



Artigo submetido ao Curso de Engenharia Civil da UNESC -
como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Civil



ESTUDO EXPERIMENTAL DA INFLUÊNCIA DO AGREGADO GRAÚDO DE DIFERENTES ORIGENS MINERALÓGICAS NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO

Vitor Hugo Anselmo de Mattia(1); Alexandre Vargas(2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1)vitorhugo_am@hotmail.com; (2)avargas@unesc.net

RESUMO

A NBR 6118:2014 atualizou o cálculo estimado do módulo de elasticidade, inserindo um coeficiente (αE), que leva em consideração a origem geológica do agregado graúdo. Ela estabelece valores fixos para cada tipologia de rocha, quais sejam: basalto e diabásio 1,2; granito e gnaiss por 1,0; calcário por 0,9 e arenito por 0,7. O principal objetivo do estudo foi verificar por meio de ensaios mecânicos esses valores com amostras obtidas de diferentes cidades do sul do Brasil localizadas no estado de: PR, SC, RS. As amostras analisadas foram misturadas à partir de três traços de referência, e foram ensaiadas à compressão simples e determinação do módulo de elasticidade na idade de 28 dias após a confecção. Os resultados experimentais apresentaram valores variando, em relação aos valores da norma, para cada tipo de rocha: basalto cerca de 3,33% maior; diabásio cerca de 5,83% maior; granito 2,77% menor; gnaiss 25,00% maior e calcário 31,11% maior.

Palavras-Chave: Agregado graúdo. Módulo de elasticidade. Concreto.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento técnico do concreto é de essencial importância para a segurança e execução de uma obra. Com o passar dos anos, o avanço das tecnologias e inovações na sua composição, o estudo do concreto passou a ser cada vez mais importante.

De acordo com MARTINS (2008), o aumento das resistências dos concretos possibilitou a construção de edifícios mais altos, agilidade na execução de obras, as estruturas tornaram-se mais esbeltas com maior arrojo arquitetônico, houve a adoção de vãos maiores e o uso de seções transversais dos elementos estruturais

cada vez menores, porém suportando as mesmas cargas que antes eram suportadas por elementos com maiores áreas de seção transversal.

GEYER (2006) ressalta que a qualidade final de uma estrutura de concreto depende tanto do controle de suas propriedades no estado fresco como no seu estado endurecido. Porém, muitas vezes, o controle tecnológico se restringe aos ensaios de resistência à compressão simples, como se somente este parâmetro pudesse garantir a qualidade do concreto. Nessa direção, o módulo de elasticidade é outra propriedade mecânica muito importante do concreto para análise quanto a sua capacidade de deformar. O equívoco ao ser dimensionado podem ocorrer consequências, como deformações excessivas e, no caso extremo, colapso.

O módulo de elasticidade pode ser definido como sendo a relação entre a tensão aplicada e deformação instantânea abaixo de um limite proporcional adotado (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Segundo Cupertino (2007)

“A importância que o módulo de elasticidade do concreto representa para considerações de deformações estruturais tem motivado várias pesquisas nos últimos anos isto decorre, principalmente, do crescimento da utilização de matérias e técnicas relativamente recentes, como concretos com fibras, concreto auto adensáveis, concreto de alto desempenho, entre outros.”

A análise da resistência à compressão do concreto, o módulo de elasticidade e outros parâmetros que expressam as condições de estado limites de uma estrutura passou a ser muito importante para que possamos nos aproximar do cálculo estrutural de maneira exata, conferindo o comportamento real dos materiais.

A NBR 6118:2014, trouxe inovações na estimativa do módulo de elasticidade, onde os tipos de agregados graúdos conferem diferentes coeficientes para sua classificação de acordo com sua origem mineralógica, sendo o Basalto e Diabásio representados pelos valores de 1,2; granito e gnaisse por 1,0; calcário por 0,9 e arenito por 0,7. Esses coeficientes são representados pela letra αE na equação que estima o Módulo (Equação 3 apresentada no item 2.7 deste artigo).

