



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
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Danilo Cardoso Mendes

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DO PÓ DE GRANITO NAS
PROPRIEDADES DO CONCRETO AUTO ADENSÁVEL.

Palmas – TO

2019

Danilo Cardoso Mendes

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DO PÓ DE GRANITO NAS
PROPRIEDADES DO CONCRETO AUTO ADENSÁVEL

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e
apresentado como requisito parcial para obtenção do título
de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA)
Orientador: Prof. Dr. Fabio Henrique de melo Ribeiro.

Palmas-TO

2019

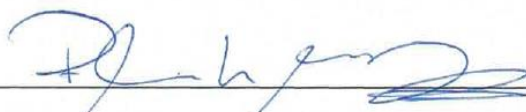
Danilo Cardoso Mendes

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DO PÓ DE GRANITO NAS
PROPRIEDADES DO CONCRETO AUTO ADENSÁVEL

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e
apresentado como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA)
Orientador: Prof. Dr. Fabio Henrique de Melo Ribeiro

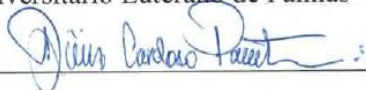
Aprovado em : 28 de maio de 2019

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Fabio Henrique de Melo Ribeiro
Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. M.Sc. Denis Cardoso Parente
Avaliador 1

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. M.Sc. Roldão Pimentel de Araújo Junior
Avaliador 2

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas-TO

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família e aos meus amigos, em especial aos meus pais Emivaldo e Pedrocina.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder a oportunidade de concluir essa etapa da minha vida. Agradeço a toda minha família que contribuiu direta e indiretamente para que meu sonho se tornasse realidade em especial, agradeço, aos meus pais Pedrocina Cardoso e Emivaldo Mendes que me deram todo apoio e suporte para que eu chegasse até aqui.

Agradeço a minha namorada Rayanne pelo apoio e pelas palavras de conforto e carinho durante essa caminhada. A todos meus amigos pela força, companheirismo durante essa fase de minha vida.

Ao professor Fabio Henrique de melo Ribeiro agradeço pela paciência e pelo conhecimento compartilhado na realização desse trabalho.

Agradeço aos meus amigos Lucas Sousa, Thamires Ramalho e Weslany Rodrigues pelo companheirismo e apoio nos momentos de dúvida e aflição.

Agradeço a instituição Ceulp/Ulbra pelos 5 anos de constante aprendizado e experiencias positivas voltadas a uma boa formação profissional.

EPÍGRAFE

"Para se ter sucesso, é necessário amar de verdade o que se faz. " (Steve Jobs).

RESUMO

Mendes, Danilo Cardoso. **Análise da influência da utilização do pó de granito nas propriedades do concreto auto adensável**, 2019. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil). Centro Universitário Luterano de Palmas. O presente trabalho tem por objetivo realizar a análise da substituição do agregado miúdo areia natural pelo pó de granito resíduo proveniente do polimento de pedras ornamentais nos traços de concreto auto adensável (CAA), assim como estudar as características do CAA no estado fresco e no estado endurecido, por fim analisar a viabilidade econômica dos traços de CAA com o resíduo proveniente de granito. Os traços foram dosados de acordo com o método de dosagem proposto por Tutikian e Dal Molin (2007), utilizando areia natural para a produção dos traços de referência e utilizando-se também porcentagens de 15%, 30% e 50% de pó de granito em substituição da areia natural para os demais traços de CAA, foi utilizado aditivo hiperplasticante e sílica ativa para melhorar a trabalhabilidade e coesão das misturas. Foram realizados ensaios no concreto no estado fresco *Slump Flow T50*, *“Slump Flow”* e *J ring*, no estado endurecido foram realizado o ensaio de resistência à compressão, tração por compressão diametral, absorção de água e módulo de elasticidade e pôr fim a produção dos gráficos com as curvas de dosagens. Os resultados obtidos comprovam que é possível a utilização do pó de granito na produção de CAA.

Palavras chave: Concreto Auto Adensável, Pó de granito, Viabilidade Técnica e Econômica.

ABSTRACT

MENDES, Danilo Cardoso. **Analysis of the influence of the use of granite powder on the properties of self - compacting concrete.** 2019. 89f. Course Completion Work (Graduation) - Civil Engineering Course. Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2019.

This research has the objective of analyzing the substitution of the natural sand aggregate by the granite powder residue from the polishing of ornamental stones in the traces of Self-compacting concrete (SCC) as well as to study the characteristics of the SCC in the fresh state and in the state hardened, to analyze the economic viability of the SCC traces with the granite residue. The traces were dosed according to the Tutikian and Dal Molin (2007) dosing method, using natural sand for the production of the reference traces and using percentages of 15%, 30% and 50% of granite powder replacing the natural sand for the other Self-compacting concrete (SCC) traces, using a hyperplasticizing additive and silica fume to improve the workability and cohesion of the mixtures. Tests were performed on the concrete in the fresh state Slump Flow T50, "Slump Flow" and *J ring*, in the hardened state the tests of compressive strength, diametral compression traction, water absorption and modulus of elasticity were carried out and the production of graphs with the dosing curves. The result shows that it is possible to use granite powder in the production of SCC.

Key-words: Self-compacting concrete, granite powder, Technical and Economic Viability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fluxograma método de Tukikian e Dal Molin	29
Figura 2 : Fluxograma- Processo construtivo do trabalho.....	41
Figura 3: Ensaio de Granulometria.....	44
Figura 4: Determinação da massa específica do agregado miúdo.....	44
Figura 5: Determinação da massa unitária do agregado graúdo.....	45
Figura 6: Ensaio de determinação das impurezas orgânicas.....	45
Figura 7: Determinação do teor de materiais pulverulentos.....	48
Figura 8: Slump flow test- Mistura sem segregação.....	51
Figura 9: Slump flow test- Mistura com segregação.....	52
Figura 10: Ensaio com slump flow test e slump flow T 50cm test.....	52
Figura 11: Ensaio do anel J.....	54
Figura 12: Ensaio de módulo de elasticidade.....	56
Figura 13: Ensaio de Tração por compressão diametral.....	56
Figura 14: Traço referência intermediário.....	61
Figura 15: Slump Flow test TR15% Intermediário.....	62
Figura 16 : TR30% intermediário.....	63
Figura 17: Traço intermediário 50% com 1% de aditivo.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Classificação das adições.....	21
Tabela2- Teor de pó de granito no agregado miúdo para a produção de CAA	47
Tabela 3-Traços unitários.....	48
Tabela 4: Composição do traço de CAA referência.....	48
Tabela 5: Composição do traço de CAA com 15% de pó de granito.....	49
Tabela 6: Composição do traço de CAA com 30% de pó de granito.....	49
Tabela 7: Composição do traço de CAA com 50% de pó de granito.....	49
Tabela 8: Classes de espalhamento do CAA em função de sua aplicação.....	51
Tabela 9: Classes de viscosidade plástica aparente do CAA em função de sua aplicação.....	53
Tabela 10: Classes de habilidade passante do CAA em função de sua aplicação.....	54
Tabela 11: Relação da quantidade de corpos de provas por traço de concreto.....	55
Tabela 12: Análise granulométrica da areia media.....	57
Tabela 13: Análise granulométrica do Agregado Graúdo.....	58
Tabela 14: Granulometria do pó de granito	59
Tabela 15- Ensaio de caracterização dos agregados.....	60
Tabela 16 - resultados no estado fluido no traço referência.....	61
Tabela 17 -Composição dos traços TR15% e resultados no estado fluido.....	61
Tabela 18 -Composição dos traços TR 30% e resultados no estado fluido.....	62
Tabela 19 -Composição dos traços TR50% e resultados no estado fluido.....	64
Tabela 20 - Resultados dos módulos de elasticidade teórico e prático.....	70
Tabela 21 - Preços unitários dos materiais utilizados para produzir os traços estudados.....	78
Tabela 22 – Cálculo do custo unitário e total dos concretos estudados aos 28 dias.....	79
Tabela 23 - Custo unitário para 1 m ³ de CAA considerando o fck de 25 Mpa.....	79
Tabela 24 - Custo unitário para 1 m ³ de concreto considerando o fck de 40 Mpa.....	80

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1: Curva granulométrica da areia.....	57
Gráfico 2: Curva granulométrica da brita.....	58
Gráfico 3: Curva granulométrica do pó de granito.....	59
Gráfico 4: Ensaio no estado fluido Slump Flow.....	65
Gráfico 5: Ensaio no estado fluido T50.....	65
Gráfico 6: Ensaio no estado fluido G-Ring.....	66
Gráfico 7: resultado ensaio de compressão traço pobre.....	67
Gráfico 8: resultado ensaio de compressão traço intermediário.....	67
Gráfico 9: resultado ensaio de compressão traço rico.....	68
Gráfico 10: Resultados da resistência da tração por comp. diametral traços pobres.....	69
Gráfico 11: Resultados da resistência da tração por comp. diametral traços inter.....	69
Gráfico 12: Resultados da resistência da tração por compressão diametral traços Ricos.....	70
Gráfico 13: Resultados dos módulos de elasticidades obtidos nos ensaios.....	71
Gráfico 14: Resultado dos teores de absorção de água.....	72
Gráfico 15: Resultado dos índices de vazios.....	72
Gráfico 16: Massa especifica dos traços de CAA.....	73
Gráfico 17: Diagrama de dosagem do traço de CAA natural.....	74
Gráfico 18: Diagrama de dosagem do traço de CAA com 15% de pó de granito.....	75
Gráfico 19: Diagrama de dosagem do traço de CAA com 30% de pó de granito.....	76
Gráfico 20: Diagrama de dosagem do traço de CAA com 50% de pó de granito.....	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnica

CAA: Concreto Auto Adensável

CCV: Concreto Convencional

CEULP: Centro Universitário Luterano de Palmas

CP's: Corpos de Prova

NBR: Norma Brasileira

ULBRA: Universidade Luterana do Brasil

Mpa: Mega pascal

mm: Milímetro

API: Adições predominantemente inertes

APR: Adições predominantemente reativas

RBMG: Resíduo do beneficiamento de mármore e granito

a/c: Relação água cimento

TR: Traço referencia

TR15%:Traço com 15% de pó de granito

TR30%: Traço com 15% de pó de granito

TR50%: Traço com 15% de pó de granito

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	Error! Bookmark not defined.
1.2 OBJETIVOS	17
1.2.1 <i>Objetivo geral</i>	17
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	17
1.3 JUSTIFICATIVA	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 CONCRETO AUTO ADENSÁVEL	19
2.1.2 <i>Histórico</i>	19
2.2 Definição	20
2.3 MATERIAIS	21
2.3.1 <i>Cimento</i>	21
2.3.2 <i>Adições Minerais</i>	21
2.3.2.1 <i>Adições minerais quimicamente ativas</i>	22
2.3.2.1.1 <i>Cinza Volante</i>	22
2.3.2.1.2 <i>Sílica Ativa</i>	23
2.3.2.1.3 <i>Escória de Alto Forno</i>	23
2.3.2.2 <i>Adição mineral sem atividade química</i>	24
2.3.2.2.1 <i>Pó de granito</i>	24
2.3.3.3 <i>Agregados</i>	26
2.3.3.1 <i>Agregado miúdo</i>	26
2.3.3.2 <i>Agregado Graúdo</i>	26
2.3.4 <i>Água</i>	27
2.3.5 <i>Aditivos</i>	27
2.3.5.1 <i>Superplastificantes E Hiperplastificantes</i>	27
2.3.5.2 <i>Modificadores de viscosidade</i>	28
2.4 MÉTODO DE DOSAGEM.....	29
2.4.1 <i>Método de Tutikian e Dal Molin</i>	29
2.5 MICROESTRUTURA DO CONCRETO	31
2.5.1 <i>Definição da microestrutura no concreto</i>	31
2.5.2 <i>Microestrutura da pasta de cimento</i>	31
2.5.3 <i>Microestrutura da zona de transição</i>	33

