados, de maior

resistência, mantida inalterada as demais condições do traço, do que os confeccionados com pedregulho de grão cuboide e superfície lisa.

3.7.5 PRODUÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVAS

As produções dos corpos-de-prova serão realizadas de acordo com a NBR 12655:2015 específica de concreto convencional, onde foram confeccionados 3 corpos-de-prova de dimensões 100mm x 200 para a idades de 7 e 14 e 28 dias de cada traço totalizando 18 CP's para ensaios de compressão e ensaio de absorção de água, e para idade de 28 dias será moldado 5 corpos-de-prova de cada traço totalizando 15 CP's com dimensão 150mm x 300mm para ensaio módulo de deformação do concreto conforme determina a NBR 6118:2014.

Tabela 7 - Relação da quantidade de corpos de provas por traço de concreto.

Ensaio	Normas	Idades	Nº de CP's /	Total de Cp's
Compressão axial	NBR 5739/2018	07, 14 e 28 dias	03	18
Absorção de água	NBR 9778/2009	28 dias	03	03
Módulo de elasticidade	NBR 8522/2017	28 dias	15	15
			Total de CP's /Traço	36

Fonte: Autor, 2019.

A moldagem terá um total de 36 CP's que será realizada segundo prescreve a NBR 5738:2015 que descreve o procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova de concreto utilizados nos ensaios de compressão e de tração por compressão, neste caso, a moldagem com o vibrador de agulha 19mm.

3.7.6 PROCESSO DE CURA

Após a moldagem, os moldes foram colocados sobre uma superfície plana, livre de qualquer outra causa que possa perturbar o concreto. Durante as primeiras 24h, todos os corpos-de-prova serão armazenados em local resguardado de intempéries, sendo devidamente cobertos com material não reativo e não absorvente, com a finalidade de evitar perda de água do concreto, conforme preconiza a NBR 5738:2015. Por fim, os corpos-de-prova serão desmoldados e identificados, e em seguida, submersos em água até o momento do ensaio de resistência a compressão conforme descreve a NBR 9479:2006.

3.7.7 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica é normalizado pela ABNT NBR 9778:2009. O ensaio mede o teor de absorção de água pelo concreto, é

importante pois este é uma relação que é diretamente ligada à durabilidade do concreto, quanto menos permeável o concreto menor a possibilidade de deterioração por agentes externos como: cloretos e outros materiais agressivos. Serão moldados 02 corpos-de-prova para cada traço, a realização do ensaio foi com a idade de 28 dias.

3.8 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE CORPOS-DE-PROVA CILÍNDRICOS

Todos os traços foram submetidos aos ensaios de compressão conforme disposto pela ABNT NBR 5739: 2007 – Concreto - Ensaio de resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Os ensaios serão realizados em uma prensa hidráulica EMIC PC-200 com aplicação contínua de 0,8MPa/s.

Foram realizados ensaios de dois corpos-de-prova para cada traço nas idades de 7 e 28 dias para posterior uso no ensaio de determinação do módulo de elasticidade do concreto. Todos os corpos-de-prova foram retificados e rompidos em prensa hidráulica de carga contínua como mostrado na Fotografia 34.

Fotografia 32 – Determinação da resistência à compressão com prensa hidráulica. Conforme a NBR 5739 (ABNT, 2013) a velocidade de carregamento aplicado foi de 0,5 MPa/s.



Fonte: Próprio autor, 2019

3.9 DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE DO CONCRETO

Foram realizados ensaios de módulo de elasticidade do concreto aos 28 dias de idade no laboratório da empresa Concreto Engenharia seguindo a metodologia da NBR 8522 (ABNT, 2007).

Imagem 33 – Extensômetro mecânico de base fixa.



Fonte: Próprio autor, 2019

Adaptou-se três extensômetros digitais ao aparelho, fabricados pela empresa Mitutoyo.

Seguindo a metodologia da NBR 8522 (ABNT,2007) utiliza-se 30% da carga de ruptura para o limite superior do ensaio do módulo de deformação e escolhe-se a metodologia. O processo do ensaio é separado em etapas, onde pela metodologia a primeira etapa inicia-se mantendo no limite superior de carga (σ_b) por 60 segundos, em seguida descarrega-se o corpo-de-prova, tem-se a opção de descarregar até uma força próxima de zero ou até a primeira marcação correspondente a uma divisão da escala analógica. Observando sempre para que o prato superior da máquina de ensaios não perca o contato com o topo do corpo-de-prova.

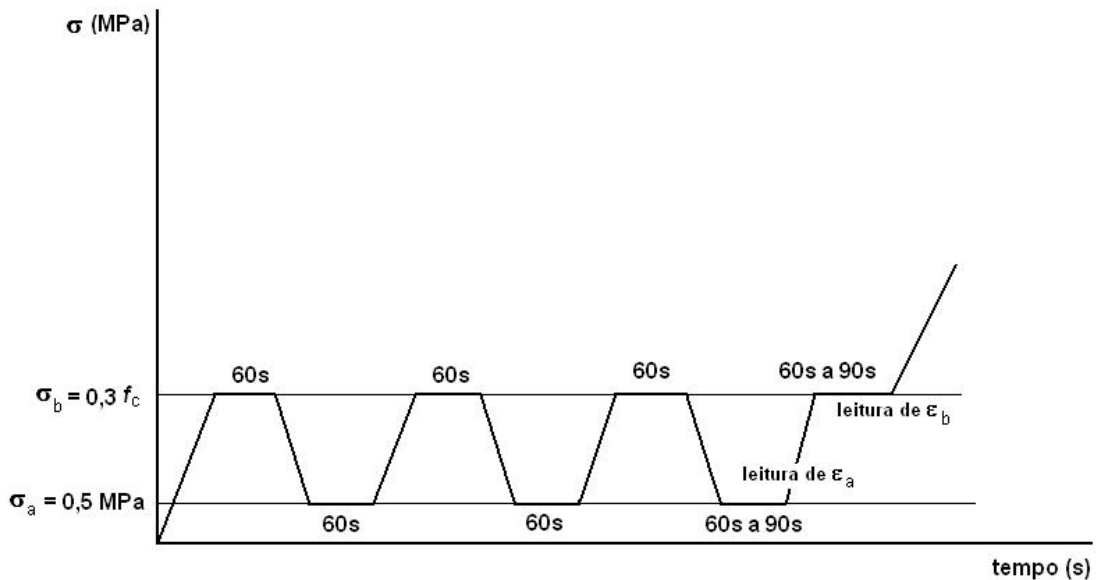
A Primeira etapa determinar a resistência à compressão de dois corpos-de-prova do mesmo lote em que será medido o módulo de elasticidade. Adotar a média como a resistência estimada.

A segunda etapa o corpo-de-prova é carregado até a força correspondente à tensão de 0,5 MPa (σ_a) e mantido por 60 segundos nesse nível. Em seguida carrega-se o corpo-de-prova até a força correspondente à tensão do limite superior (σ_b) e mantido por 60 segundos nesse nível. Logo, descarrega-se até uma força próxima de zero ou até a primeira marcação correspondente a uma divisão da escala analógica observando sempre para que o prato da máquina não perca o contato com o topo do corpo-de-prova.