Nessa perspectiva, essa pesquisa tem como objetivo, analisar a resistência à compressão e o módulo de elasticidade de um concreto, utilizando agregados graúdos com diferentes origens mineralógicas, através dos ensaios normalizados pelas NBR 8522: 2008 e NBR 5739: 2007, tentando relacionar os resultados

experimentais com os parâmetros preconizados pela NBR 6118: 2014 para os coeficientes estimados para cada tipologia de rocha no valor do módulo de elasticidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

No estudo foram realizadas três misturas para cada material, sendo feito dois testes: Resistência à Compressão Axial e Módulo de Elasticidade. Por fim os valores encontrados foram aplicados na equação proposta pela NBR 6118:2014 a fim de se chegar aos coeficientes estimados pela mesma. Os concretos utilizados para a confecção dos corpos de prova (CP) foram produzidos no Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC), localizado no Iparque, da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). A Figura 1 apresenta o fluxograma das ações desenvolvidas nessa pesquisa.

Figura 1: Fluxograma das atividades desenvolvidas



Fonte: Autor, 2017

2.1 Materiais

2.1.1 Cimento

Foi utilizado o Cimento Portland Pozolânico (CP IV), cujas características abrangem os requisitos exigidos pela norma NBR 5736: 1991. Material que possui em sua composição 15% a 50% de material pozolânico. É um cimento pouco poroso, possuindo resistência a ação da água do mar e de esgotos, resistente a ambientes agressivos. Possui baixo calor de hidratação e devido à cura mais lenta o torna indicado para a concretagem de grandes volumes.

2.1.2 Agregado miúdo

Para realizar o estudo foi escolhido como agregado miúdo a areia média lavada com massa específica de 2,60 g/cm³ e módulo de finura igual a 2,36 determinadas de acordo com a NBR NM 52: 2003 e NBR NM 248: 2003 respectivamente.

2.1.3 Agregados graúdos

Nessa pesquisa foram usados seis tipos diferentes de agregados, sendo eles: basalto, diabásio, granito, gnaisse, calcário e arenito, todos classificados como brita 01. Foram verificadas as propriedades de cada material, como massa específica na condição seca, absorção e a massa unitária do agregado no estado solto, como preconiza a NBR NM 53: 2003 e NBR NM 45: 2006, sequencialmente. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 1: Características dos agregados graúdos.

Propriedades dos Materiais	Basalto	Diabásio	Granito	Gnaisse	Calcário	Arenito
Massa específica (g/cm ³)	2,947	2,916	2,617	2,680	2,834	1,990
Massa unitária (g/cm ³)	1,627	1,630	1,430	1,463	1,608	1,244
Absorção (%)	0,74	1,01	0,49	0,85	0,49	11,37

Fonte: Autor, 2017

A determinação da composição granulométrica foi realizada de acordo com NBR NM 248: 2003 e está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Composição Granulométrica dos agregados graúdos.

Abertura das peneiras (mm)	% Média Retida Acumulada					
	Basalto	Diabásio	Granito	Gnaisse	Calcário	Arenito
25	-	-	-	-	-	-
19	3,89	3,61	2,73	2,37	2,35	4,01
12,5	67,90	65,22	59,57	49,91	46,89	65,00
9,5	93,01	94,22	92,77	89,08	98,46	94,59
6,3	99,46	99,99	99,94	99,36	99,95	99,89
4,75	99,78	100	99,98	100	99,99	100
Fundo	100	100	100	100	100	100
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Qnt de Material (g)	5000,00	5000,00	5000,00	5000,00	5000,00	5000,00
Diâmetro Máximo (mm)	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
Modulo de Finura (mm)	3,64	3,63	3,55	3,41	3,48	3,63

Fonte: Autor, 2017

A Figura 2 apresenta o aspecto visual de cada tipologia de agregado graúdo utilizado na composição dos diferentes traços.

Figura 2: Agregado Graúdo



Fonte: Autor, 2017.

Esses materiais foram extraídos de diferentes regiões do sul do Brasil, sendo encontrados através da análise de cartas geológicas presentes no site da CPRM (Serviço Geológico do Brasil). Na Tabela 3 é possível identificar as localidades de origem de cada rocha.

Tabela 3: Local de extração de rochas.