2.5.4 Microestrutura do concreto auto adensável.....	35
2.6 PROPRIEDADES	37
2.6.1 concreto auto adensável no estado fresco.....	37
2.6.1.1 Trababilidade	37
2.6.1.2 Consistência	38
2.6.1.3 Coesão	38
2.6.1.4 Exsudação.....	38
2.6.1.5 Segregação	39
2.6.2 Concreto Auto Adensável No Estado Endurecido.....	39
2.6.2.1 Resistência à Compressão	39
2.6.2.2 Durabilidade.....	40
2.6.2.3 Permeabilidade.....	40
3METODOLOGIA.....	41
3.1 Produção do agregado miúdo pó de granito	42
3.1.1 Obtenção Do Material.....	42
3.1.2 Secagem do material	42
3.1.3 Destorroamento Do Material	42
3.1.4 Peneiramento Do Resíduo	42
3.2 Escolha dos materiais	42
3.2.1 Cimento.....	42
3.2.2 Agregado graúdo.....	42
3.2.3 Agregado miúdo	43
3.2.4 Adição mineral	43
3.2.5 Aditivo.....	43
3.2.6 Água.....	Error! Bookmark not defined.
3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS	44
3.3.1 Análise granulométrica	44
3.3.2 Determinação da massa específica	44
3.3.3 Determinação da massa unitária	45
3.3.4 Determinação de impurezas orgânicas	46
3.3.5 Determinação do teor de materiais pulverulentos	46
3.4 MÉTODO DE DOSAGEM UTILIZADO	47
3.5 PRODUÇÃO DOS TRAÇOS DE CONCRETO.....	47

3.6 ENSAIOS NO ESTADO FLUIDO	50
3.6.1 <i>Slump flow</i>	51
3.6.2 <i>Slump flow T50 test.</i>	53
3.6.3 <i>J-ring test.</i>	54
3.7 ENSAIO NO ESTADO ENDURECIDO	56
3.7.1 <i>Resistência A Compressão Axial</i>	56
3.7.2 <i>Absorção de água.</i>	56
3.7.3 <i>Modulo de elasticidade.</i>	57
3.7.4 <i>Tração por compressão diametral</i>	57
4 RESULTADOS E DISCURSOES.....	58
4.1. Caracterização dos agregados.....	58
4.1.1 <i>Análise granulométrica dos agregados miúdos e graúdos.</i>	58
4.1.2 <i>Massa específica, Massa unitária, Material pulverulento e Matéria orgânica.</i>	61
4.2 ENSAIOS DO CONCRETO NO ESTADO FLUIDO.....	62
4.3 CONCRETO NO ESTADO ENDURECIDO	69
4.3.1 <i>Ensaio de compressão</i>	69
4.3.2 <i>ensaios de tração por compressão diametral.</i>	71
4.3.3 <i>Ensaio do módulo de elasticidade</i>	72
4.3.4 <i>Ensaio de absorção de água.</i>	74
4.4 CURVAS DE DOSAGENS	75
4.5 ESTUDO DA VIABILIDADE ECONOMICA	80
5 CONCLUSÃO.....	83
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	85
7 REFERENCIAS.....	86

1 INTRODUÇÃO

Os métodos construtivos tiveram um grande desenvolvimento tecnológico com o suceder dos anos, acompanhados pelo desenvolvimento de novos materiais que geram uma alta da produtividade no setor. Uma dessas novas tecnologias é o concreto auto adensável (CAA), um material com alta fluidez, coesão e deformabilidade.

Tais benefícios são atribuídos as suas características particulares, como capacidade de preencher os espaços vazios e contornar as barras de aço e outros obstáculos, exclusivamente devido ao seu peso próprio, mantendo uma adequada homogeneidade sem precisar utilizar vibração ou compactação externa. (TUTIKIAN, 2007).

Os materiais utilizados para a elaboração do CAA se diferem do concreto convencional (CCV), devido a elevada proporção de finos (adições minerais ou filler), aditivos plastificantes e modificador de viscosidade. A dosagem desse material visa atingir um elo de custo benefício competitiva.

Tutikian (2007), relata que o CAA permite alcançar elevadas resistências à compressão a curto e longo prazo, uma pequena relação água/cimento, baixa permeabilidade e alta durabilidade, sendo neste caso possível se obter também um concreto de alta resistência, neste caso tem-se o concreto auto adensável de alto desempenho (CAAAD).

O descarte de materiais provenientes da construção civil (RCC) e de resíduos da cadeia produtiva vem aumentando produzindo cerca de meia tonelada de RCC por ano no Brasil. Alguns desses materiais podem provocar maiores prejuízos para o meio ambiente como o resíduos de pedras ornamentais como o granito, onde seu pó é um material poluente, que pode trazer doenças respiratórias e pulmonares (SANTOS e ALMEIDA,2016).

O granito é um material de alta resistência com diversos segmentos no mercado na construção civil, podendo ser utilizado como revestimento cerâmicos, pias, bancadas, dentre outros materiais. Os resíduos soltos (pó), devido ao seu polimento, são descartados sem o tratamento adequado, onde o mesmo poderia ser aproveitado de algum modo, tendo em vista a alta resistência da sua rocha (ALVES, 2008).

O desenvolvimento deste trabalho, visa estudar uma possível destinação para o pó de granito que seria descartado no meio ambiente, através do seu uso no CAA tendo em vista melhorar as propriedades de atingindo um maior custo benefício em relação ao CCV deixando o CAA mais competitivo no mercado.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar a influência da substituição do agregado miúdo (areia natural) por pó de granito oriundo do processamento de pedras ornamentais nas propriedades do CAA. Além disso pretende-se avaliar a chance de aproveitamento sustentável desse resíduo.

1.1.2 Objetivos Específicos.

- Caracterizar o pó de granito produzido de uma marmoraria no município de Palmas.
- Analisar a influência da substituição do agregado miúdo (areia natural) nas proporções de 15%, 30% e 50% por pó de granito, nas propriedades do estado plástico e no estado endurecido do CAA: coesão, fluidez, ar incorporado, resistência a compressão, resistência a tração, modulo de elasticidade e absorção de água.
- Analisar a viabilidade de custo da utilização do pó de granito no CAA.

1.2 JUSTIFICATIVA

O uso de resíduos para a preparação de concreto vem sendo utilizado atualmente com a necessidade de um mundo sustentável. A substituição da matéria prima retirada do meio ambiente por esses resíduos pode melhorar o desempenho do mesmo mantendo suas características principais e incentivando a sustentabilidade (MINAS AMBIENTE, 1999).

Segundo Unicamp (2017) com a publicação do jornal, o que fazer com os resíduos das rochas ornamentais, o Brasil é o quinto (5º) maior exportador de rochas ornamentais produzindo 3,3 milhões de toneladas no ano de 2015. O uso do pó de granito para esse trabalho também tem uma função ambiental, devido o pó de granito ser um resíduo poluente, onde o mesmo pode causar doenças ao homem devido a inalação de suas partículas nas marmorarias, provocando uma reação no tecido pulmonar levando a bronquite e enfisema pulmonar e outras doenças no canal nasal. Em vista que o mesmo não possui uma destinação adequada muitas vezes sendo descartados como RCC em aterros, assim a sua utilização na construção civil dará uma destinação para o resíduo e proporcionando a diminuição da utilização da areia natural que é um material não renovável (SANTOS e ALMEIDA ,2016)

A viabilidade econômica é um fator importante na construção civil, uma vez que o concreto auto adensável é um produto mais caro por ter características especiais em comparação ao concreto convencional. Porém, o seu uso pode diminuir o custo final da obra e otimizando o seu cronograma, compensando o seu maior valor de mercado. O aproveitamento do pó de granito no traço do CAA pode diminuir o seu custo, com a diminuindo o uso de agregado miúdo, o tornando mais competitivo no quesito preço com o concreto convencional e mantendo suas características.

2.REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 CONCRETO AUTO ADENSÁVEL

2.1.2 Histórico

Gomes (2002) relata que o CAA originou-se no Japão por volta dos anos de 1980, na universidade de Tóquio, criado por Hajime Okamura devido a necessidade de vencer o obstáculo de se executar obras com formas singulares e complexas com elevadas taxas de armadura sem prejudicar a qualidade e a durabilidade do material, sendo seu primeiro protótipo obtido por Ozawa em 1988.

O CAA é exposto como uma grande avanço na tecnologia do concreto para o meio construtivo nas últimas décadas, já que possibilita várias vantagens, que aceleram a construção, diminuindo o número de trabalhadores no canteiro de obra, melhor acabamento final da superfície, pode aumentar a durabilidade devido ao fácil adensamento, permite ampla liberdade de formas e dimensões para concretagem (TUTIKIAN, 2004).

Domone (2006) relata que a primeira utilização do CAA foi no ano de 1997 no Japão na concretagem de pilares e paredes in loco, onde foi verificado a fluidez do CAA com o ensaio chamado slump flow test, tendo uma faixa de fluidez de 600 a 750 milímetros (mm) sendo considerada um parâmetro ideal para o CAA.

Segundo a organização de concreto Redy Mix (2008) os estudos do CAA na Europa tiveram início em 1997, dando ênfase ao processo de construção, e com o propósito principal de aprimorar o mercado da construção civil, resultando em normalização desse tipo de concreto.

O CAA teve grandes aplicações na França, sendo utilizado na comuna de Chamarande, no ano de 1998(SÖDERLIND e CLAESON,2000).

A obra de Bretonneau na França, foi um teste realizado para melhorar e desenvolver as características do CAA. O mesmo foi utilizado em outras cidades como: Norrköping, Suécia em 1998, em um edifício comercial, em Slona, Suécia, em 1999 na construção de outro prédio comercial (TUKIKIAN e DAL MOLIN,2008).

No Brasil o uso do CAA se fez mais imponente na área de estruturas de concreto pré-moldadas, devido ao ganho de tempo e a não necessidade de vibradores diminuindo a poluição sonora. O material também ganhou espaço nas obras convencionais de concreto in loco,

ressaltando o custo benefício final das obras, fazendo se mais viável no final mesmo com seu metro cubico mais caro que CCV (TUKIKIAN E DAL MOLIN,2008).

O CAA por ter características diferentes, era utilizado somente em concretagens submersas como na Ponte Rio Niterói e nas paredes diafragmas da Estação São Bento do metrô de São Paulo (GEYGER 2009 e ARAÚJO, 2008).

A partir de 2004, em cidades como Goiânia, Belo Horizonte, Florianópolis e Porto Alegre que surgissem as primeiras aplicações de CAA em edificações (GEYGER, 2009).

De acordo com Tukikian e Dal Molin (2008) alguns outros exemplos de construções que utilizaram o CAA no Brasil foram, a obras de ampliação de Shopping Center Flamboyant, de Goiânia – GO e o metrô de São Paulo - SP.

2.2 Definição

O CAA dispõe de grande versatilidade e muitas variedades de suas aplicações, sendo obtido através de ação de aditivos superplastificantes e hiperplastificantes, que proporcionam maior facilidade de bombeamento, excelente homogeneidade, resistência e durabilidade, fluindo com facilidade dentro das formas, passando pelas armaduras e preenchendo os espaços sob o efeito de seu próprio peso, sem o uso de equipamento de vibração(GOMES E BARROS,2009)

Segundo Gomes (2002) o concreto auto adensável é um material que pode ser compactado de forma simples , por meio do seu peso próprio , sem a necessidade de equipamento de vibração , sendo capaz de fluir sob a ação da gravidade , preenchendo completamente a fôrma assim alcançando o adensamento total , mesmo na presença de alta densidade de armaduras , garantindo um bom adensamento sem comprometer a resistência e a durabilidade.

O CAA é um material cimentício que pode ser moldado garantindo o preenchimento das fôrmas de maneira uniforme e com o mínimo de vazios, apenas com seu peso próprio, sem necessidade de quaisquer formas de compactação ou vibração externa (COPPOLA, 2000; ARAÚJO et al., 2003 apud REPETTE).