A terceira etapa é a repetição da segunda etapa. A partir da quarta etapa passa-se a anotar as deformações lidas, segue o mesmo processo carregando até à tensão de 0,5 MPa (σ_a) e mantém por 60 segundos, anota-se a deformação (ϵ_a) em no máximo 30 segundos. Aumenta-se o carregamento até o limite superior (σ_b) e mantém por 60 segundos, anota-se também a deformação (ϵ_b) em no máximo 30 segundos.

Após a leitura das deformações libera-se a instrumentação se necessário e carrega-se o corpo-de-prova na mesma taxa de velocidade utilizada durante as etapas até que se produza a ruptura obtendo-se a resistência efetiva ($f_{c,ef}$). Se $f_{c,ef}$ diferir de f_c em mais de 20% os resultados dos corpo-de-prova devem ser descartados.

A Figura 34 representa o resumo das etapas descritas pela NBR 8522 (ABNT, 2007).



Fonte: Ciclos de carregamento do concreto para determinação de E_{ci} segundo a NBR 8522:2007.

Para os ensaios realizados por essa pesquisa adotou-se a metodologia A, assim o módulo de elasticidade E_{ci} é dado pela fórmula, em giga Pascal:

$$E_{ci} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} 10^{-3} = \frac{\sigma_b - 0,5}{\varepsilon_b - \varepsilon_a} 10^{-3}$$

Equação 5.1

Onde: σ_b é a tensão maior, em megapascal; ($\sigma_b = 0,3f_c$), ou outra tensão específica em projeto;

0,5 é a tensão básica, em megapascal;

ε_b é a deformação específica média, conforme o item 3.4 da NBR 8533: 2007.

($\varepsilon = \Delta L/L$), dos corpos-de-prova sob tensão maior;

ε_a é a deformação específica média dos corpos-de-prova sob a tensão básica (0,5MPa).

4. RESULTADOS

Foram apresentadas uma análise dos valores encontrados de resistência à compressão dos concretos, verificando a influência dos níveis de resistência adotados de 25MPa e dos tipos litológicos dos agregados graúdos. Da mesma forma é analisado o módulo tangente inicial e do módulo secante verificando o grau de influência dos níveis de resistência e do tipo litológico dos agregados graúdos.

Foi exibido um gráfico para cada agregado graúdo com a resistência à compressão e o módulo tangente inicial, e o módulo secante constatando a curva resistência à compressão módulo de deformação tangente que melhor se adapta aos resultados encontrados para cada agregado graúdo.

4.1 RESULTADO CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

Abaixo estão apresentados os resultados de caracterização dos agregados utilizados para a produção dos traços de concreto, assim como os resultados dos ensaios do concreto no estado fluido e endurecido.

4.2 AGREGADO MIÚDO

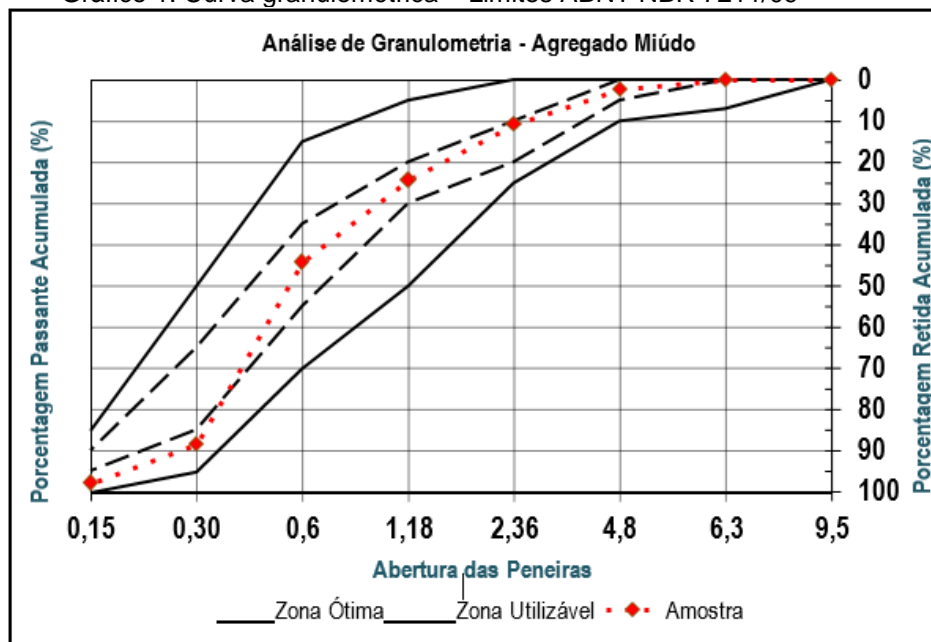
Foram realizados ensaios da areia natural classificada como média de procedência da draga Marconcelos localizada em Palmas - TO. A caracterização deste material também se deu pela ABNT NM 248:2003 e encontra-se na Tabela

Tabela 8 – Ensaio de caracterizados os agregados miúdos

Ensaio de caracterizados os agregados miúdos	Resultados	Unidades de medidas
Determinação da massa unitária do agregado miúdo (NBR NM 45:2006)	1,530	g/cm ³
Determinação da massa específica do agregado miúdo (NBR NM 53:2009).	2,680	g/cm ³
Teor de material pulverulento (NBR NM 46:2003)	0,98	(%)
Impurezas orgânicas em agregados miúdos (NBR 49:2001)	< 300	ppm
Teor de argila em torrões nos agregados: NBR 7218:2010	0,2	(%)
Módulo de finura da areia (NBR NM- 248:2003)	2,68	(%)
Dimensão máxima característica (NBR NM- 248:2003)	6,3	(mm)

Fonte: Autor, 2019.

Gráfico 1: Curva granulométrica – Limites ABNT NBR 7211/09



Fonte: do Autor 2019

O gráfico 1 apresenta as curvas granulométricas do agregado miúdo natural (areia) estudado, as cores preta representam o limite inferior e superior da zona ótima utilizável, na cor vermelha está a curva granulométrica está dentro da zona ótima de utilização.

4.3 AGREGADO GRAÚDO

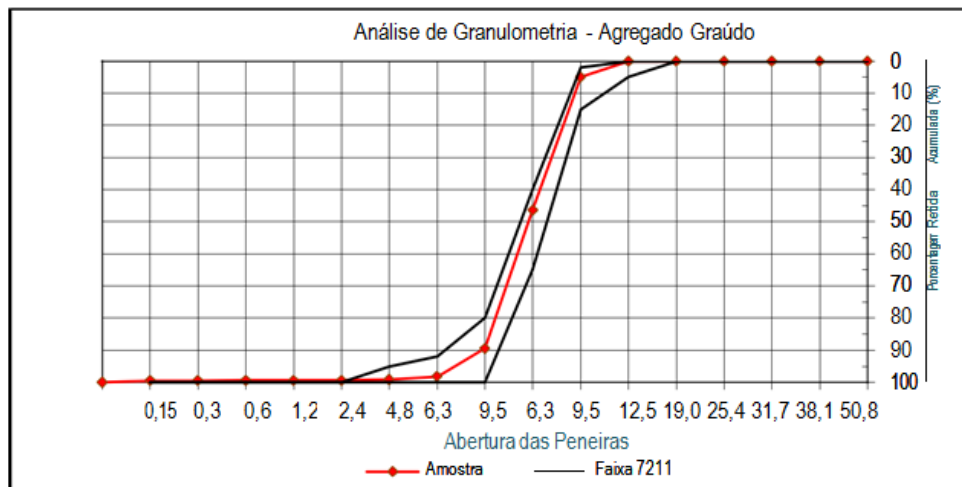
Foram realizados ensaios do agregado graúdo classificado como brita zero de procedência da pedreira Gramprata e dos seixos de procedência da mineradora Marconcelos todas localizada em Palmas - TO. A caracterização deste material também se deu pela ABNT NM 248:2003 e encontra-se na Tabela 9.