Tipo de Rocha	Cidade
Basalto	Morro Grande - SC
Diabásio	Maracajá - SC
Granito	Treze de Maio - SC
Gnaiss	Vila Nova do Sul - RS
Calcário	Rio Branco do Sul - PR
Arenito	Sombrio - SC

Fonte: Autor, 2017

2.2 Dosagens

Conforme dosagem preestabelecida os materiais utilizados na produção do concreto foram separados de acordo com a indicação da tabela 4.

Tabela 4: Dosagem do concreto (Basalto, Diabásio, Granito, Gnaiss, Calcário e Arenito).

Dosagem	Traço	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita (kg)	Água (kg)
1	1:3,40:3,60:0,61	5,5	18,7	19,8	3,37
2	1:2,74:3,06:0,53	7,14	19,57	21,85	3,78
3	1:1,20:1,80:0,40	11	13,2	19,8	4,36

Fonte: Autor, 2017

As misturas de concreto foram originadas a atingir resistência à compressão de 30 MPa, 40 MPa e 50 MPa. Sendo assim, foram determinado três diferentes tipos de traços, utilizado para cada tipo de agregado graúdo.

2.3 Preparações dos corpos de prova

Os corpos de prova ensaiados tem a dimensão de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura, cumprindo os requisitos impostos pela NBR 5738: 2015, de $L/d = 2$, com diâmetro maior que quatro vezes a dimensão máxima do agregado graúdo.

Inicialmente os moldes dos corpos de prova foram revestidos com uma fina camada de óleo mineral e moldados em uma superfície plana e rígida. O traço utilizado foi pré-determinado, sendo, o abatimento do concreto diferente para cada amostra, de maneira a possibilitar o adensamento manual com duas camadas, ambas com doze golpes.

Ao moldar os corpos de prova observou-se a impossibilidade da utilização do agregado graúdo composto por arenito, pois o material possui grande capacidade de absorção, o que impossibilitou a concretagem do mesmo, ficando a água utilizada no ensaio servindo apenas para hidratar o agregado graúdo. Não foi possível adicionar mais água, pois já foi predeterminado que a relação água/cimento não seria modificada no decorrer do estudo. Todos os resultados dos ensaios de abatimento estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Ensaio de abatimento (cm).

Dosagem	Basalto	Diabásio	Granito	Gnaisse	Calcário
1	8,50	6,50	7,00	6,00	8,50
2	8,00	11,00	9,00	10,50	11,00
3	12,00	12,00	10,00	9,50	12,00

Fonte: Autor, 2017.

Após a moldagem, as amostras foram submetidas à cura, sendo armazenadas em material não absorvente, durante as primeiras 24h. Na sequência, foram removidas do molde e colocadas em um tanque de água com solução saturada de hidróxido de cálcio, até o momento do ensaio.

Para obter resultados de maneira a atender as especificações técnicas, o equipamento e as faces de cada amostra foram limpos e foi verificado se o mesmo estava devidamente posicionado no equipamento.

2.4 Equipamentos

Os equipamentos utilizados para os ensaios de testes de compressão axial foi à prensa hidráulica da marca EMIC, modelo PC200I (Figura 4a). Já para os para os ensaios do módulo de elasticidade, foi utilizada à prensa hidráulica da marca EMIC modelo PC200CS, com capacidade máxima de 200 toneladas (Figura 4b). As duas prensas são acopladas a um computador com software TESC - Test Script, para obtenção dos resultados.

Figura 4: Equipamentos utilizados para os ensaios.



Fonte: Autor, 2017.

2.5 Resistência à compressão

Na determinação da resistência à compressão do concreto foram utilizados quatro corpos de prova similares, pertencentes da mesma betonada. As amostras foram ensaiadas obedecendo a NBR 5739:2007. Os ensaios tiveram início no prazo

estabelecido no estudo de 28 dias, não ultrapassando o limite de tolerância imposta por norma de 24h. Para realização do ensaio o material foi carregado continuamente, com velocidade de $0,45 \pm 0,15$ Mpa, sendo mantida até sua ruptura.