Um concreto para ser considerado auto adensável deve obter três propriedades a serem alcançadas ao mesmo tempo sendo elas: fluidez, coesão para que a mistura escoe homogênea entre as barras de aço e resistência a segregação (ENFARC,2002).

2.3 MATERIAIS

Para a formação de um concreto auto adensável (CAA) são usados os seguintes componentes: cimento, agregados miúdos e graúdos, com alta proporção de finos, podendo ser adições minerais, aditivos superplastificantes e hiperplastificantes e modificadores de viscosidade, levando em conta a proporção de cada componente para dar tais características de adensabilidade ao concreto (REPETTE ,2008)

2.3.1 Cimento

Para a elaboração do CAA pode ser usado os mesmos cimentos usados na fabricação CV, contendo as mesmas indicações referente a durabilidade do material. Segundo Tukikian e Dal Molin, (2008 p. 28.) “o melhor cimento que apresenta menor variabilidade em termos de resistência a compressão”.

Segundo GJORV (1992) o uso de muitos materiais finos para os CAA é alto em virtude de se elevar a coesão da mistura, cimentos de maior superfície específica são mais apropriados , assim aumentando os cuidados necessários com relação ao calor de hidratação e retração do concreto ,sendo mais indicado a utilização cimentos mais finos como o como CP-V e o CP II F-40 , CAA , facilitando a obtenção das características necessárias para se alcançar esse material.

2.3.2 Adições Minerais

Cavalcanti (2006) relata que as adições são determinadas como predominantemente inertes (API) ou predominantemente reativas (APR), segundo a sua ação no concreto. As APR contribuem para a elaboração dos hidratos, sendo: cinza volante, cinza da casca de arroz, escória de alto-forno, sílica ativa e metacaulim, já as API geram uma ação física, proporcionando uma estrutura com maior compacidade. Alguns exemplos são os fíleres de calcário, quartzo, e o resíduo do beneficiamento de mármore e granito (RBMG).

Tabela1: Classificação das adições:

TIPO I	Inertes ou semi-inertes	Fileres de agregados (calcários, dolomíticos ou graníticos). Pigmentos.
TIPO II	Pozolânicas	Cinza volante, conforme a EN 450-1. Sílica ativa, conforme a EN 13263-1.
	Hidráulicas	Escória de alto-forno.

Fonte: GOMES E BARROS (2009)

Segundo EFNARC (2005) as condições do CAA no estado fresco, adições inertes e reativas são normalmente utilizadas para aumentar a viscosidade e a coesão para que o concreto se mantenha homogêneo, proporcionando resistência à segregação. Assim as adições também regulam a proporção de cimento para reduzir o calor de hidratação e a retração.

2.3.2.1 Adições minerais quimicamente ativas

Segundo Tukikian e Dal Molin (2008) As adições minerais quimicamente ativas são materiais pozolânicos ou materiais cimentantes. O material pozolânico é determinado pela NBR 12653/1992 como um produto que reage quimicamente com o $\text{Ca}(\text{OH})_2$. O material cimentante dispõe, na sua formação, hidróxido de cálcio e não necessitando do $\text{Ca}(\text{OH})_2$ formado ao longo da hidratação do cimento Portland para gerar o C-S-H.

2.3.2.1.1 Cinza Volante

É conceituada como um pó fino, constituído por pequenas partículas esféricas com dimensões que variam entre $0.5 \mu\text{m}$ e $100 \mu\text{m}$, resultante de fusão e calcinação das impurezas minerais incombustíveis contidas no carvão que foi queimado a altas temperaturas e pressões. Os grãos de cinza são sólidos amorfos que ganham a sua estrutura tendencialmente esférica por solidificarem em suspensão no fluxo gasoso resultante da queima. Dado que estas cinzas apresentam propriedades pozolânicas acentuadas, são em geral valorizadas pela sua utilização como aditivo em argamassas e concreto. (MEHTA E MONTEIRO, 2009)

Segundo Gomes e Barros (2009) a utilização da cinza volante aumenta a coesão e diminui a sensibilidade às mudanças da quantidade de água do CAA, Níveis elevados de cinza volante prejudicam a fluidez do CAA

2.3.2.1.2 Sílica Ativa

A sílica ativa é um material resultante do processo de obtenção do ferro silício e do silício metálico, possuindo forma esférica e textura lisa, sendo um produto indicado para a produção do CAA, dando características ao concreto tanto no seu estado fresco quanto no estado endurecido (TUKIKIAN e DAL MOLIN,2008).

Comparada ao cimento Portland comum e a cinzas volantes típicas, a sílica ativa apresenta distribuição granulométrica das partículas duas ordens de grandeza mais finas. Essas partículas introduzem-se facilmente nos espaços entre os grãos de cimento, reduzindo o espaço disponível para a água e atuando como pontos de nucleação de produtos de hidratação. (MEHTA e MONTEIRO, 2009).

A elevada finura e a forma praticamente circular das partículas de sílica ativa melhoram a coesão e resistência à segregação no CAA. A sílica ativa é muito eficaz na redução ou na eliminação da exsudação, e isso pode causar problemas de rápido endurecimento superficial, dificultando a execução do acabamento dos elementos de concreto (GOMES e BARROS ,2009).

2.3.2.1.3 Escória de Alto Forno

A escória de aciaria é um subproduto da produção do aço. Este material é, portanto, resultado da agregação de diversos elementos que não interessam estar presentes no material aço. Tem como características marcantes ser composta de muitos óxidos, como CaO e MgO e ser expansível, devido às reações químicas desses óxidos. As limitações encontradas no material são basicamente: heterogeneidade; alto teor de cal livre e a ausência de atividade hidráulica. (MEHTA e MONTEIRO, 2009)

Segundo Gomes e Barros (2009) a utilização da escória de alto-forno promove um pequeno calor de hidratação sendo que a sua utilização em grande proporção pode afetar a estabilidade do CAA.

2.3.2.2 Adição mineral sem atividade química

Um exemplo de adição mineral sem ação química é o filler, sua ação se refere-se ao efeito físico de empacotamento granulométrico e ação como sinais de nucleação para a hidratação dos grãos de cimento. A incorporação desses resíduos no CAA deve ser feita pela substituição do agregado miúdo, levando em conta que a adição apresenta maior teor finura do que o agregado, melhorando a coesão do concreto. Os fillers podem ser origem natural ou inorgânicos processados, mas sendo imprescindível que possuam uniformidade e, principalmente, sejam finos. Calcário e a areia fina têm sido os fillers mais usados para a produção de CAA. Além desses, outras adições minerais têm sido consideradas, como, por exemplo, o pó granítico (TUKIKIAN e DAL MOLIN 2008).

2.3.2.2.1 Pó de granito

De acordo com a Unicamp (2017) com a publicação do jornal, o que fazer com os resíduos das rochas ornamentais, o Brasil é o quinto (5º) maior exportador de rochas ornamentais produzindo 3,3 milhões de toneladas no ano de 2015.

Os processos produtivos e indústrias de transformação são grandes geradoras de resíduos, nos três estados da matéria: sólidos, líquidos ou gases, provocando grandes impactos ambientais e contribuem para a poluição e a degradação do meio ambiente (ALVES, 2008).

A reciclagem dos resíduos e a melhor forma de reaproveitar as matérias primas que são vistos por especialistas como a mais eficiente e talvez a única saída para a continuidade do progresso tecnológico do planeta, pois essas medidas atuam em sintonia com as necessidades do mundo atual (MINAS AMBIENTE, 1999).

Segundo o CONAMA (2002), o reaproveitamento de resíduos pode ser abordado com três enfoques distintos:

- **Recuperação:** compreende na extração e remoção de algumas substâncias presentes nos resíduos, como óxidos, metais e etc;
- **Reutilização:** é o processo de reaplicação de um resíduo, sem que haja qualquer transformação ou beneficiamento do mesmo;
- **Reciclagem:** é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após este ter sido submetido a algum tipo transformação.

O pó de granito pode se tornar uma adição mineral consagrada, como a escória de alto forno, onde em um passado recente, as indústrias siderúrgicas tinham grandes problemas com a destinação final da volumosa massa de escórias geradas nos altos fornos, na produção de ferrogusa, onde as empresas gastavam fortunas com o transporte e destino final dessas escórias. Devido a importantes estudos de caracterização e utilização desses resíduos, eles deixaram de ser denominados por resíduos, termo pejorativo, e se transformaram, principalmente, em subproduto da indústria cimenteira, ganhando valores agregados expressivos. Outros exemplos de resíduos que ganharam expressão no mercado, e hoje possuem expressivos valores agregados, são a sílica ativa e o metacaulim. Assim se incentivando a busca por uma destinação para o pó de granito no meio construtivo (ALVES, 2008).

Alguns estudos relatam que cerca de 30% dos blocos de granito se transformam em resíduos de diversas formas. Diante desta significativa perda, e de olho em um nicho de mercado que se torna cada vez mais necessário e, possivelmente, lucrativo, alguns pesquisadores têm estudado seu emprego nos processos produtivos utilizados na construção civil. Por exemplo, na produção de argamassa (CALMON, et al., 1997), tijolos cerâmicos (NEVES, et al., 1999), peças cerâmicas (LIMA FILHO, et al., 2000) e concretos (GONÇALVES, 2000), com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento sustentável do planeta.

A Itália, sendo um importante produtor de granitos processados e de alto padrão de acabamento, é, portanto, grande geradora de resíduo. No entanto, este país já vem utilizando este resíduo na fabricação de peças prensadas para pavimentação (GONÇALVES, 2000).

GONÇALVES (2000) estudou a utilização do pó de granito, produzidos nos teares e obteve resultados satisfatórios. Ele utilizou o resíduo como adição mineral nos concretos em percentuais de 10% e 20% da massa do cimento. Segundo estudos do autor, as partículas do resíduo possuíam diâmetro médio de 6,74 μm e não apresentaram propriedades pozolânicas.

Porém, a adição do resíduo melhorou o desempenho do concreto, aumentando sua resistência à compressão e à tração, atuando como efeito fíler. Considerando os resultados dos ensaios de resistência à compressão axial, compressão diametral, absorção por imersão e absorção por sucção, o autor concluiu que 10% de adição é o percentual mais indicado para utilização do resíduo do tear, apesar da resistência à compressão axial do concreto com 20% de adição ter sido maior que o de 10%.

2.3.3.3 Agregados

2.3.3.1 Agregado miúdo

Agregado miúdo são areias de origem natural ou resultante do processo de britagem, ou a mistura de ambas, onde os grãos passam pela peneira de abertura 4,8 mm e ficam retidos na peneira de abertura 0,075 mm atendendo os requisitos da ABNT NBR 7211-1983.

Tanto as areias naturais quanto artificiais podem ser utilizadas para a produção do CAA, no entanto areias naturais são mais recomendadas por possuírem forma mais arredondada e textura mais lisa, aumentando a fluidez da mistura devido ao baixo atrito entre as partículas, ou seja deve-se considerar que quanto menor for o módulo de finura da areia, mais coesão terá o CAA produzido. As areias grossas, com módulo de finura superior a três, devem ser evitadas, pois podem causar a segregação da mistura (TUKIKIAN E DAL MOLIN, 2008).

Okamura e Ouchi (2003) afirma que a resistência ao cisalhamento da argamassa é maior quanto mais angulosa for às partículas do agregado miúdo, dificultando a deformabilidade do concreto, propriedade essencial ao concreto auto adensável.

Para o agregado miúdo o empacotamento de partículas se propõe a discriminar a proporção e o tamanho adequado do material granular, rearranjando a mistura para que os vazios maiores sejam preenchidos por partículas menores e os vazios formados nessa disposição sejam ocupados por partículas ainda menores de forma a reduzir ao máximo o volume de vazios em função da granulometria adotada (McGEARY, 1961 apud BARBOSA, 2008).