Tabela 9 – Ensaios de caracterizados os agregados graúdos

Ensaios de caracterizados os agregados graúdos brita granítica	Resultados	Unidades de medidas
Determinação da massa unitária do agregado graúdo (NBR NM 45:2006)	1,380	g/cm ³
Determinação da massa específica do agregado graúdo (NBR NM 53:2009).	2,690	g/cm ³
Módulo de finura da brita (NBR NM- 248:2003)	5,97	(%)
Dimensão máxima característica (NBR NM- 248:2003)	12,5	(mm)

Fonte: Autor, 2019.

Gráfico 2: Curva granulométrica – Limites ABNT NBR 7211/09



Fonte: Autor, 2019.

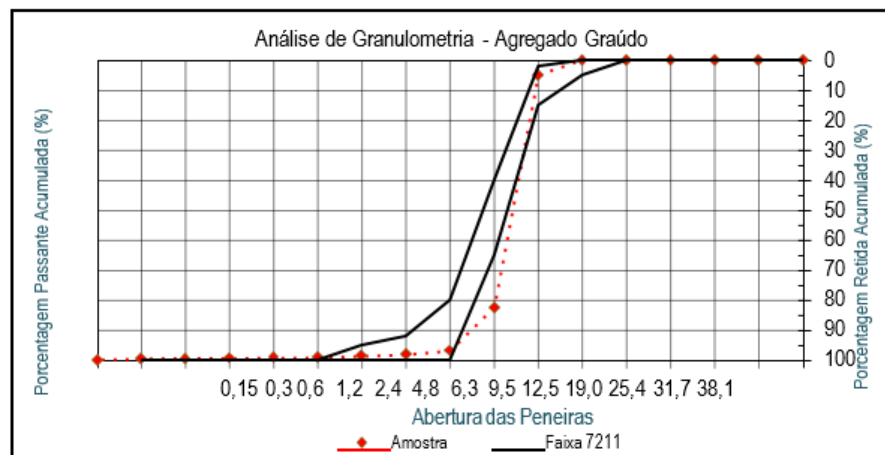
O gráfico 2 apresenta as curvas granulométricas do agregado brita granito estudado, as cores pretas representam o limite inferior e superior da zona ótima utilizável, na cor vermelha está a curva granulométrica está dentro da zona ótima de utilização.

Tabela 10 – Ensaios de caracterizados os agregados graúdos

Ensaios de caracterizados os agregados graúdos seixo rolado	Resultados	Unidades de medidas
Determinação da massa unitária do agregado graúdo (NBR NM 45:2006)	1,470	g/cm ³
Determinação da massa específica do agregado graúdo (NBR NM 53:2009).	2,650	g/cm ³
Módulo de finura do seixo (NBR NM- 248:2003)	6,11	(%)
Dimensão máxima característica (NBR NM- 248:2003)	12,5	(mm)

Fonte: Autor 2019

Gráfico 3: Curva granulométrica – Limites ABNT NBR 7211/19



Fonte: Autor 2019

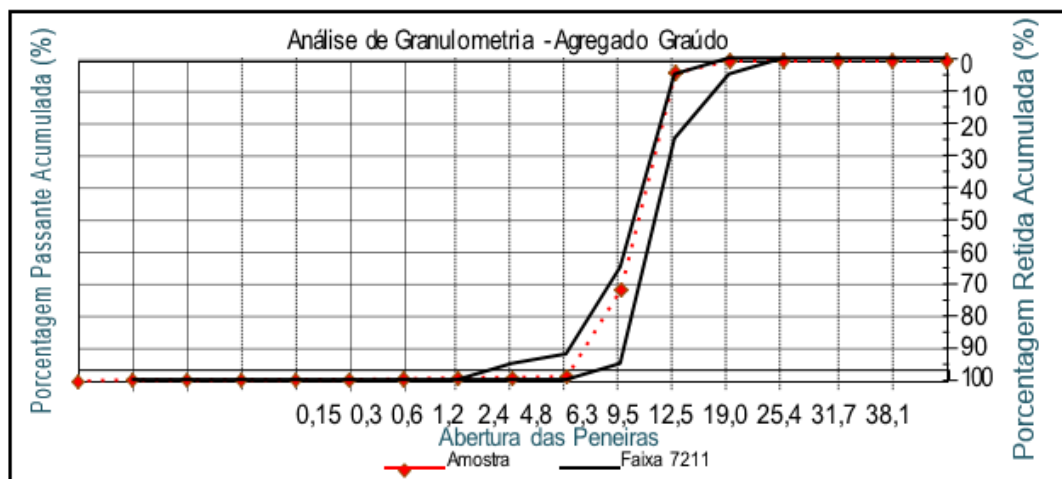
O gráfico 3 apresenta as curvas granulométricas do agregado seixo rolado observado, as cores vermelhas representam o limite inferior e superior da zona ótima utilizável, na cor preta está a curva granulométrica está dentro da zona ótima de utilização.

Tabela 11 – Ensaios de caracterizados os agregados graúdos

Ensaio de caracterizados os agregados graúdos seixo britado	Resultados	Unidades de medidas
Determinação da massa unitária do agregado miúdo (NBR NM 45:2006)	2,680	g/cm ³
Determinação da massa específica do agregado miúdo (NBR NM 53:2009).	2,660	g/cm ³
Módulo de finura da areia (NBR NM- 248:2003)	5,94	(%)
Dimensão máxima característica (NBR NM- 248:2003)	12,5	(mm)

Fonte: Autor.2019

Gráfico 4: Curva granulométrica – Limites ABNT NBR 7211/19



Fonte: Autor.2019

O gráfico 4 apresenta as curvas granulométricas do agregado seixo britado analisado, as cores vermelhas representam o limite inferior e superior da zona ótima utilizável, na cor preta está a curva granulométrica está dentro da zona ótima de utilização.

4.4 COMPOSIÇÃO DOS TRAÇOS E RESULTADOS DO CONCRETO NO ESTADO PLÁSTICO.

A tabela a seguir apresentam o quantitativo de materiais para a produção de um metro cúbico dos traços estudados, assim como os resultados obtidos para os mesmos traços no estado fresco.

Tabela 12 – Composição dos traços

Agregados	Traço em Massa
Granito	1: 2,33: 284/0,53
Seixo Britado	1: 2,74: 345/0,53
Seixo Rolado	1: 2,67: 256/0,53

Fonte: Próprio autor, 2019.

Os traços produzidos tanto com seixo rolado, seixo britado e granito obtiveram resultados satisfatórios, dentro dos limites estabelecidos pela ABNT NBR 15823-1/2010, alcançando assim uma boa trabalhabilidade.

Foram moldados os corpos de prova cilíndricos de dimensões 10 cm x 20 cm e com dimensões 15 cm x 30 cm para cada idade devidas, para cada traço, conforme a NBR 5738:2015.

Após 24 horas da moldagem, os corpos de prova foram submetidos à cura úmida. A preparação das bases dos corpos de prova, no dia dos ensaios, foi realizada por retificação em retífica manual.