A resistência à compressão através da equação 1:

$$F_c = (4 * F) / (\pi * D^2) \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

F_c é a resistência à compressão (Mpa)

F é a força máxima alcançada (Newtons)

D é o diâmetro do corpo de prova (Milímetros)

2.6 Módulo de Elasticidade

Para determinação do módulo de elasticidade foram produzidos quatro corpos de prova similares, pertencentes da mesma betonada, e ensaiados segundo a ABNT NBR 8522: 2008 estas que apresenta duas metodologias para obtenção de seus valores. Para este estudo foi utilizado a Metodologia A - Tensão fixa, processo esse dividido em quatro etapas. Esse método pode ser utilizado, pois a tensão de ruptura já era conhecida através dos ensaios de resistência à compressão. O módulo de elasticidade, E_{ci} é determinado pela equação 2:

$$E_{ci} = (\sigma_b - \sigma_a) / (\epsilon_b - \epsilon_a) \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

σ_b é a tensão maior e é igual a 0,3 da tensão de ruptura;

σ_a é a tensão básica e é igual a 0,5 MPa;

ϵ_b é a deformação específica média do corpo de prova sob a tensão maior;

ϵ_a é a deformação específica média do corpo de prova sob a tensão básica.

2.7 Expressão de estimativa

Como o objetivo principal da pesquisa é verificar os valores estimados de cada material segundo a equação apresentada pela NBR 6118: 2014, apresentamos a Equação 3 que expressa o valor estimado do módulo de elasticidade inicial (E_{ci}):

$$E_{ci} = \alpha E * 5600 * \sqrt{f_{ck}}$$

Equação 3

Onde:

$\alpha E = 1,2$ para basalto e diabásio

$\alpha E = 1,0$ para granito e gnaisse

$\alpha E = 0,9$ para calcário

$\alpha E = 0,7$ para arenito

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 6 apresentam os resultados de resistência à compressão. A Figura 5 apresenta a representação gráfica para uma melhor visualização dos resultados. Cada valor visualizado representa a média dos quatro corpos de prova utilizados no estudo, com suas respectivas dosagens.

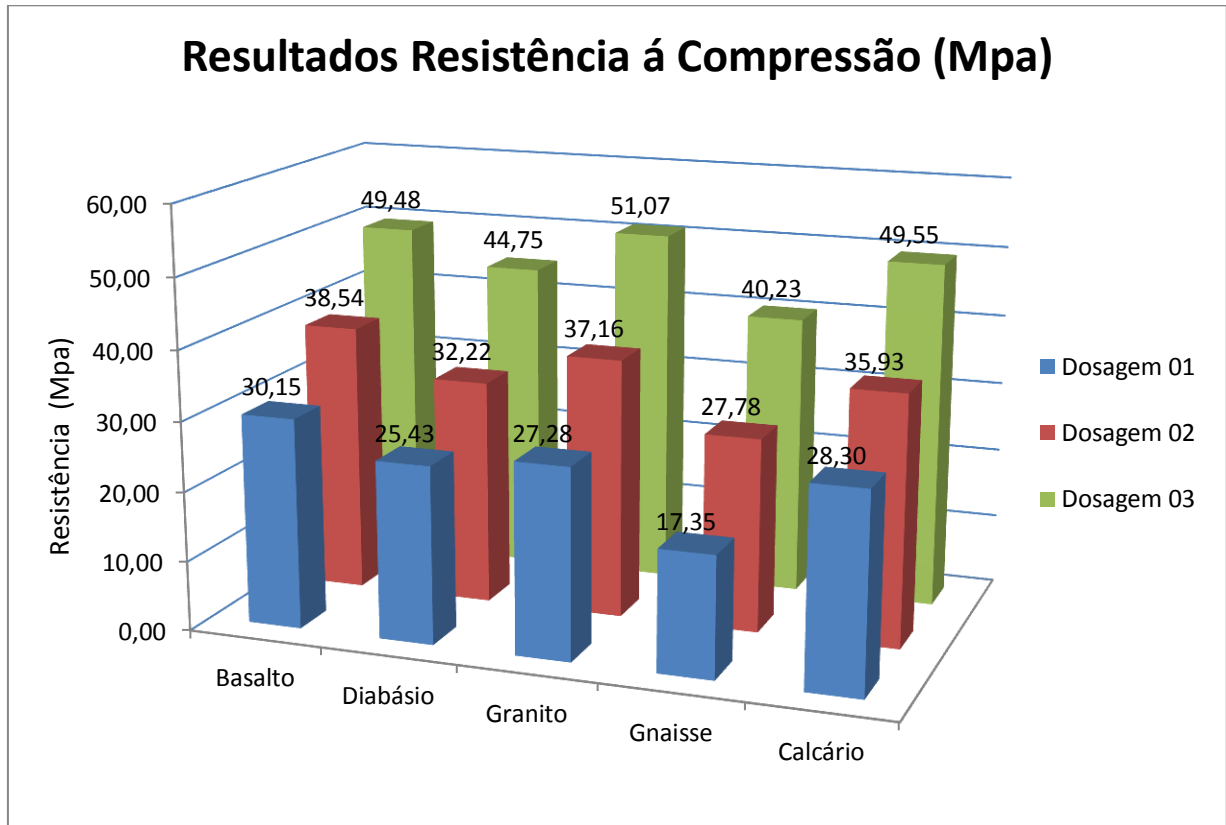
Tabela 6: Resultados resistência à compressão (Mpa)