2.3.3.2 Agregado Graúdo

A granulométrica do agregado influencia o empacotamento dos grãos. Já a forma dos agregados influenciam diretamente em suas propriedades, partículas arredondadas diminuem o volume de vazios da mistura e aumentam a fluidez, enquanto agregados com forma angulosa ou alongada consomem maior quantidade de pasta para produzir a trabalhabilidade necessária, aumentando o custo do CAA. O consumo de água e de pasta para determinada fluidez também aumenta com o aumento da área superficial do agregado (GOMES; BARROS, 2009).

Para que o CAA possa passar por todos os obstáculos e reduza o risco de segregação da mistura, e necessário uma redução da quantidade de agregado graúdo, é da utilização do

diâmetro máximo característico dos agregados graúdos entre 12,5 e 19 mm, já que agregados com dimensões maiores que 19 mm requerem um volume de pasta elevado (TUTIKIAN e DAL MOLIN, 2008).

2.3.4 Água

A água utilizada CAA deve conter as mesmas propriedades se fosse utilizada no concreto convencional segundo a NBR-15900-2009 Água para amassamento do concreto.

2.3.5 Aditivos

Os aditivos utilizados no CAA deverão atender às exigências normativas disponíveis em cada país. Os aditivos superplastificantes e os modificadores de viscosidade são os mais usados e os incorporadores de ar, menos utilizados (GOMES e BARROS, 2009).

2.3.5.1 Superplastificantes E Hiperplastificantes

Os superplastificantes são uma categoria especial de agentes redutores de água, formulados a partir de materiais que permitem reduções de água muito superiores ou trabalhabilidade extrema dos concretos nos quais são incorporados. Em geral, são empregados na produção de concretos de alto desempenho, particularmente quando é exigida alta fluidez com baixa relação água/cimento (GOMES e BARROS, 2009).

Para Gomes e Barros (2009) superplastificante no CAA é inevitável, para que se alcance por uma das principais propriedades do CAA, que é a sua alta fluidez. Sem o esse aditivo seria impossível pensar em concreto auto adensável, no mercado nacional, são inúmeros os tipos e as marcas existentes e novos tipos surgem a cada dia direcionados especificamente ao CAA, o que tem, de alguma forma, dificultado a escolha de um superplastificante. Os superplastificantes são uma categoria especial de fontes redutores de água, formulados a partir de materiais que permitem reduções de água muito superiores ou trabalhabilidade extrema dos concretos nos quais são incorporados. Em geral, são utilizados na produção de concretos de alto desempenho, particularmente quando é exigida alta fluidez com baixa relação água/cimento.

Segundo Rixom e Mailvaganam (1999), os produtos à base de poliacrilato são obtidos de três tipos de polímeros e estão sendo considerados como a próxima geração de superplastificantes (aditivos superplastificantes policarboxílicos de 3ª geração hiperplastificantes).

A utilização superplastificantes de 3ª geração ou hiperplastificantes essencial para a produção do CAA, para que o mesmo obtenha suas principais características e possam trabalhar de modo efetivo no processo de concretagem. “[...]O superplastificante de 3ª geração possui um pH variando entre 5 e 7, massa específica entre 1,067kg/dm³ e 1,07kg/dm³ e sólidos entre 38 e 42%[...]” (MBT,2003, p.35).

2.3.5.2 Modificadores de viscosidade

Na confecção de argamassa e concretos autonivelante um aditivo de grande importância é o modificador de viscosidade - viscosity modify admixture (VMA), pois ele pode ser empregado quando o teor de finos for limitado, ajudando a promover a viscosidade adequada garantindo assim a resistência à segregação, homogeneidade da mistura e diminuir a exsudação (MELO, 2005).

O aditivo promotor de viscosidade é formado por cadeias longas de base celulose, polissacarídeo, acrílico ou glicol e outros agentes inorgânicos (RIXOM e MAILVAGANAM, 1999).

Sakata et al. (1996) expôs que a adição de agente de viscosidade ao CAA estabilizou a fluidez, fez o concreto fluir facilmente em pequenos espaços e possibilitou o alcance da propriedade de auto adensamento em uma ampla faixa do slump flow.

Domone e Chai (1996) mostram que o agente de viscosidade reduz a sensibilidade do CAA às variações nas proporções de mistura, um importante aspecto para produções em grande proporção. Segundo Khayat e Guizani (1997) observam que, assim como a adição de materiais finos reforçam a estabilidade do concreto altamente fluido, esses agentes de viscosidade também são utilizados como uma alternativa para reforçar a estabilidade desses concretos, juntamente com aditivos redutores de água de alta gama, para assegurar a alta fluidez e a adequada estabilidade.

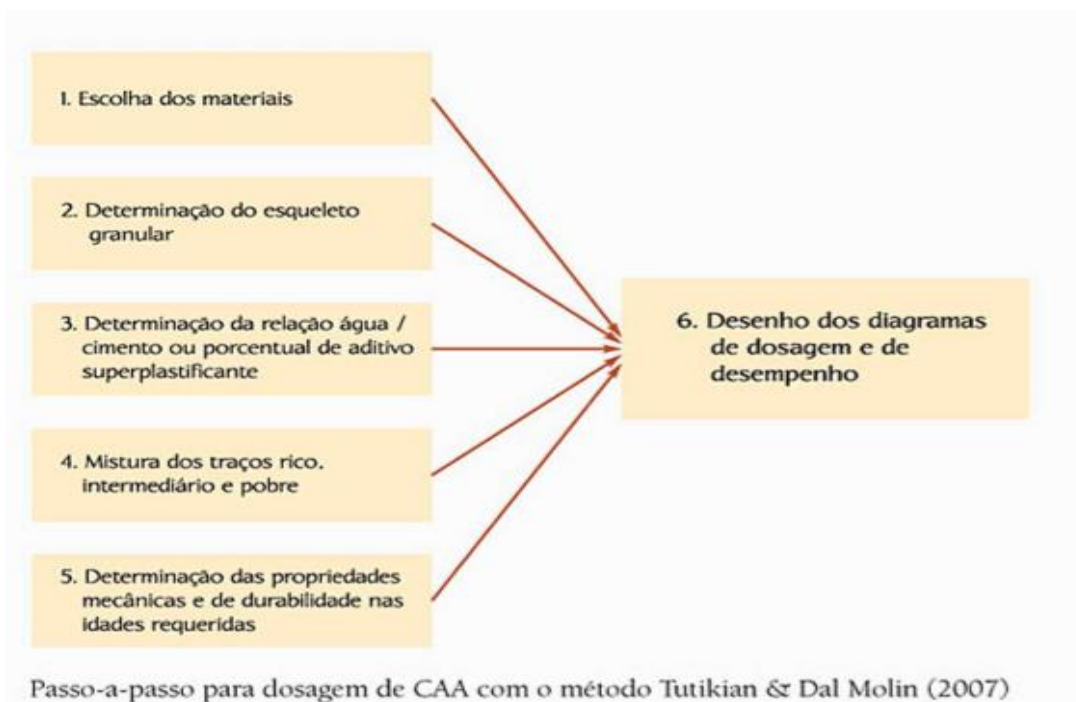
“[...]Já o aditivo modificador de viscosidade, e uma solução aquosa de polímeros de alto peso molecular, massa específica variando entre 0,98e 1,02kg/dm³ e o pH de 9 a 10,5[...]” (MBT,2003, P.35).

2.4 MÉTODO DE DOSAGEM

2.4.1 Método de Tutikian e Dal Molin

Segundo Gomes e Barros(2009) esse método emprega as ideias de O'Reilly (1992) para definir o empacotamento granular máximo, as concepções de Larrard (1999) para a seleção dos materiais, o diagrama de dosagem do IPT/EPUSP determina os cálculos de qualquer CAA dentro da faixa avaliada da mesma família estudada, o acerto do teor de aditivo, a relação água/cimento e o procedimento básico de Tutikian (2004). Ainda acrescenta pontos novos, como a junção de todas essas teorias, o teor de argamassa variável, a inclusão da curva de custo no diagrama de dosagem e o diagrama de desempenho. Certamente esses pontos tornam o método inovador e contribuem para o desenvolvimento cada vez maior do CAA.

Figura 1: Fluxograma método de Tutikian e Dal Molin



Fonte: Tutikian e Dal Molin (2007).

A primeira etapa é a seleção dos materiais que tenham características de compor o concreto que segundo Tutikian (2004) são os mesmos do CCV, cimento, agregados miúdo e graúdo priorizar agregados arredondados, com menor diâmetro máximo possível e com faixas granulométricas contínuas e água, acrescidos de um material fino, de granulometria inferior à do agregado miúdo e aditivo superplastificante. As características que devem ser comparadas são os custos de cada componente, a disponibilidade da quantidade e distâncias aceitáveis, ainda se houver mais de uma opção para um dado item, é aconselhável que se privilegie aqueles com que o responsável pela dosagem já tenha trabalhado (HELENE; TERZIAN, 1992).

A segunda etapa é a efetuação do empacotamento dois a dois e em ordem decrescente de diâmetro de partículas. Inicia-se com a brita, caso existam dois tipos de agregado graúdo, esses são empacotados, e é escolhida a combinação com menor índice de vazios. Depois essa mistura é empacotada com a areia média, na qual é encontrada a combinação, entre esses agregados, que resulte no menor índice de vazios. Finalmente, a mistura resultante é empacotada com o fino utilizado (areia fina, por exemplo) e, novamente, define-se a combinação com menor índice de vazios. O único material que não é empacotado é o cimento.

A terceira etapa é realizada a estimativa da relação água /cimento e da quantidade de aditivo superplastificante para a realização do traço intermediário, segundo a experiência do responsável, antes da mistura dos materiais. Realiza-se a mistura do traço intermediário, tendo em vista a proporção entre os agregados que já foi definido na etapa anterior, e a quantidade de cimento para o traço intermediário é estipulada normalmente em torno da relação 1 : 4,5 (1 kg de cimento para 4,5 kg de agregados) e, assim, verifica-se a obrigação de ajustes da relação água/cimento e do teor de SP estimados. A quantidade de aditivo que é colocado em função da massa do cimento varia muito, devido à diversidade de cimentos existentes e, principalmente, e a alta variedade de aditivos. É recomendado que se comece com pequenas quantidades, a partir de 0,30% da massa de cimento, e vá aumentando a proporção, até chegar ao ponto ideal, cumprindo os limites dos fabricantes. Tutikian (2004) relata que o ponto ideal é alcançado visualmente, ocorrendo quando o concreto está fluido, não levando em consideração a separação dos agregados graúdos da argamassa. A proporção de aditivo permanecerá o mesmo para a realização do passo seguinte permitindo que os traços sejam considerados da mesma família.

Na quarta etapa adota-se no mínimo três traços bases para a ilustração do diagrama, um rico, um intermediário e um pobre, para fazer as curvas de dosagem para esta classe de materiais, e, podendo dosar qualquer concreto com estes materiais. Não deve se extrapolar

esta curva. Sendo recomendado o aumento do número de pontos para se obter um grande intervalo de valores ou escolher pontos já próximos dos parâmetros finais, caso seja possível, para a caracterização das equações de comportamento e coeficientes de correlação, para a posterior ilustração da curva de dosagem.

Na quinta etapa prepara-se os corpos de prova (CP's.) para o ensaio de ruptura à compressão nas idades requeridas. Os Cp's devem ser moldados sem utilização de vibração ou compactação interna, o CAA deve fluir para o interior das fôrmas. Sendo necessário a moldagem de no mínimo dois Cp's com dimensões 10x20 cm, para cada idade de ensaio, deixando o material no interior das fôrmas no primeiro dia, coberto, e realizando cura úmida até as idades escolhidas. Realiza-se o ensaio das propriedades mecânicas e de durabilidade do para a obtenção dos dados que faltavam para ilustrar o diagrama e para o cálculo das equações.

Na sexta etapa com todos as informações necessárias, pode-se ilustrar o diagrama de dosagem e determinar as equações de comportamento, e a partir de qualquer condição inicial pode-se dosar o concreto com aqueles materiais escolhidos.