4.5 ENSAIOS NO ESTADO PLÁSTICO

Após a dosagem dos traços, foram realizados os ensaios para a verificação das propriedades de auto desabilidade dos traços de concreto de acordo com as normas pertinentes.

Tabela 13 – Resultados dos ensaios Slump test

Traços	Abatimento (mm)
Brita	10,0
Seixo Rolado	10,5
Seixo Britado	10,0

Fonte: Próprio autor, 2019

Figura 35 – Ensaio de Slump test traço Brita e Seixo rolado e Seixo britado



Fonte: Próprio autor.



Fonte: Próprio autor.



Fonte: Próprio autor

O ensaio de caracterização dos concretos no estado fresco foi o abatimento, que é uma medida de referência para a trabalhabilidade do concreto, como já descrito, o valor do

abatimento em relação a altura do tronco de cone de ensaio foi de 90 ± 10 mm. Este ensaio foi de acordo com NM 67:96.

O ensaio de abatimento de tronco de cone (slump test) avalia a relação entre a resistência e a trabalhabilidade do concreto. A trabalhabilidade está relacionada a facilidade de moldar o concreto, quanto maiores os resultados do teste de slump, maior sua fluidez, quanto menores os resultados do teste de slump, menor sua fluidez, maior sua resistência e maior necessidade de água. Ou seja, o ideal é se aproximar o máximo possível do ponto de equilíbrio entre a trabalhabilidade e a resistência do concreto. Pensando nessa questão foi necessário um reajuste na dosagem com seixo rolado e britado para uma aproximação dos resultados.

Segundo P. Kumar Metha & Paulo J.M. Monteiro Considera que, para uma dada dimensão máxima característica do agregado graúdo, o abatimento ou a consistência do concreto tem correlação direta com a quantidade de água da mistura.

O tamanho das partículas do agregado graúdo é um dos fatores que influenciará na quantidade de água necessária para atingir determinada consistência. Assim como agregados de forma cubóides com superfície lisa que é o caso do seixo rolado necessitam de mais água para se obter uma dada consistência.

4.6 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO DO CONCRETO

As tabelas a seguir apresentam os resultados obtidos nos ensaios de resistência a compressão axial realizados nos corpos de provas dos traços estudados. Para avaliação de ganho de resistência dos concretos com os diferentes agregados.

Tabela 14 – Resultados das medias dos ensaios de resistência à compressão dos CPs 10x20.

Traços	07 dias (MPa)	14 dias (MPa)	28 dias (MPa)
Brita Granito	21,73	27,22	31,81
Seixo Rolado	19,12	24,42	26,65
Seixo Britado	20,81	26,73	29,98

Fonte: Próprio autor, 2019

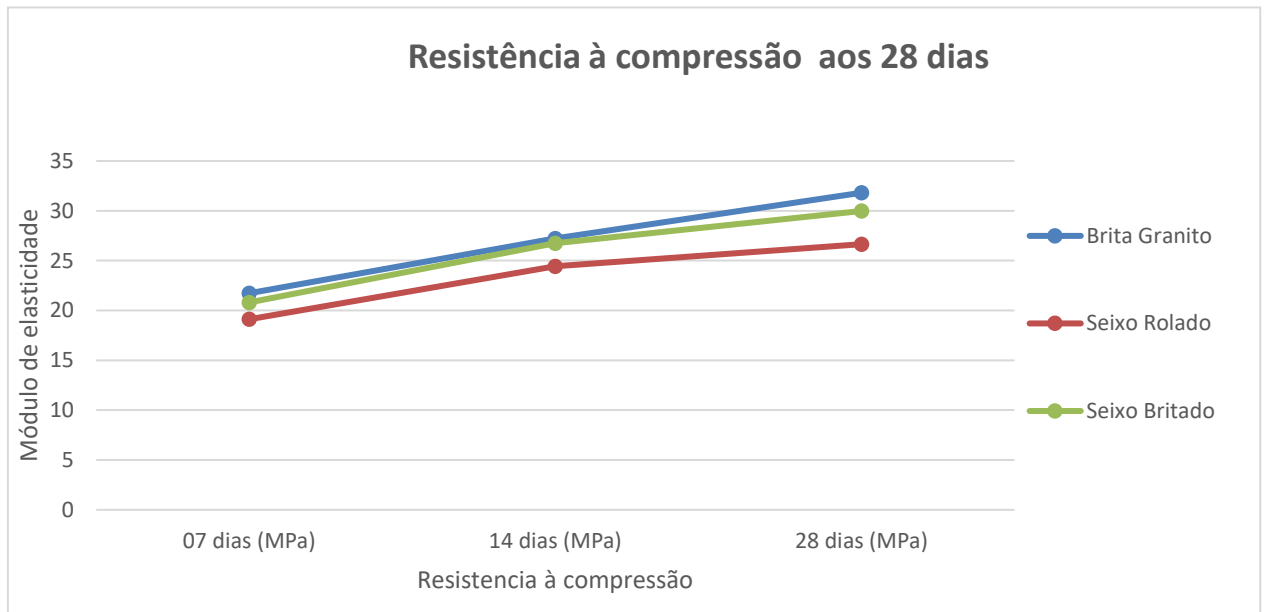
Observa-se que os valores de resistência à compressão dos concretos com seixo diminuíram em relação ao concreto com granito, para as três idades de 7, 14 e 28 dias. Assim, dependendo do tipo de agregado graúdo que se utiliza na mesma dosagem do concreto serão encontrados valores distintos de resistência à compressão para as mesmas idades.

A realização dos ensaios com idades caracterizadas ajuda estimar-se o resultado desta sobre a resistência à compressão do concreto, a idade mencionada de 7 e 14 dias permite o controle de desforma e remoção de escoramento e a idade de 28 dias possibilita o

desenvolvimento tanto da resistência à compressão como do módulo de deformação tangente inicial e do módulo de deformação secante.

Segundo Bauer (2005), os agregados industrializados, apresentam superfícies angulosas e irregulares e os efeitos dessas características estão relacionados à compacidade, trabalhabilidade e resistência mecânica dos concretos, como também, segundo Helene (1993), a geometria do grão do agregado graúdo do concreto ideal para concretos de altas resistências, é preferencialmente os agregados de geometria angulosa (brita).

Gráfico 5 - Apresenta os resultados das Resistência em função da idade dos corpos-de-prova.



Fonte: Próprio autor, 2019

Segundo ALHADAS, (2008), o formato arredondado e a superfície lisa deste agregado representam deficiências quanto se trata da aderência mecânica com a matriz do concreto e isto acaba limitando a resistência.

Tabela 15 - Resultados do ensaio à compressão axial (fc) de dois corpos de provas com 28 dias de cada tipo de agregado.

Tipo de Agregado graúdo	CP	Dim. CP(cm)	Res. MPa	Média fc (MPa)
Granito	1	150x300	31,85	30,9
Granito	2	150 x 300	29,93	
Tipo de Agregado graúdo	CP	Dim. CP(cm)	Res. MPa	Média fc (MPa)
Seixo Rolado	1	150x300	27,92	27,79
Seixo Rolado	2	150 x 300	27,66	
Tipo de Agregado graúdo	CP	Dim. CP(cm)	Res. MPa	Média fc (MPa)

Seixo Britado	1	150x300	30,14	29,70
Seixo Britado	2	150 x 300	29,25	

Fonte: Próprio autor, 2019

A tabela 15 coluna 3ª apresentamos o diâmetro de 150x300mm por demanda do aparelho é na 4ª coluna apresenta os resultados da primeira etapa do procedimento que é determinar a resistência à compressão de dois corpos-de-prova do mesmo lote em que será medido o módulo de elasticidade. Adotar a média como a resistência estimada.