Ensaio	Amostras	Basalto	Diabásio	Granito	Gnaisse	Calcário
Dosagem 1	CP 1	29,00	26,20	26,80	18,50	26,70
	CP 2	30,70	25,00	27,30	17,90	28,30
	CP 3	29,90	25,10	27,30	16,10	27,90
	CP 4	30,90	25,40	27,80	16,90	27,80
	Média	30,15	25,43	27,28	17,35	28,30
	Desvio Padrão	0,87	0,54	0,41	1,06	0,68
Dosagem 2	CP 1	40,10	31,80	36,80	29,20	36,60
	CP 2	37,10	32,00	36,90	25,80	35,30
	CP 3	38,20	32,30	37,40	27,10	36,80
	CP 4	38,70	32,70	37,60	29,00	35,00
	Média	38,54	32,22	37,16	27,78	35,93
	Desvio Padrão	1,24	0,39	0,39	1,62	0,91
Dosagem 3	CP 1	48,50	44,50	49,10	37,80	49,10
	CP 2	50,70	45,30	50,80	40,80	49,10
	CP 3	50,20	45,50	51,90	41,60	49,40
	CP 4	48,60	43,70	52,50	40,70	50,60
	Média	49,48	44,75	51,07	40,23	49,55
	Desvio Padrão	1,12	0,82	1,49	1,67	0,71

Fonte: Autor, 2017.

A análise das tabelas em conjunto com a Figura 5 revela que houve influência dos tipos de agregados graúdos nas resistências dos concretos.

Figura 5: Comparação da resistência à compressão entre concretos fabricados com agregados de diferentes origens mineralógicas.



Fonte: Autor, 2017.

Os resultados demonstram que o concreto produzido com o agregado de basalto na dosagem 1 apresentou melhor desempenho, 30,15 Mpa, superando o concreto produzido com Gnaisse em 73,77% de resistência à compressão, concreto esse de menor desempenho 17,35 Mpa entre os demais agregados. Na dosagem 2 novamente o Basalto apresenta o melhor desempenho 38,54 Mpa, superando o Gnaisse em 38,73%, novamente material de pior desempenho. Na dosagem 3 o Granito foi o material de melhor performance, apresentou resistência de 51,07 Mpa superando em 26,95% o concreto produzido com o material gnaisse 40,23Mpa, também o pior desempenho na dosagem 3.