2.5 MICROESTRUTURA DO CONCRETO

2.5.1 Definição da microestrutura no concreto

As pesquisas realizadas sobre a microestrutura do concreto é determinando para que se consegue analisar a nível micrométrico os compostos de hidratação do cimento e os efeitos físico-químicos das adições minerais incorporadas ao concreto. Dessa maneira é possível avaliar de maneira mais efetiva a durabilidade das estruturas prevendo quais as manifestações patológicas que podem ocorrer no concreto, elaborando soluções para aumentar a sua vida útil, contribuindo com a segurança da estrutura, além de reduzir gastos com recuperação da mesma (SOKOLOVICZ, 2013)

2.5.2 Microestrutura da pasta de cimento

As pesquisas a respeito da ação da hidratação de um estágio puro e a interação das fases formam a base da interpretação das significativas reações que acontecem na hidratação do cimento Portland sob diversas situações (LOPES,2016).

A pasta de cimento hidratada é um material heterogêneo de partículas ligados entre si por uma massa porosa. Os poros são vistos em diversas grandezas em uma escala abaixo de

2,5 μm e acima de 10.000 μm . São poros de gel, ligados com os produtos de hidratação e poros capilares correspondentes aos outros poros do sistema (PAULON&KIRCHHEIM, 2011).

Mehta e Monteiro (2014) relatam que se alguns corpos de prova de concreto tenham a mesma quantidade de teor cimento, mas com quantidades de água diferentes, sendo analisados em diferentes intervalos de tempo sendo observado que o volume de vazios capilar na pasta de cimento hidratado diminui com a diminuição da relação água/cimento ou com o aumento da idade da hidratação. Toda partícula de agregado pode ter vários minerais, além de microfissuras e vazios.

As partículas sólidas na pasta de cimento sendo os produtos das reações de hidratação são os silicatos de cálcio hidratado (C-S-H), hidróxido de cálcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$, sulfoaluminatos de cálcio (etringita), monossulfatos. Os vazios são separados por espaços Inter lamelares no C-S-H, vazios capilares, ar incorporado - bolhas de 50 a 200 μm que elevam a trabalhabilidade, e ar aprisionado - bolhas de até 3 mm, aprisionadas durante a mistura na betoneira. O valor 50 nm separa micro e macroporos, sendo microporos os vazios menores que 50 nm que são importantes para a retração e a fluência e macroporos os vazios maiores que 50 nm prejudiciais à resistência e à impermeabilidade (Mehta e Monteiro,2014).

De acordo com Kanellopoulos et al., (2012) a área da tecnologia do concreto, diz que todos os mecanismos de deterioração são iniciados pelo movimento de fluidos por meio dos poros que existe dentro da microestrutura do concreto. Sendo, assim importante conhecer a natureza e as propriedades do sistema de poros dentro da massa da pasta de cimento endurecida, os poros relevantes à permeação são contínuos e tem diâmetros entre 120 e 160 nm.

Segundo Metha e Monteiro, (2014) a pasta de cimento hidratada, indica que a estrutura não é homogênea, tendo algumas regiões densas, outras são porosas. Na região porosa é possível ver as fases hidratadas individuais com maior ampliação da imagem. Sendo vistos a uma ampliação de 2000 a 5000 vezes os: cristais maciços de hidróxido de cálcio, agulhas delgadas e longas de etringita, monossulfatos e agregação de pequenos cristais fibrosos de silicato de cálcio hidratado.

Metha e Monteiro, (2014) relatam que uma pasta de cimento ou concreto, em hidratação em condições específicas, não gera apenas uma simples microestrutura, mas gera conjunto de microestrutura com vários estágios de desenvolvimento. A água presente na pasta é composta pela água capilar presente nos vazios maiores que 50 Å , a água adsorvida que se mostra próximo da superfície do sólido, é responsável pela retração da pasta, água Inter lamelar relacionada ao C-S-H por pontes de hidrogênio, água combinada quimicamente sendo

integrante de vários produtos hidratados do cimento, sendo removida apenas com temperaturas muito elevadas

2.5.3 Microestrutura da zona de transição

Segundo Metha e Monteiro (2014) e Paulon e Kirchheim (2011) as pesquisas sobre microestrutura do concreto e a sua interface é essencial, devido as matérias primas terem distinções de natureza química e das superfícies dos agregados influenciando nas ligações cristalinas no meio da pasta e o agregado.

As três propriedades do concreto: resistência mecânica, porosidade e durabilidade, resultam numa interação da pasta de cimento com o agregado, formando um entrelaçamento mecânico dos produtos de hidratação do cimento com o agregado e da reação química entre este e a pasta de cimento. Estudos referentes a natureza morfológica da ligação têm indicado evidência desse entrelaçamento mecânico e quanto à natureza química pesquisas são realizadas para determinar como ocorrem as reações e de que forma estas contribuem para o desenvolvimento da ligação (PAULON e KIRCHHEIN, 2011).

Mehta e Monteiro (2014) propõem que, além do trabalho ordenado para conhecer e controlar a microestrutura da pasta de cimento, visando à melhoria das propriedades do concreto, é importante que sejam realizados estudos que abordem a melhoria da qualidade da zona de transição existente entre o agregado e a pasta de cimento. Existe uma forte relação entre a espessura e a qualidade da zona de transição e as propriedades mecânicas e a durabilidade dos concretos.

A zona de transição influencia, diretamente, as propriedades relacionadas à resistência mecânica, o módulo de deformação, o mecanismo de propagação de fissuras e a permeabilidade de agentes agressivos nos concretos, demonstrando, assim, a grande importância do estudo da zona de transição pasta-agregado (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

Conforme citam Petrucci (1998), Mehta e Monteiro (2014) o processo pelo qual o cimento endurece não é o processo de secagem, e sim o processo de hidratação. O endurecimento da massa pode ser um processo relativamente lento, podendo durar vários anos

Mehta e Monteiro (2014) conceituam a zona de transição como o ponto fraco da ligação e como a fase de limite da resistência do concreto. As propriedades e os componentes da zona de transição são determinantes para as habilidades do concreto endurecido, tendo influência significativa na resistência mecânica e em sua durabilidade. As características físicas e mecânicas da pasta de cimento Portland, das argamassas e dos concretos são resultado

de uma série de processos complexos que acontecem durante a mistura e o lançamento, incluindo as reações de hidratação.

Para Mehta e Monteiro (2014) a microestrutura pode influenciar a resistência mecânica e a sua durabilidade. Tendo a evolução da microestrutura, como resultado das transformações químicas, que ocorrem após o cimento entrar em contato com a água, devem-se levar em consideração certas propriedades reológicas da pasta fresca de cimento, que também influencia determinantemente a microestrutura da pasta endurecida, dado como exemplo, as partículas anidras de cimento tendo a tendência a se atraírem e formar flocos, os quais aprisionam grande quantidade de água e mistura .

No concreto, a pasta de cimento está envolvendo e separando os grãos de areia e os agregados graúdos. Características da microestrutura da pasta na zona de transição tem dependência de diversos fatores, incluindo o tipo de agregado, a água de amassamento, o efeito de aditivos e de adições, a natureza e a quantidade de componentes menores do material cimentício, etc. (PAULON e KIRCHHEIN, 2011).

A existência da água de exsudação e a sua influência na zona de interface em torno do agregado são importantes. Quanto maiores forem às proporções de partículas chatas e alongadas dos agregados, maior será a tendência da água de acumular-se em filmes próximo às partículas, tornando mais fraca a pasta de cimento na região da interface (PAULON e KIRCHHEIN, 2011).

Esse fenômeno, também chamado de “exsudação interna”, é responsável pelo microfissuração da pasta na região junto ao agregado, causando fraturas de cisalhamento na superfície das partículas. Com relação à resistência na zona de transição depende do volume e tamanho dos vazios existentes, isso devido às forças de Van der Waals que são as responsáveis pela aderência entre os produtos de hidratação e as partículas de agregado (PAULON&KIRCHHEIN, 2011).

Inicialmente com a baixa relação água/cimento o volume dos vazios será maior que da massa de argamassa o que resulta em uma zona de transição mais frágil. No entanto com o passar da idade a resistência da zona de transição pode se tornar igual ao da massa de argamassa devido à cristalização de novos produtos nos vazios da zona de transição na interface pelas lentas reações químicas entre os constituintes da pasta de cimento e o agregado, contribuindo para redução da concentração de hidróxido de cálcio nesta região. Grandes cristais de hidróxido de cálcio possuem menor capacidade de aderência em função da sua baixa área superficial e forças de atração de Van de Waals (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

A zona de transição do concreto é a região delimitada pela interface do agregado e a pasta de cimento. Apresenta espessura de, aproximadamente, 30 mm dentro da qual a porosidade aumenta à medida que se aproxima da superfície do agregado (DIAMOND et al., 2001).

As propriedades da zona de transição, diferem daqueles correspondentes à matriz da pasta mesmo com a presença de elementos iguais. Com o desenvolvimento das técnicas de análise de imagens foi possível observar essa região, cujas características são tão importantes para compreender os fenômenos que ocorrem na macroestrutura do concreto.

Segundo Ferreira Júnior e Camarini (2003) existe uma grande quantidade de cristais de hidróxido de cálcio orientados e de vazios capilares e uma das características da zona de transição é a formação de microfissuras. Qualquer que seja a sua origem (mecânica, física ou química), a degradação dos materiais a base de cimento frequentemente resulta do início e da propagação de microfissuras.

Ammouche et al., (2000) indicam que a presença de microfissuras pode influenciar de maneira significativa nas propriedades mecânicas e de transporte de massa do concreto. Por esse motivo, a otimização e/ou a atribuição das propriedades macroscópicas do material requer o desenvolvimento de uma ferramenta segura que é capaz de quantificar as suas características microestruturais.

2.5.4 Microestrutura do concreto auto adensável

Para Lopes (2016) os aditivos minerais e químicos adicionados ao concreto auto adensável, beneficia o desempenho em relação aos concretos convencionais.

Segundo Vieira et al, (1997) a incorporação da sílica ativa nos concretos de cimento Portland apresenta muitos benefícios para as propriedades do concreto, mesmo em relação à sua reologia no estado fresco e no comportamento mecânico e de durabilidade no estado endurecido.

Mendes (2002) relata os ganhos que sílica ativa proporciona na microestrutura e nas propriedades do concreto, devendo-se a dois mecanismos de ação: o efeito químico ou efeito pozolânico e os efeitos físicos – efeito microfíler e de refinamento dos poros e dos produtos de hidratação do cimento. O aumento da resistência para Mendes (2002), do concreto contendo superplastificantes e sílica ativa, está associado a uma microestrutura mais densa e com menos vazios. A adição de sílica ativa promove uma diminuição da porosidade e torna a microestrutura do concreto mais densa e compacta, produzindo em um material com

desempenho superior ao concreto convencional, capaz de proteger o concreto contra os agentes agressivos (VIEIRA et al., 1997).

De acordo com Dal Molin (2005), as partículas das adições agem na zona de transição, interferindo no movimento das partículas em relação aos sólidos, reduzindo a exsudação de água no local e interferindo no crescimento orientado dos cristais de hidróxido de cálcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$. As ações químicas das adições são caracterizadas, principalmente, pela capacidade de reação com a portlandita, formando silicato de cálcio hidratado (C-S-H).

Dal Molin (2005) descreve que as adições minerais podem ser inertes, causando um efeito físico e promovendo uma maior compacidade do material devido ao melhoramento no empacotamento das partículas (efeito microfíler). As partículas podem agir também como ponto de nucleação, influenciando a cinética de hidratação, provocando uma diminuição do espaço de crescimento dos hidratos, gerando uma grande quantidade de pequenos cristais ao invés de uma pequena quantidade de grandes cristais. De acordo com Bosiljkov (2003), a adição de fíler calcário traz diversos efeitos sobre as propriedades do concreto no estado fresco e endurecido. Este age como ponto de nucleação para o C-S-H e o CH durante a hidratação nas primeiras idades, acelerando a hidratação dos minerais do clínquer, especialmente o C3S, resultando em um aumento da resistência nas primeiras idades.