Devido à sua forma arredondada, os agregados como seixo rolado e cascalhos não apresentam boa aderência à argamassa do concreto, o que faz com que suas propriedades mecânicas sejam inferiores a de um concreto produzido com agregados britados (Petrucci, 2005).

4.9 RESULTADOS DO MÓDULO DE ELASTICIDADE DO CONCRETO

Tabela 16 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão e módulo E_{cim} do concreto aos 28 dias.

Tipo de Agregado graúdo	Corpos-de- prova	25MPa	
		ϵ_c (Gpa)	f_c (MPa)
Granito	CP 1	34,23	30,22
	CP 2	33,28	29,87
	CP 3	33,15	29,06
Média (E_{cim})		34,55	29,72
Seixo Britado	CP 1	28,06	29,67
	CP 2	27,30	28,55
	CP 3	26,47	28,34
Média (E_{cim})		27,28	28,85
Seixo Rolado	CP 1	22,65	26,82
	CP 2	21,73	26,63
	CP 3	23,54	25,45
Média (E_{cim})		22,64	26,30

Fonte: Próprio autor, 2019

Aos 28 dias após a concretagem dos corpos-de-prova foram realizados os ensaios, seguindo as especificações da NBR 8522: 2007, dois corpos-de-prova foram ensaiados para a determinação da carga de ruptura e utilizado 30% da maior carga como carga limite no ensaio do módulo tangente inicial em outros três corpos-de-prova, os relatórios de resultados das resistências à compressão destes são apresentados no anexo.

Posteriormente a leitura das deformações libera-se a instrumentação se necessário e carrega-se o corpo-de-prova na mesma taxa de velocidade utilizada durante as etapas até que se produza a ruptura obtendo-se a resistência efetiva ($f_{c,ef}$). Se $f_{c,ef}$ diferir de f_c em mais de 20% os resultados dos corpos-de-prova devem ser descartados, por isso não foi possível descartar os corpos de prova da 4ª coluna da tabela 0.0 eles ficaram menos de 20% os relatórios de resultados das resistências à compressão destes são apresentados no anexo.

Tabela 17 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão e módulo de deformação tangente inicial E_{ci} e do módulo de deformação secante E_{cs} do concreto aos 28 dias. ‘Terceira etapa’

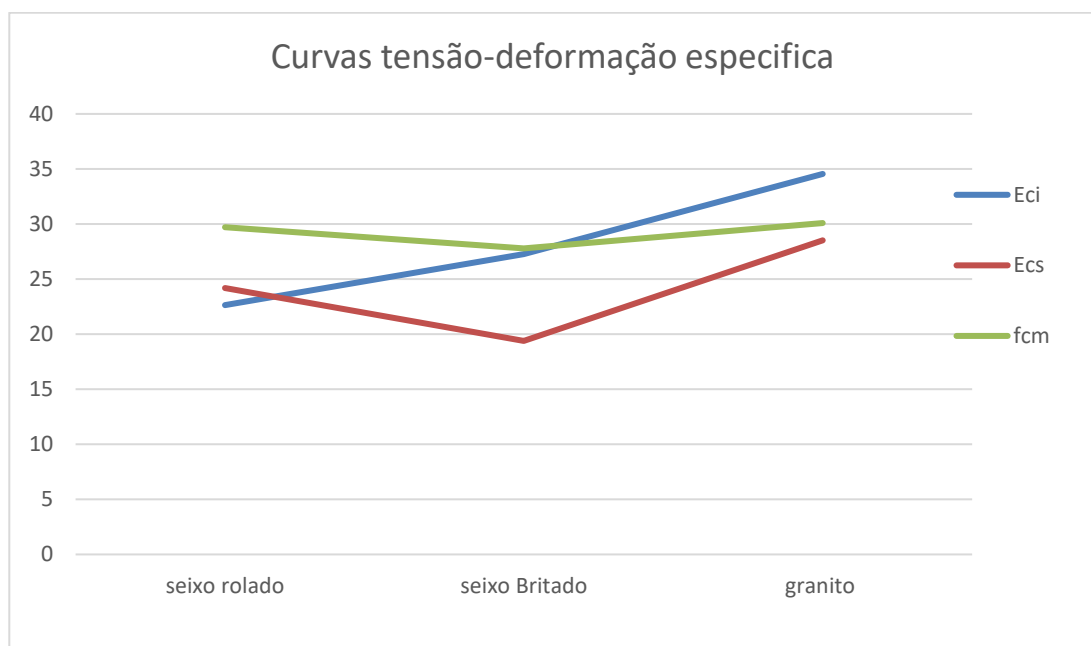
Tabela 17 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão e módulo de deformação tangente inicial E_{ci} e do módulo de deformação secante E_{cs} do concreto aos 28 dias.

Tipo de Agregado graúdo	E_{ci} , medio (GPa)	E_{cs} , medio (GPa)	f_{cm} (Mpa)
Granito	34,55	28,52	30,09
Seixo Britado	27,28	19,39	27,79
Seixo Rolado	22,64	24,19	29,70

Fonte: Próprio autor, 2019

Na Tabela 17 são apresentados os valores do f_{cm} e dos módulo de deformação tangente inicial e do módulo de deformação secante relativo a esses corpos de provas alcançados a partir do ensaio padronizado com medições de deformação feitas com o extensômetro mecânico.

Gráfico 6 - Valores de E_{cs} e E_{ci} obtidos a partir da curva tensão-deformação.



Fonte: Próprio Autor, 2019.

De acordo com Popovich (2006), a velocidade de pulso verificada em concretos de mesmo traço e com o mesmo nível de resistência, porém fabricados com diferentes tipos de agregados graúdos, pode ser diferente. Já os concretos confeccionados com cascalho arredondado apresentam menor velocidade de pulso quando comparado com concreto confeccionado com rocha calcária ou com granito que, por sua vez, apresentaram valores maiores e intermediários, respectivamente.

Segundo NEVILLE, (1997). Agregados de rochas ígnea como exemplo basalto, granitos, calcários densos e outros agregados utilizados na dosagem de concreto são normalmente densos e resistentes, o seu módulo de deformação típico varia entre 70 e 90 GPa. Em rochas sedimentares, o módulo de deformação pode ser bem inferior.

A forma como a textura do agregado graúdo influencia o módulo de elasticidade do concreto, pois quanto mais áspero e anguloso for o agregado maior será o módulo de elasticidade do concreto (NEVILLE, 1997).

Observa-se que os valores de resistência à compressão dos agregados graúdos granito ficou dentro do esperado para 28 dias. Já os agregados seixo rolado e seixo britado ficaram abaixo. Assim, dependendo do tipo de agregado graúdo que se utiliza na mesma dosagem do concreto serão encontrados valores diferentes de resistência à compressão para a mesma idade.

Dá mesma forma para os resultados do módulo de deformação tangente inicial e o módulo de deformação secante, o concreto com granito teve um resultado melhor comparando com o concreto com seixo rolado e seixo britado.

A Tabela 18 apresenta os valores de probabilidade dos resultados obtidos para o módulo de deformação secante, Ecs, e o módulo tangente inicial estarem abaixo do valor especificado pela ABNT NBR 6118 (2014).