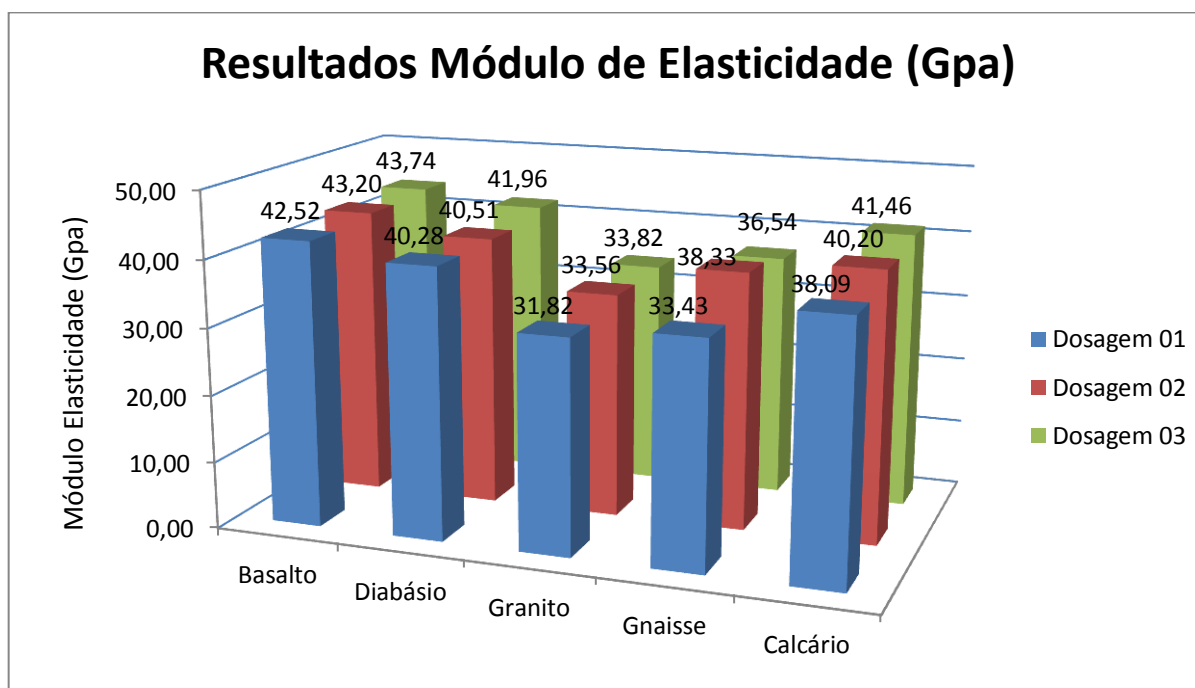
Na sequência, a Tabela 7 apresentam resultados do módulo de elasticidade inicial obtidos nos ensaios. Ao final desses resultados foi gerado um gráfico (Figura 6) com a média dos resultados para uma melhor visualização.

Tabela 7: Resultados módulo de elasticidade (Gpa)

Ensaio	Amostras	Basalto	Diabásio	Granito	Gnaisse	Calcário
Dosagem 1	CP 1	46,19	42,03	31,10	34,60	38,23
	CP 2	42,51	37,71	31,22	31,82	38,89
	CP 3	40,66	39,45	30,24	31,76	38,20
	CP 4	40,70	41,93	34,72	35,55	37,04
	Média	42,52	40,28	31,82	33,43	38,09
	Desvio Padrão	2,60	2,09	1,98	1,94	0,77
Dosagem 2	CP 1	42,09	40,35	33,82	39,33	40,25
	CP 2	43,61	41,23	31,93	40,79	40,65
	CP 3	43,80	40,22	34,83	36,76	40,11
	CP 4	43,30	40,22	33,66	36,45	39,79
	Média	43,20	40,51	33,56	38,33	40,20
	Desvio Padrão	0,77	0,49	1,20	2,09	0,36
Dosagem 3	CP 1	43,99	42,19	33,76	35,13	39,92
	CP 2	43,51	41,97	34,46	35,66	42,80
	CP 3	45,28	42,57	33,43	37,57	41,66
	CP 4	42,20	41,12	33,64	37,79	41,47
	Média	43,74	41,96	33,82	36,54	41,46
	Desvio Padrão	1,27	0,61	0,45	1,34	1,18

Fonte: Autor, 2017.

Figura 6: Comparação do módulo de elasticidade entre concretos fabricados com agregados de diferentes origens mineralógicas.



Fonte: Autor, 2017.

Com a análise dos resultados foi observado que novamente houve influência do tipo de agregado graúdo. Foi observado que na dosagem 1, 2 e 3 o Basalto superou o Granito em 33,63%, 28,72% e 29,33% nas respectivas dosagens e em nenhuma das dosagens foi encontrado os resultados estimados por norma.