De acordo com Nita (2006) o cimento portland, quando utilizado juntamente com as pozolanas, geraram matrizes mais duráveis, devido a reação pozolânica que consome parte do hidróxido de cálcio formando compostos do grupo dos silicatos e aluminatos de cálcio hidratados.

A reatividade pozolânica, a estrutura de poros, a superfície específica e o tamanho das partículas das cinzas de casca de arroz (CCA) são os parâmetros que influenciam a hidratação do cimento, a microestrutura de matriz de cimento e a resistência à compressão. As CCA reagem com água e com o hidróxido de cálcio produzido durante a hidratação do cimento, gerando o C-S-H. Sendo os responsáveis pelo preenchimento dos poros capilares para melhorar a microestrutura da matriz de cimento e a zona de transição resultando no melhoramento da resistência à compressão (Le et al., 2016).

A morfologia dos agregados afeta a sua mobilidade durante o fluxo do concreto, o empacotamento dos mesmos e a quantidade de pasta necessária para cobri-los e preencher a porosidade Inter granular impactando assim de maneira significativa na trabalhabilidade (REBMANN et al., 2015).

A presença de CAA proporciona o aumento da hidratação do cimento devido aos seus locais de nucleação e diluindo os efeitos, particularmente em idades precoces (LOPES, 2016).

Lorini et al., (2015) relata que quando ocorre a substituição parcial de cimento por microssílica da cinza de casca de arroz (MCCA) percebe-se que a MCCA aumentou o teor de água quimicamente combinada, devido as reações de hidratação do cimento nas primeiras idades e as reações pozolânicas da cinza em idades mais avançadas. Assim, quanto maior for o teor de água quimicamente combinada, maior será a hidratação dos compostos cimentícios.

2.6 PROPRIEDADES

2.6.1 concreto auto adensável no estado fresco.

2.6.1.1 Trababilidade

Segundo Khrapko (2012) a trababilidade do CAA deve pela facilidade em que o mesmo se deforme, mudando seu formato rapidamente somente com seu próprio peso. O significado de capacidade de preenchimento inclui a distância que o CAA atinge ao ser derramado e a velocidade com que flui. Em casos onde haja aberturas estreitas na fôrma ou se o reforço for complexo, deve-se evitar bloqueio de agregado áspero na ponte de transição. Essa propriedade está relacionada com a capacidade de passagem do CAA. A fim de atingir uma boa capacidade de preenchimento, deve se encontrar um bom equilíbrio entre a deformabilidade e a velocidade de deformação do CAA. Sua capacidade de deformação é geralmente avaliada como o diâmetro final de escoamento em uma placa de teste de slump flow onde deve ter uma faixa de fluidez de 600 a 750 milímetros (mm) sendo a ideal para este concreto, é estando bastante relacionada com limite de escoamento. A velocidade de deformação pode ser avaliada pelo tempo em que o CAA demora para se espalhar através de um diâmetro de 500 mm em placas de slump flow (T500) se o tempo for baixo, indica que o concreto está muito fluido; se o tempo for alto, indica que o concreto está muito coeso e deve, em ambos os casos, ser corrigido, ou o tempo que leva para o CAA escorrer em funil em V e está bastante relacionada com a viscosidade plástica.

2.6.1.2 Consistência

A consistência do concreto relaciona-se ao estado de fluidez da mistura tendo assim influência direta na trabalhabilidade do concreto. O termo consistência está relacionado a características inerentes ao próprio concreto e está mais relacionado com a mobilidade da massa e a coesão entre seus componentes (GOMES,2002).

Segundo Tukikian e Dal Molin (2007) a quantidade de finos está diretamente ligada a característica de consistência do CAA, uma vez que os finos aumentam a coesão, deixando o mesmo homogêneo e trabalhável.

2.6.1.3 Coesão

Essa é uma propriedade fundamental para o CAA, onde deve conter aspecto coeso quando tem teor de argamassa suficiente para envolver os grãos do agregado graúdo e a massa da mistura, assim passando através de diversos obstáculos e junto a formas complexas sem sofrer segregação ou bloqueio, nem perda da coesão (METHA E MONTEIRO,1994).

A coesão no CAA pode ser verificada visualmente, percebendo-se a argamassa do concreto envolve todos os grãos do agregado graúdo, mantendo – se assim como um material homogêneo, resistindo a segregação e a exsudação (TUKIKIAN e DAL MOLIN,2008).

2.6.1.4 Exsudação

Exsudação é a tendência da água de amassamento vir à superfície do concreto recém lançado, devido a sua densidade ser menor que a dos agregados e a do cimento, sendo um efeito de segregação da pasta de cimento. Como os grãos de areia são mais pesados que a água que os envolvem, são forçados, por gravidade, a uma sedimentação e um afloramento do excesso de água, expulso das porções inferiores. Esse fenômeno ocorre antes do início da pega, e pode prejudicar a uniformidade, a resistência e a durabilidade dos concretos (BAUER, 1994).

Segundo Repette (2007) a ocorrência da exsudação se dá pelo os insucessos de se adquirir as características mínimas para se tornar um CAA, não obtendo valores satisfatórios nos ensaios de espalhamento com diâmetro maior ou igual a 600mm.

2.6.1.5 Segregação

E quando a mistura se torna heterogênea, ocorrendo a separação dos materiais componentes, ocorre com misturas de concreto por excesso de vibração durante o adensamento ou lançamento em alturas elevadas, com o conseqüente aparecimento de ninhos ou bicheiras, que o adensamento não conseguirá eliminar. Fato que também ocorre com misturas de concreto por excesso de vibração durante o adensamento ou lançamento em alturas elevadas (BAUER, 1994).

Segundo Gomes e Barros (2009) é a propriedade que caracteriza a eficiência do CAA de evitar a separação de seus elementos, como a separação do agregado graúdo dos demais componentes do concreto. Essa propriedade melhora a uniformidade da mistura durante o transporte, o lançamento e a consolidação sendo o mecanismo que governa essa propriedade é a viscosidade e a coesão da mistura.

2.6.2 Concreto Auto Adensável No Estado Endurecido

2.6.2.1 Resistência à Compressão

“A resistência de um material pode ser definida como a capacidade deste resistir sem ruptura”. (METHA; MONTEIRO, 1994). A resistência é um fator importante, uma vez que através de um ensaio de compressão, o material é caracterizado quanto a sua qualidade. O ensaio é relativamente simples e segura e revela o parâmetro fundamental do concreto que é sua resistência.

No CAA a resistência a compressão será definida através da dosagem e da mistura dos materiais, proporcionando maiores ou menores resistências ao longo das idades, ou seja, o CAA poderá ter fissuração de secagem e alto calor de hidratação se for dosado com alta quantidade de cimento (TUKIKIAN e DAL MOLIN, 2008).

Segundo a NBR 5739 de 2007, os ensaios de compressão são realizados com corpos-de-prova cilíndricos com dimensões padronizadas de diâmetro 10 e 15cm, e alturas de 20 e 30cm, e, após moldados são mergulhados em tanque de cura e rompidos em idades pré definidas, segundo usualmente aos 03, 07, 14 e 28 dias sendo possível sua ruptura em qualquer idade, de acordo com a necessidade.

2.6.2.2 Durabilidade

O concreto durável não deve apresentar fissuração e deve ter boa rigidez, segundo Mheta e Monteiro (1994) a durabilidade do concreto estabelecida como capacidade de resistir à ação das intempéries, ataques químicos, abrasão ou qualquer outro processo de deterioração. Um concreto durável conservará suas características originais, qualidade e capacidade de utilização quando exposto aos agentes agressivos de seu meio como:

- Efeitos da temperatura;
- Ataque de líquidos ou gases abrasivos;
- Abrasão;
- Erosão;
- Ação eletrolítica;

A durabilidade do CAA segue as mesmas características da resistência a compressão, uma vez que depende do tipo de dosagem a ser utilizada e dos materiais utilizados na sua mistura, podendo gerar uma alta ou baixa durabilidade do CAA (TUKIKIAN e DAL MOLIN,2008).

2.6.2.3 Permeabilidade

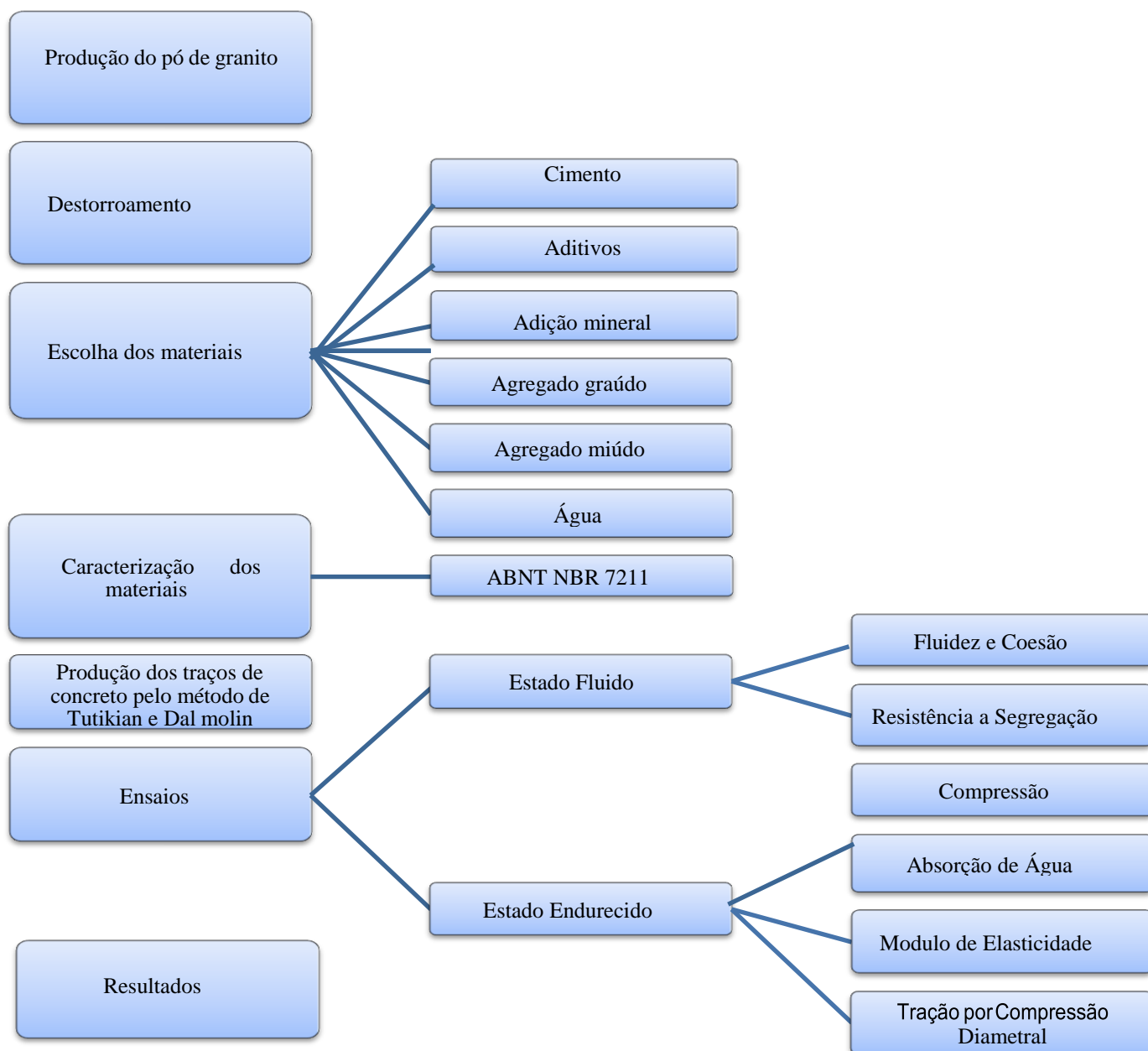
A absorção de água é diretamente proporcional à permeabilidade, pois quanto mais água o concreto absorver, mais permeável ele será. De acordo com Metha e Monteiro (1994) a água tem função no concreto de hidratar o cimento, dependendo da relação água/cimento, das condições ambientais, do tempo de cura, e da espessura de um elemento de concreto, a maioria da água é evaporável sendo perdida deixando vazios ou poros não saturados no concreto.