Tabela 18 - Atualização da NBR 6118:2014. Módulo de elasticidade do concreto.

fck (Mpa)	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90
Eci (kgf / cm ²)	250440	280000	306725	331300	354175	375659	395980	433774	468530	500879	531263
Ecs revisão anterior (kgf / cm ²)	212874	238000	260716	281605	301049	319311	336583	368708	398250	425747	451573
Ecs revisão 2014 (kgf / cm ²)	212874	241500	268384	294029	318758	342789	366281	412085	456815	500879	531263
Diferença (%)	0,00%	1,47%	2,54%	4,41%	5,88%	7,35%	8,82%	11,76%	14,71%	17,65%	17,65%

Fonte ABNT NBR 6118:2014

4.10 RELAÇÃO ECS/ECI COM O USO DAS EQUAÇÕES DA NORMA

O módulo de elasticidade obtido pela equação da norma o módulo de deformação tangente inicial e o módulo de deformação secante obtido aos 28 dias de idade.

Tabela 19 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão e módulo de deformação tangente inicial E_{ci} e do módulo de deformação secante E_{cs} do concreto aos 28 dias, com uso a equação da norma NBR 6118:2014.

Tipo de Agregado graúdo	E_{ci} , medio (GPa)	E_{cs} , medio (GPa)	f_{cm} (Mpa)
Granito	31,18	26,20	30,09
Seixo Rolado	29,47	25,05	27,79
Seixo Britado	30,51	25,94	29,70

Fonte: Próprio autor, 2019

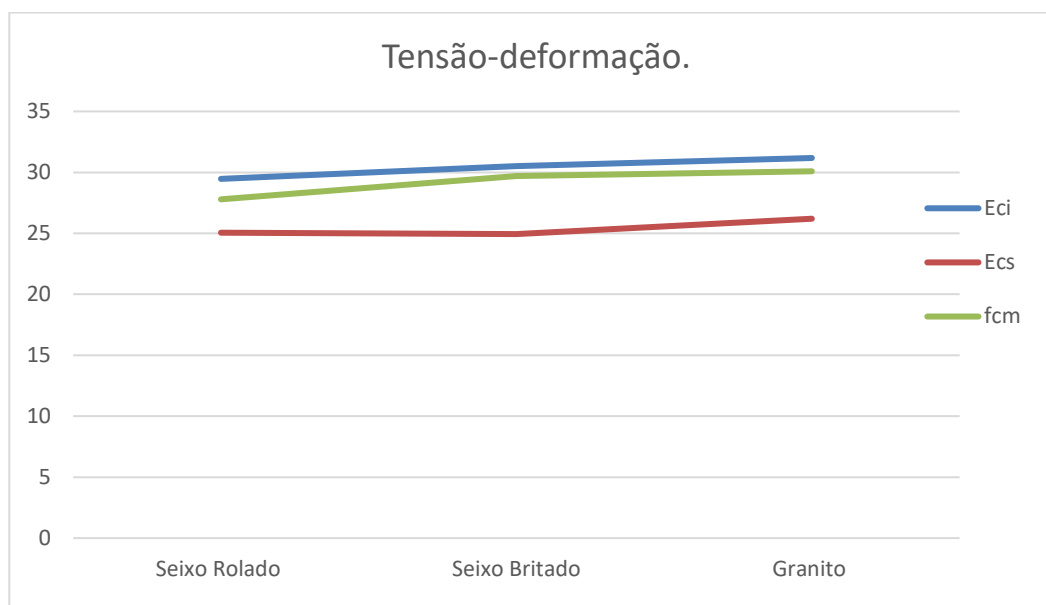
O tipo de agregado graúdo obtido pela equação da norma NBR 6118:2014, em nível de resistência com a equação apresentam influência significativa para na idade de 28 dias. Diante desse resultado, tem-se que o tipo de agregado graúdo é o fator que mais influência no módulo tangente inicial e o módulo de deformação secante do concreto.

$$E_{ci} = 5600 \cdot \sqrt{f_{ck}}$$

$$E_{cs} = 0,85 \cdot 5600 (f_{ck})^{(1/2)} = 4760 (f_{ck})^{(1/2)}$$

De acordo com os resultados pode-se dizer que o agregado granito obtém concretos com o módulo de deformação tangente inicial com valores maior que o agregado seixo rolado, e o agregado seixo britado obtém concretos com módulo de deformação tangente inicial e com o modulo de deformação secante maior que o seixo rolado.

Gráfico 7 - Comparativo dos módulos obtidos pela equação da NBR 6118 :2014.



Fonte: Próprio Autor, 2019.

Com os resultados e as equações obtidas foi elaborada a gráfico 3 que relaciona graficamente os três agregados com ensaios aos 28 dias de idades com a equação da norma NBR 6118 (ABNT, 2014).

4.11 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

Resultados dos ensaios de absorção de água, e massa específica seca e saturada estabelecido pela NBR-9778 ABNT, 2009.

Tabela 20 – Resultados dos ensaios de absorção, massa específica seca e saturada.

Traço	Absorção de água (%)	Massa específica seca g/cm³	Massa específica saturada g/cm³
Granito	5,38	2,332	2,415
Seixo Rolado	6,16	2,277	2,365
Seixo Britado	5,92	2,322	2,406

Fonte: Próprio autor, 2019

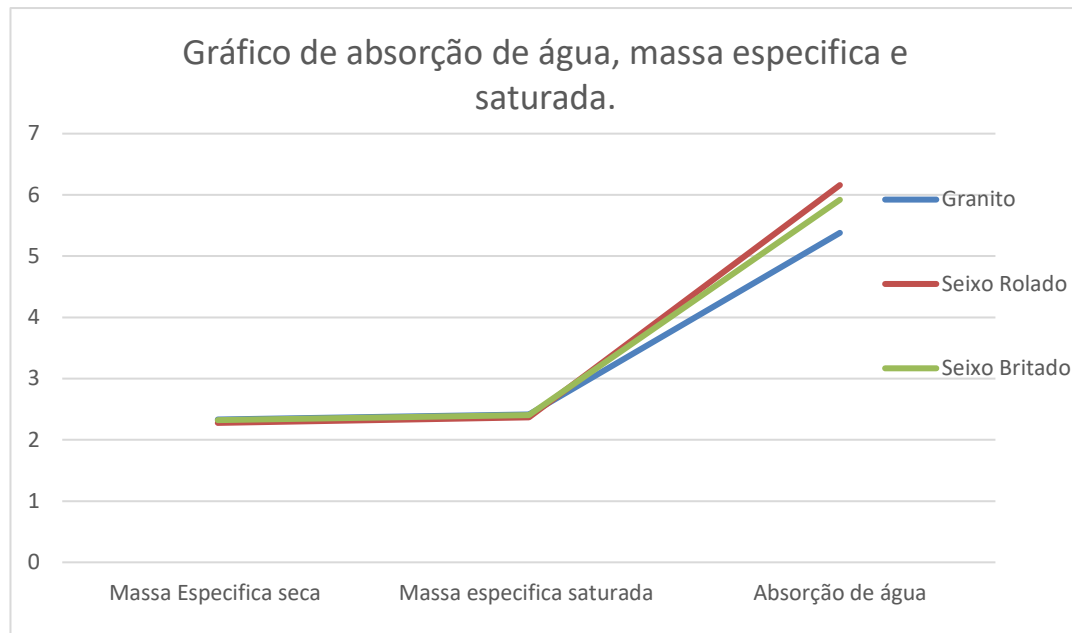
Segundo, ABNT NBR 9778:2009. O ensaio mede o teor de absorção de água pelo concreto, é importante pois este é uma relação que é diretamente ligada á durabilidade do concreto, quanto menos permeável o concreto menor a possibilidade de deterioração por agentes externos como: cloretos e outros materiais agressivos.