Os resultados obtidos experimentalmente foram comparados com a expressão preconizada pela NBR 6118: 2014 estima o módulo de elasticidade inicial do concreto. A Tabela 8 apresenta essa correlação.

Tabela 8: Resultados comparativos finais

Material	Dosagem	Compressão (Mpa)	Módulo (Gpa)	Módulo de Elasticidade Estimado (Gpa)	αE estimado	αE encontrado através de ensaios
Basalto	1	30,15	42,52	36,90	1,20	1,38
	2	38,54	43,20	41,72		1,24
	3	49,48	43,74	47,27		1,11
Diabásio	1	25,43	40,28	33,89	1,20	1,43
	2	32,22	40,51	38,14		1,27
	3	44,75	41,96	44,95		1,12
Granito	1	27,28	31,82	29,25	1,00	1,09
	2	37,16	33,56	34,14		0,98
	3	51,07	33,82	40,02		0,85
Gnaisse	1	17,35	33,43	23,33	1,00	1,43
	2	27,78	38,33	29,52		1,30
	3	40,23	36,54	35,52		1,03
Calcário	1	27,67	38,09	26,51	0,90	1,29
	2	35,93	40,20	30,21		1,20
	3	49,55	41,46	35,48		1,05

Fonte: Autor, 2017.

Os valores calculados por esta expressão, obtidos neste estudo considerando os diferentes tipos de agregados graúdos, foram comparados com os coeficientes de norma. Ao analisar os valores estimados pela norma e os valores encontrados segundo o estudo foi verificado que em nenhum dos casos o αE encontrado através dos ensaios se adequa aos valores apresentados pela norma.

4. CONCLUSÕES

A partir da análise dos resultados apresentados podemos concluir que:

- Para que ocorra uma estimativa fiel ao comportamento dos materiais apresentados no estudo, seria necessário que o αE apresentado pela norma não representasse um único valor para diferente resistência e sim valores únicos para diversas resistências.
- Os resultados obtidos mostram que o agregado graúdo exerceu influência significativa na resistência à compressão e no módulo de elasticidade dos concretos estudados.
- Como αE é um coeficiente de valor exato determinado pela NBR 6118: 2014 sem margens de erro fica concluído que em nenhum dos casos apresentados no estudo se chegou ao valor apresentado pela norma.

5. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se os seguintes temas para futuras pesquisas:

- Fazer novos testes com concreto que apresentam resistência de 55 Mpa a 90 Mpa, onde a norma proporciona uma expressão diferente da utilizada nesse estudo.
- Como não foi possível à realização de testes com o material Arenito e é importante que o mesmo seja feito, sugiro que seja realizado com a dosagem de referência a partir do mesmo.
- Estudos com a aplicação de aditivos e verificar se os materiais apresentam as mesmas características.
- Fazer uma nova pesquisa utilizando outro tipo de cimento.
- Verificar a evolução da resistência do concreto ao longo do tempo utilizando diferentes agregados graúdos.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5736: **Cimento Portland pozolânico**. Rio de Janeiro, 1991.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: **Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8522: **Concreto – Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2008.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 45: **Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52: **Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro, 2003.

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

CUPERTINO, M. A.; PEREIRA, A. C.; INÁCIO, J. J.; ANDRADE, M. A. S. **Avaliação de Fatores de Ensaio que Interferem nos Resultados de Módulo de Elasticidade do Concreto**. In: 49º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 2007, Bento Gonçalves – RS. Anais 49º Congresso Brasileiro do Concreto. 2007.

GEYER, A.L.B. Importancia do controle de qualidade do concreto no estado fresco. Goiás, a.2, n. 2, julho 2006. Disponível em: <>. Acesso em: 10 ago. 2016.

MARTINS, DANILO GOMES. **Influência do tamanho do corpo de prova nos resultados de ensaios de módulo de deformação e resistência à compressão e suas correlações para concretos produzidos em Goiânia-GO**. Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, 2008.

METHA, P.K.; MONTEIRO, Paulo J. M. **“Concreto-Microestrutura, Propriedades e Materiais.”** 1ª Ed. Português, IBRACON, São Paulo, 2008.

NEVILLE, A. M., **“Propriedades do Concreto”** – 2ª Edição – Ed. Pini, São Paulo, 1997.