A permeabilidade da pasta de cimento diminui à medida que se processa a hidratação, pois a redução do coeficiente de permeabilidade é tanto maior quanto menor for a relação água/cimento da pasta (NEVILLE, 1982).

3 METODOLOGIA

A metodologia aplicada para realização deste trabalho, é caracterizado como pesquisa básica, exploratória, experimental e laboratorial, propondo a utilização do pó de granito substituindo o agregado miúdo (areia natural) no CAA. Tendo como base para o estudo o método de dosagem de concreto auto adensável definido por Tutikian e Dal Molin (2007), baseado nos parâmetros do método do IPT/EPUSP. Para atingir os objetivos propostos, a metodologia empregada no presente trabalho foi desenvolvida de acordo com as etapas apresentadas no fluxograma a seguir.

Figura 2 :Fluxograma- Processo construtivo do trabalho



Fonte: Próprio autor ,2019.

3.1 Produção do agregado miúdo artificial

3.1.1 Obtenção Do Material

O material foi obtido em uma marmoraria de Palmas em forma de lama e foi encaminhado ao laboratório de engenharia civil do CEULP/ULBRA para secagem.

3.1.2 Secagem do material

O material foi seco em estufa no laboratório de estruturas do CEULP/ULBRA.

3.1.3 Destorroamento Do Material

O material foi moído utilizando o moedor de esferas, sendo mais adequado, devido a necessidade de moer o material até que alcance uma homogeneidade.

3.1.4 Peneiramento Do Resíduo

O material em condições homogêneas passou pelo ensaio de determinação composição granulométrica segundo a NBR 7217/1987, onde serão considerados areias o material passante na peneira 4,8 mm, e filler o material retido na peneira 0,15mm.

3.2 Escolha dos materiais

3.2.1 Cimento

O cimento mais indicado para utilização no traço foi o CP-II F 40, por apresentar maior grau de finura que proporciona uma cura em curto período de tempo e com alta resistência em todas as idades.

3.2.2 Agregado graúdo

Foi utilizado é a brita 1 de origem granítica e proveniente da região de Palmas/TO. Seguindo recomendação de Tutikian e Dal Molin a dimensão máxima utilizada não deverá ultrapassar 19 mm.

3.2.3 Agregado miúdo

Os agregados miúdos que foram utilizados é a areia média, que é proveniente da região de Palmas/TO, para a produção do traço de referência e o resíduo do pó de granito para os traços comparativos, mistura de areias com módulo de finura diferente para conferir melhor desempenho do CAA.

3.2.4 Adição mineral

A adição mineral que foi utilizada e sílica ativa, no CAA traz diversas vantagens, como elevado aumento da coesão, redução acentuada da exsudação e segregação, melhores condições de fluidez em função do formato esférico das partículas.

Segundo Ribeiro e Leal (2011) com o artigo “viabilidade técnica e econômica da produção do concreto auto adensável na cidade de Palmas-TO” publicado pelo instituto brasileiro de concreto (IBRACON) onde o teor de sílica ativa utilizados na composição do CAA variam entre 10 e 12% em relação a massa de cimento.

3.2.5 Aditivo

Foi utilizado o aditivo hiperplastificante de 3º geração, aditivo a base de polycarboxilatos, isentos de cloretos, fornece ao concreto no estado fresco uma redução acentuada da água de amassamento para uma mesma consistência, aumento da fluidez com manutenção desta por tempo prolongado além do aumento de coesão do concreto, já no estado endurecido, proporciona elevadas resistências mecânicas iniciais e finais, melhora a aderência e textura da superfície do concreto, reduz a permeabilidade, reduz retrações e fissuras de origem plástica, aumenta a durabilidade, prolonga a vida útil das estruturas.

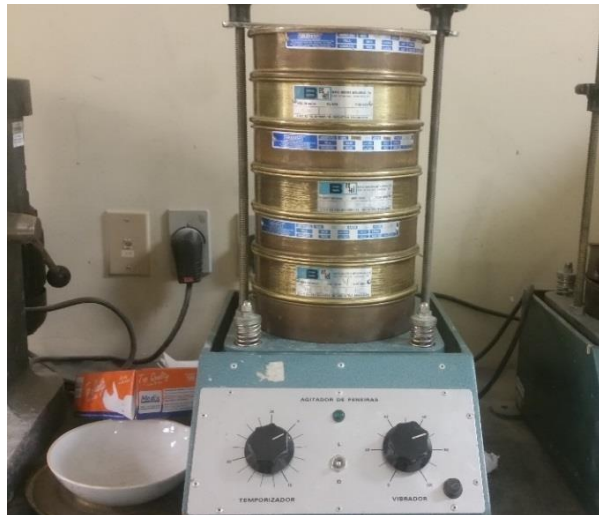
Segundo Ribeiro e Leal (2011) com o artigo “viabilidade técnica e econômica da produção do concreto auto adensável na cidade de Palmas-TO” publicado pelo instituto brasileiro de concreto (IBRACON) onde o teor de hiperplastificante a base de éter poli carboxílico para a produção de CAA e de 0,6% em relação a massa de cimento.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

3.3.1 Análise granulométrica

Foi realizado a caracterização granulométrica dos agregados graúdos (britas até 19 mm) e agregado miúdo (areia, para o traço referência e pó de granito para os traços comparativos), conforme a figura 3 abaixo, de acordo com ABNT NBR NM 248:2003.

Figura 3-Ensaio de Granulometria.

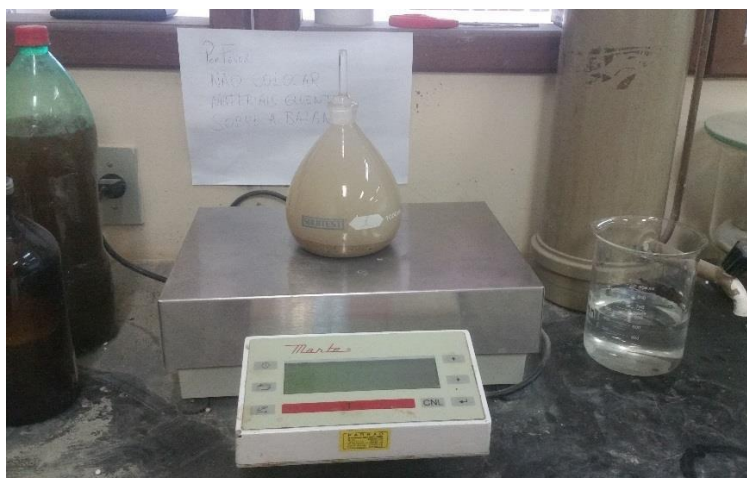


Fonte: Próprio autor 2019.

3.3.2 Determinação da massa específica

Foi realizado referente a ABNT NBR NM 52/2009 norma que estabelece o método de determinação da massa específica e da massa específica aparente dos agregados miúdos (areia e pó de granito) conforme a figura 4 abaixo.

Figura 4 - Determinação da massa específica do agregado miúdo.



Fonte: Próprio autor, 2019.

3.3.3 Determinação da massa unitária

De acordo com ABNT NBR NM 45/2006 foi realizado o ensaio para estabelecer a determinação da densidade a granel e do volume de vazios de agregados miúdos, graúdos ou de mistura dos dois, em estado compactado ou solto, conforma a figura 5 abaixo.

Figura 5 - Determinação da massa unitária do agregado graúdo.

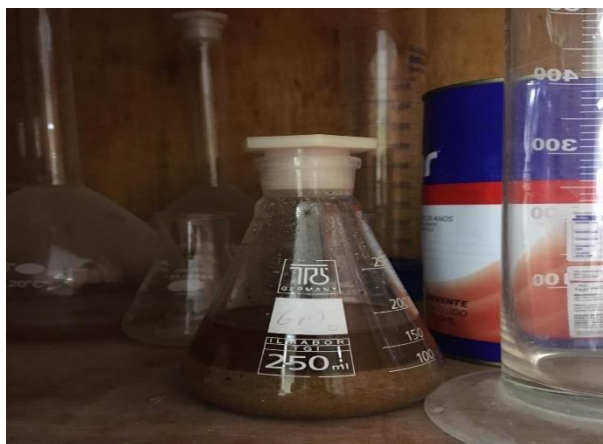


Fonte: Próprio autor, 2019.

3.3.4 Determinação de impurezas orgânicas

O ensaio foi realizado seguindo a ABNT NBR NM 49/ 2001, onde norma estabelece o método de determinação colorimétrica de impurezas orgânicas em agregado miúdo destinado ao preparo do CAA , conforme a figura 6.

Figura 6 - Ensaio de determinação das impurezas orgânicas



Fonte: Próprio autor, 2019.

3.3.5 Determinação do teor de materiais pulverulentos

O ensaio ocorreu segundo a ABNT NBR NM 46/ 2003, que estabelece o método para a determinação por lavagem, em agregados, da quantidade de material mais fino que a abertura de malha da peneira de 75 um. As partículas de argila e outros materiais que se dispersam por lavagem, assim como materiais solúveis em água, serão removidos do agregado durante o ensaio, conforme a figura 7 .

Figura 7 - Determinação do teor de materiais pulverulentos.



Fonte: Próprio Autor, 2019.

3.4 MÉTODO DE DOSAGEM UTILIZADO

Para a realização deste trabalho foi empregado o método de dosagem de concreto auto adensável definido por Tutikian e Dal Molin (2007), baseado nos parâmetros do método do IPT/EPUSP.

Foram produzidos 36 corpos de prova por traço (CP's) de dimensões de 10x20 de concreto auto adensável (CAA) com idades pre definidas em 3,7 e 28 dias no laboratório do CEULP/ULBRA para a realização de todos os ensaios necessários, onde 2 CP's serão para um traço referência de CAA convencional, 2 CP's de CAA com 15% de pó de granito onde este foi substituído em relação a massa do agregado miúdo (areia natural), 2 CP's de CAA com 30% de pó de granito onde este foi substituído em relação a massa do agregado miúdo e os últimos 2 CP's com o percentual de 50% de granito onde este foi substituído em relação a massa do agregado miúdo, conforme a tabela 2. O CAA produzido passará por ensaios no estado fresco e endurecido, para que assim sejam realizados um trabalho estatístico analisados e discutidos os possíveis resultados desse estudo.

Tabela 2: Teor de pó de granito na composição do agregado miúdo para a produção de CAA.

Teor de pó de granito no CAA (%)	Número de CP's
15	2 corpos de prova
30	2 corpos de prova
50	2 corpos de prova

Fonte: Próprio Autor, 2019.

3.5 PRODUÇÃO DOS TRAÇOS DE CONCRETO

Tendo como base para estudo o método desenvolvido por Tutikian e Dal Molin (2008), baseado nos parâmetros do IPT, foram dosados quatro traços para o desenvolvimento da pesquisa.

Traços de concreto auto adensável convencional produzido com 100% de areia natural, traço pobre (TCAAP) traço Intermediário (TCAAI), traço rico (TCAAR).

Traço de concreto auto adensável produzido com 85% de areia natural e 15% de pó de granito, traço pobre (TP15%), traço intermediário (TI15%), traço rico (TR15%).

Traço de concreto auto adensável produzido com 70% de areia natural e 30% de pó de granito, traço pobre (TP30%), traço intermediário (TI30%), traço rico (TR50%).

Traço de concreto auto adensável produzido com 50 % de areia natural e 50% de pó de granito, traço pobre (TP50%), traço intermediário (TI50%), traço rico (TR50%).

A quantidade de água foi determinada de forma experimental dosando o traço piloto até o mesmo alcançar um abatimento de 80mm +-10mm, obtendo os valores da relação água/cimento 0,62 , 0,58 e 0,50 para os traços.

Para dosagem dos traços de concreto auto adensáveis foram utilizados os traços unitários representado a seguir na tabela 1, com a adição de aditivo hiperplastificante e sílica ativa.