Conforme tabela 20 o teor de absorção representa valores diferentes entre o concreto com granito, concreto com seixo rolado e com o seixo britado destaque para o Granito que ficou com o menor valor de absorção. E a diferença da massa especifica saturada com a seca ficou relativamente menor, devido a sua composição mineralógica.

Segundo Mehta e Monteiro (2008), para efeitos de dosagem, é indispensável que se conheça o espaço ocupado pelas partículas do agregado, incluindo os poros existentes dentro das partículas, sendo suficiente determinar a “massa específica”, massa do material, abrangendo os poros internos por unidade de volume. Ainda de acordo com esse autor, a absorção permite entender as características da massa específica, sendo determinada medindo-se o aumento de peso de uma amostra, antecipadamente seca em estufa e, em seguida, imersa em água. A relação entre esse acréscimo e a massa da amostra seca, mostra, em percentual, a quantidade de água absorvida. Por isso que o seixo que é uma rocha sedimentar tem uma absorção maior do que o granito, o seixo em relação a massa saturada e a massa seca teve uma perda de 88 gramas e o granito de 23 gramas, vemos que o concreto com granito absorve menos agua do que o concreto com seixo rolado. E o concreto com seixo britado ficou com 53 gramas menor ainda do que o seixo rolado.

MEHTA, P. K. & MONTEIRO, (1994), afirmam que ao contrário das rochas ígneas nas quais a porosidade é mínima, as rochas sedimentares clásticas, possuem porosidade geralmente moderada a alta.

Gráfico 8 - apresenta os teores de absorção de água para os traços estudados.



Fonte: Próprio autor, 2019

Pede-se considerar que o agregado granito contribuiu com a diminuição da absorção de água pelo concreto.

5.0 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da análise dos resultados foi verificado que a resistência à compressão é influenciada pelo nível de resistência e o tipo de agregados graúdos adotados. Porém cada agregado graúdo estudado por essa análise apresentou uma influência com um determinado coeficiente sobre a resistência à compressão do concreto.

Ao extenso da pesquisa averiguou-se alterações na resistência à compressão na ordem dos agregados granito, seixo rolado e seixo britado usando a mesma dosagem para todos. Comprova diferença expressiva especialmente com os resultados do concreto dosado com o agregado granito.

O ensaio apontou o tipo litológico do agregado graúdo como um fator importante nos resultados da resistência à compressão e módulo de deformação tangente inicial e do módulo de deformação secante do concreto, contudo, não na mesma proporção.

Com embasamento nas considerações supracitadas, foi a classe geológico do agregado graúdo que influenciou nos níveis de resistência seguidos tanto na idade de 7, 14 dias quanto na idade de 28 dias. Diante dos resultados da análise tem-se que o tipo de agregado graúdo é o fator mais influência sobre o módulo tangente inicial do concreto e módulo de deformação secante.

A análise feita com extensômetro mecânico de base fixa mostrou um resultado superior dos módulos de deformação, do que a análise feita adotando a equação aceita pela NBR 6118 (ABNT, 2014), portanto os concretos com seixo rolado e o seixo britado obtiveram valores de módulo de deformação menores que os do ensaio com extensômetro mecânico.

Está evidente que a valorização do controle do módulo de deformação com a realização dos ensaios em laboratórios habilitados provendo, assim, elementos importantes para maior controle de engenharia das estruturas de concreto.

Conclui-se também que o seixo rolado e o seixo britado têm influência expressiva no aumento do teor de absorção de água do concreto produzido.

Dos valores encontrados para a absorção dos agregados, observa-se que a brita, em consequência da sua porosidade, característica dos agregados graníticos, apresentou valores mais altos quando comparados com o seixo rolado, justificando-se a diferença devido à sua superfície lisa e polida. Essas características influenciam na correção do fator água-cimento do concreto e no teor de argamassa, consequentemente na trabalhabilidade do concreto, quando fabricados para os mesmos valores de abatimento de tronco de cone (100 ± 20 mm).

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM ISO 3310-2. **Peneiras para ensaios - Especificações**. Rio de Janeiro, 1997.

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

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211. **Agregado para Concreto – Especificações**, Rio de Janeiro, 2013.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215. **Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 1996.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7216. **Amostragem de agregados – Métodos de ensaios**. Rio de Janeiro, 1987.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8522. **Concreto – Determinação do Módulo estático de elasticidade à compressão**, São Paulo, 2017.

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

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248. **Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 26. **Agregados – Amostragem**. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 51. **Agregado Graúdo – Ensaio de abrasão “Los Angeles”**. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 53. **Agregado Graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água**. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67. **Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1998.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 77. **Concreto – Preparação das bases dos corpos-de-prova e testemunhos cilíndricos para ensaios de compressão**. Rio de Janeiro, 1996.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM-ISO 7500-1. **Máquina de ensaio de tração e compressão – Verificação**. Rio de Janeiro, 2004.

ANDRADE, E.F.R. et al. **Concretos: massa, estrutural, projetado e compactado com rolo**. São Paulo: Pini, 1997.

BARBOSA, ISA LORENA SILVA, **Influência dos Agregados Graúdos da Região de Goiânia no Módulo de Deformação Tangente Inicial do Concreto**. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Civil da escola de Engenharia da Universidade Federal de Goiás para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Tecnologia do Concreto. <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/680/1/Dissertacao%20Isa%20Lorena>. Acesso em: 20 jan. 2019.

BATTAGIN, Inês Laranjeira da Silva. **Módulo de Elasticidade do Concreto como analisar e especificar**. Disponível em: < http://www.abece.com.br/Eventos_EM_3_2007.pdf >. Acesso em: 08 de março de 2019

BEER, F. P.; JOHNSTON Jr, E. R. J. **Resistência dos materiais**. 3º Ed. São Paulo: MAKRON Books do Brasil Editora Ltda, 1995.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **Testing aggregates. Methods for determination of particle size and shape**. BS 812: Part 1, London, 1975.

CABRAL, KEILLON OLIVEIRA. **Influência da areia artificial oriunda da britagem de rocha granito-gnaiss nas propriedades do concreto convencional no estado fresco e endurecido**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Goiás, 2007.

CARRASQUILLO, R. L.; NILSON, A. H.; SLATE, F. O. **Properties of High Strength Concrete Subject to Short-Term Loads**. ACI Journal, v.78, May/June, 1981.

CLEMENTE, CELSO A. **Curso de especialização em gerenciamento ambiental**. Piracicaba, 2004.

COSTA, Angélica C. M; PRADO, Pedro P. F. **Influência dos agregados graúdos do estado de Goiás no módulo de deformação do concreto**. Anápolis, 2001. Monografia (Graduação) – Coordenação de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Goiás.

CUNHA, C. H. M. **Deformabilidade das estruturas de concreto: impacto da variabilidade do módulo de elasticidade secante e da resistência à tração, decorrente das modificações dos materiais, cimentos e agregados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

CUNHA, Carlos Alberto Meira Carneiro da, et al. **Estudos da resistência à compressão e módulo de elasticidade em concretos com diferentes traços**. In: 48º Congresso Brasileiro do Concreto CBC 2006. IBRACON, Rio de Janeiro, 2006. Anais.

DAL MOLIN, D. C. **Contribuição ao estudo das propriedades mecânicas dos concretos de alta resistência com e sem adições de sílica ativa**. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 1995.

DAL MOLIN, Denise Carpena C. **Adições minerais para concreto estrutural**. In: ISAIA, Geraldo C. (Ed.). **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**, São Paulo: IBRACON, 2005. Vol. I.

ERNST, W.G.; Evaristo Ribeiro Filho [Trad.]. **Minerais e rochas**. Traduzido do original: EARTH MATERIALS. São Paulo: Edgard Blucher, 1971. 162 p.

FARIAS, Luciana dos A.; Muniz, Francesca C. et al. **Correlação entre o módulo de elasticidade e a resistência à compressão de cad e de concreto convencional**. 46º Congresso Brasileiro de Concreto, 2004. **Anais**.

FERREIRA, R., CASTRO, A., COUTO A. P., BRAUN, V., CASCUDO, O. **Avaliação da resistência à compressão, módulo de deformação e absorção de água de concretos contendo adições minerais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 46º. 2004, Florianópolis. **Anais**. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2004. CD-ROM.

FIGUEIREDO, Enio Pazini. **Inspeção e diagnóstico de estruturas de concreto com problemas de resistência, fissuras e deformações**. In: ISAIA, Geraldo C. (Ed.).

FURNAS – Centrais Elétricas de Furnas. **Concreto – Ensaio e propriedades**. Goiânia. 1999.

FURNAS Centrais Elétricas S. A. **Relatório DCT.T.01.057.2003-RO**. Departamento de Apoio e Controle Técnico Laboratório de Concreto, 2003.

GALLETTO, Adriana; et al. **Efeito do calor sobre a resistência à compressão, módulo de elasticidade e colaboração de concretos convencionais e de alta resistência**. In: 44º Congresso Brasileiro do Concreto – (IBRACON). Belo Horizonte – MG, 2002. **Anais**.

GONÇALVES, Andréia Barbosa, et al. **Avaliação do módulo de elasticidade do concreto C30 convencional com seixo rolado da região norte**. In: 48º Congresso Brasileiro do Concreto CBC 2006. IBRACON, Rio de Janeiro, 2006. **Anais**.

IPR Publ. 719, **Manual de Pavimentação**. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 3ed. Rio de Janeiro. 2006.

JACINTO, Ana Elisabete P. G. de A.; GIONGO, José Samuel. **Resistência Mecânica do Concreto. Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**. In: ISAIA, Geraldo C. (Ed.). São Paulo: IBRACON, 2005, Vol. I. Disponível em: www.fumec./revistas/construindo/Article/download/1711/1081. Acesso em: 22 Fevereiro. 2019.

MEHTA, P. K. & MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: Pini, 1994.

MELO NETO, A. A.; HELENE, P. R. L. **Módulo de Elasticidade: dosagem e avaliação de modelos de previsão do módulo de elasticidade de concretos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 44º., 2002, Belo Horizonte. **Anais**. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2002. CD-ROM.

MILNE, T. I.; ALEXANDER, M. G. **Influence of cement blend and aggregate type on stress-strain Behavior and Elastic Modulus of concrete**. ACI Materials Journal, Technical Paper, V. n° 92-M24. May-June, 1995.

MORALES V. J.; CABALLERO L. T. ; JUÁREZ A.; ORTIZ M. **Modulo de elasticidad del concreto hidráulico empleado em la construccion, em la ciudad de Oaxaca, OAX.** CONPAT, Vol I, Control de Calidad, ISBN 968-464-133-8, 2003, México.

NEVILLE, Adam Mathew. Propriedades do concreto. Trad. Salvador E. Giammusso 2 Ed. São Paulo: Pini, 1982.

NUNES, Fábio Wendell da Graça. **Resistência e módulo de elasticidade de concretos usados no Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

PACHECO, Ronaldo Feu Rosa. **Análise do módulo de elasticidade e resistência à compressão de concretos produzidos em centrais na Grande Vitória.** Vitória, 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

PEREIRA NETO, P. M. P. & DJANIKIAN, J. G. **Algumas características do módulo de elasticidade de concretos de alta resistência.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 37º.. Anais. Goiânia, 1995.V. 1.

RENATA D'AGOSTINO DE MARCHI, **Estudo sobre a variabilidade do módulo de deformação do concreto associada a fatores intrínsecos à produção do material.** Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia Área de Concentração: Engenharia de Construção Civil e Urbana. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde.../Dissertacao_RenataDeMarchi. Acesso em: 20 Jan. 2019

RODRIGUES JÚNIOR, S.J. (2005). **Otimização de pilares de edifícios altos de concreto armado.** Rio de Janeiro. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

RODRIGUES, Giana Sousa Sena. **Módulo de deformação estático do concreto pelo método ultrassônico: estudo da correlação e fatores influentes.** Goiânia, 2003. Dissertação (Mestrado) – Coordenação de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás.

SHEHATA, Lídia Domingues. Deformações instantâneas do concreto. In: ISAIA, Geraldo C. (Ed.). **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**, São Paulo: IBRACON. 2005.

SILVA, Karla Jackeline da. **Estudo do comportamento do módulo de deformação de concretos, com um ano de idade, produzidos com diferentes tipos de agregados graúdos.** Goiânia, 2003. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Coordenação da área de Construção Civil, Centro Federal de Educação Tecnológico de Goiás.

TEIXEIRA, LUCIANO MARTINS. **Contribuição para o estudo da durabilidade de concretos de cimento e polímeros.** Universidade federal de Goiás. Goiânia. 2000.

VAN VLACK, L. H. **Princípios de ciência dos materiais.** 13º Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1970.

VASCONCELOS, A. C.; GIAMMUSO, S. E. **O misterioso módulo de elasticidade.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 40º, 1998, Rio de Janeiro. Anais. São ALHADAS, M. F. Estudo da influência do agregado graúdo de diferentes origens mineralógicas nas propriedades mecânicas do concreto. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. Brasil, 2008.

Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 1998.

CopySpider Scholar

Documentos candidatos

professor.pucgoias.e... [1,51%]

unochapeco.edu.br/ci...
[1,35%]

coc.ufrj.br/en/docum... [1,23%]

freitag.com.br/files... [1,22%]

unochapeco.edu.br/st...
[1,19%]

mapadaobra.com.br/ca...
[0,22%]

abntcatalogo.com.br/... [0,05%]

britagemcascalheira.... [0,02%]

alicante.com.br/3425... [0,02%]

pedrasrampeloti.com.... [0%]

Arquivo de entrada: TCC II - MILLER FORMATADO II PARA PLAGIO 1.pdf (3611 termos)

Arquivo encontrado		Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)
professor.pucgoias.e...	Visualizar	2541	92	1,51
unochapeco.edu.br/ci...	Visualizar	4185	104	1,35
coc.ufrj.br/en/docum...	Visualizar	31141	423	1,23
freitag.com.br/files...	Visualizar	2519	74	1,22
unochapeco.edu.br/st...	Visualizar	28107	374	1,19
mapadaobra.com.br/ca...	Visualizar	875	10	0,22
abntcatalogo.com.br/...	Visualizar	199	2	0,05
britagemcascalheira....	Visualizar	501	1	0,02
alicante.com.br/3425...	Visualizar	440	1	0,02
pedrasrampeloti.com....	Visualizar	405	0	0