O teor de aditivo foi determinado seguindo recomendações do fabricante para alcançar o espalhamento mínimo SF2 (660 milímetros), sendo esse teor mínimo de 0,7% em relação a massa de cimento.

A quantidade de sílica foi determinada segundo estudos ao artigo “viabilidade técnica e econômica da produção do concreto auto adensável na cidade de palmas-TO (RIBEIRO E LEAL,2011) ” publicado pelo instituto brasileiro de concreto (IBRACON) onde o teor de sílica ativa utilizados na composição do CAA variam entre 10 e 12% em relação a massa de cimento , sendo adotado para este trabalho o teor de 10% de sílica ativa.

Segundo estudos relacionados ao trabalho “estudo de concreto auto adensável com agregado miúdo reciclado de concreto usinado”(SANTOS,2017) , onde após realização do empacotamento foi encontrado um teor de argamassa de 54% , mas que não foi suficiente para que os traços obtivessem os quesitos mínimos de auto adensabilidade , assim determinando como teor de argamassa mínimo 55% , assim para esse trabalho foi adotado o teor de argamassa de 58% para que passe por análise podendo atender os critérios de auto adensabilidade proposto. Abaixo na tabela 3 temos os traços unitários de concreto auto adensável utilizados para a realização desta pesquisa. Nas tabelas 4 , 5 ,6 e 7 temos os teores de argamassa , o quantitativo de materiais e relação água/cimento dos traços desenvolvidos.

Tabela 3-Traços unitários

Traço Unitário de Concreto Auto Adensável

Traço	Teor de argamassa	Traço Unitário			Aditivo (%)	Sílica (%)	a/c
		Cimento	Areia	Brita			
Pobre	58	1	3,15	3,35	0,07	10	0,50
Intermediário	58	1	2,48	2,52	0,07	10	0,58
Rico	58	1	1,61	1,89	0,07	10	0,62

Fonte: próprio autor,2019.

Tabela 4- Composição do traço de CAA referência.

TRAÇO REFERENCIA (TR)

Composição dos traços	Traços	Pobre	Intermediário	Rico
	Teor de Argamassa (%)	58	58	58
	Consumo de Cimento (kg)	5,97	7,94	10,58
	Consumo de Areia Natural (kg)	18,80	19,69	17,03
	Consumo de Brita (kg)	20	20	20
	Consumo de Agua (L)	3,70	4,6	5,3
	Relação Agua/Cimento	0,5	0,58	0,62
	Consumo de Aditivo Superplastificante 0,7 % (g)	44,45	55,58	74,06
	Consumo de Sílica Ativa 10 % (g)	635	794	1058

Fonte: próprio autor,2019.

Tabela 5 - Composição do traço de CAA com 15% de pó de granito.

TRAÇO COM 15% DE PÓ DE GRANITO (TR15%)

Composição dos traços	Traços	Pobre	Intermediário	Rico
	Teor de Argamassa (%)	58	58	58
	Consumo de Cimento (kg)	5,97	7,94	10,58
	Consumo de Areia Natural (kg)	15,98	16,73	14,48
	Consumo de Brita (kg)	20	20	20
	Consumo de Agua (L)	3,70	4,6	5,3
	Relação Agua/Cimento	0,5	0,58	0,62
	Consumo de pó de granito(Kg)	2,82	2,95	2,55
	Consumo de Aditivo Superplastificante 0,7 % (g)	44,45	55,58	74,06
Consumo de Sílica Ativa 10 % (g)	635	794	1058	

Fonte: próprio autor,2019.

Tabela 6 - Composição do traço de CAA com 30% de pó de granito

TRAÇO COM 30% DE PÓ DE GRANITO (TR30%)

Composição dos traços	Traços	Pobre	Intermediário	Rico
	Teor de Argamassa (%)	58	58	58
	Consumo de Cimento (kg)	5,97	7,94	10,58
	Consumo de Areia Natural (kg)	13,16	13,80	11,92
	Consumo de Brita (kg)	20	20	20
	Consumo de Água (L)	3,70	4,6	5,3
	Relação Água/Cimento	0,5	0,58	0,62
	Consumo de pó de granito(Kg)	5,64	5,90	5,10
	Consumo de Aditivo Superplastificante 0,7 % (g)	50,8	55,58	74,06
	Consumo de Sílica Ativa 10 % (g)	635	794	1058

Fonte: próprio autor,2019.

Tabela 7 - Composição do traço de CAA com 50% de pó de granito

TRAÇO COM 50% DE PÓ DE GRANITO (TR50%)

Composição dos traços	Traços	Pobre	Intermediário	Rico
	Teor de Argamassa (%)	58	58	58
	Consumo de Cimento (kg)	5,97	7,94	10,58
	Consumo de Areia Natural (kg)	9,4	9,85	8,52
	Consumo de Brita (kg)	20	20	20
	Consumo de Água (L)	3,68	4,6	6,13
	Relação Água/Cimento	0,5	0,58	0,62
	Consumo de pó de granito (Kg)	9,4	9,85	8,52
	Consumo de Aditivo Superplastificante 0,7 % (g)	63,5	55,58	74,06
	Consumo de Sílica Ativa 10 % (g)	635	794	1058

Fonte: próprio autor,2019.

3.6 ENSAIOS NO ESTADO FLUIDO

Foram realizados ensaios no laboratório de engenharia civil do CEULP/ULBRA, para determinar as características do concreto auto adensável com a utilização do pó de granito, após a produção do CAA no estado fresco foi verificada as propriedades de auto adensabilidade dos traços de CAA segundo as NBR's pertinentes para cada ensaio.

3.6.1 Slump flow

Esse ensaio foi executado segundo a NBR 15823-2/20010- Concreto auto adensável -determinação do espalhamento, do tempo de escoamento e do índice de estabilidade visual – método de Abrams. O slump flow test é utilizado para medir a eficiência do CAA de fluir livremente sem segregar. A medida de fluidez a ser alcançada do CAA é o diâmetro do círculo formado pelo concreto. Também permite que seja visualizado a olho nu, se o concreto está segregando ou não conforme as figuras 8 e 9 abaixo.

Utiliza-se esses equipamentos para a realização do ensaio:

- Uma base quadrada reta, lisa e de material sólido que não solte material, com dimensões de, no mínimo, 90 cm.
- Cone de Abrams (diâmetro superior de 10 cm e inferior de 20 cm, com altura de 30 cm).
- Tronco de cone invertido.
- Urna colher do tipo concha ou um balde.
- Uma trena ou uma régua de, no mínimo, 90 cm.

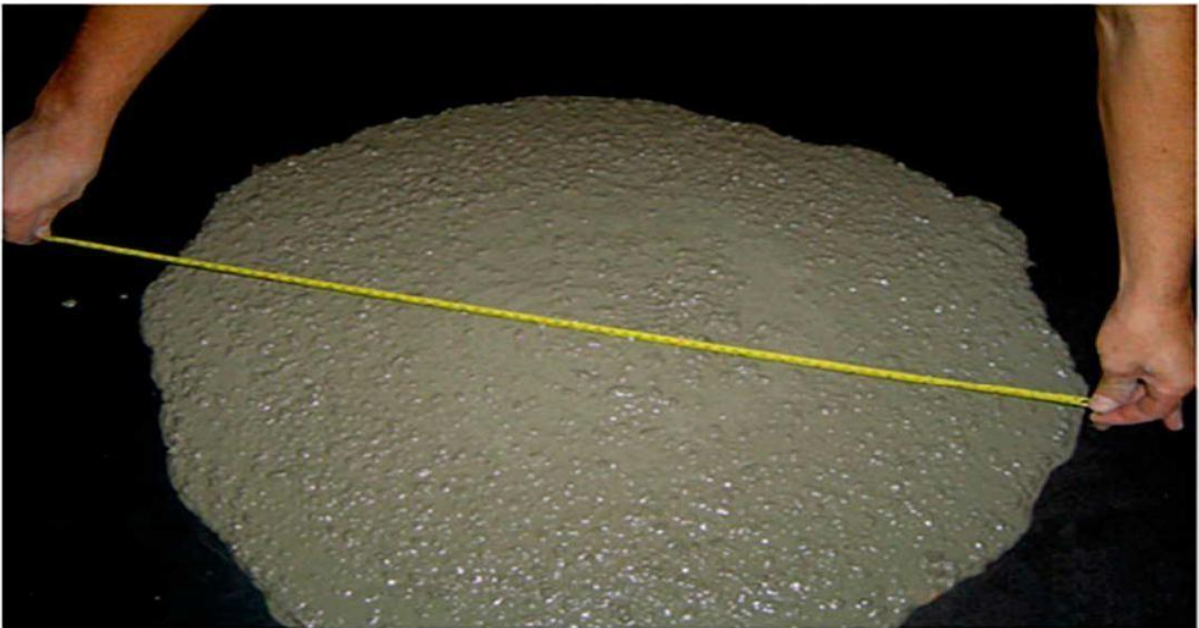
Para esse trabalho foi adotado a classe SF2 como parâmetro para o slump flow test, onde seu diâmetro mínimo deverá ser de 660 milímetros segundo a NBR15823/2010, proporcionando maior fluidez para o CAA conforme a tabela 8 da NBR15823/2010.

Tabela 8-Classes de espalhamento do CAA em função de sua aplicação.

Classe de espalhamento	Espalhamento (mm)	Aplicação
SF1	550 a 650	Estruturas não armadas ou com baixa taxa de armadura e embutidos. Exigência de curta distância de espalhamento horizontal.
SF2	660 a 750	Adequada para a maioria das aplicações correntes.
SF3	760 a 850	Estruturas com alta densidade de armadura ou forma complexa, com uso de agregado graúdo menor que 12,5 mm.

Fonte: ABNT NBR 15823-1, 2010.

Figura 8: Slump flow test- Mistura sem segregação.



Fonte: Tutikian e Dal Molin, 2008.

Figura 9 : Slump flow test- Mistura com segregação



Fonte: Tutikian e Dal Molin, 2008

3.6.2 Slump flow T50 test.

. O slump flow T50 cm test é uma versão modificada do slump flow, onde os métodos e os equipamentos são os mesmos seguindo NBR 15823-2/20010, tendo como diferença a marcação de um círculo de 500 mm de diâmetro centrado na base, e o uso de um cronômetro para que se complete o ensaio ,conforme a figura 10 abaixo. O ensaio é realizado simultaneamente com o slump flow test, assim que o cone for erguido verticalmente, deve acionar o cronômetro e marcar o tempo em que o concreto alcança a marca de 500 mm (TUKIKIAN,2004).

Figura 10 : Ensaio com slump flow test e slump flow T 50cm test.



Fonte: Tutikian e Dal Molin, 2008.

Para esse trabalho foi adotado a classe VS1/VF1 como parâmetro para o slump flow T50 test, onde o tempo em que o CAA deve levar para alcançar a dimensão de 500 mm seja maior ou igual a 2 segundos, segundo a tabela 9 da NBR15823/2010.

Tabela 9 -Classes de viscosidade plástica aparente do CAA em função de sua aplicação.

Classe de viscosidade plástica aparente	Tempo (s)	Aplicação
VS1 / VF1	$t_{500} \leq 2$ e funil V ≤ 8	Estruturas com alta densidade de armadura e embutidos, mas com exigência de controle de exsudação e segregação.
VS2 / VF2	$t_{500} > 2$ e funil V entre 9 e 25	Adequada para a maioria das aplicações correntes. Efeito tixotrópico ¹⁵ , menor pressão das fôrmas, e melhor resistência à segregação. Efeito negativo no aprisionamento de ar e preenchimento de cantos.

Fonte: ABNT NBR 15823-1, 2010.

3.6.3 J-ring test.

Conforme a NBR 15823-3/2010 foi realizado o ensaio j-ring test para aferir a resistência a segregação do CAA. O ensaio que representa a situação real que o CAA deve enfrentar com as armaduras de uma estrutura. O instrumento é constituído por um anel com 16 barras de aço espaçadas de 25 a 50 milímetros. Comumente a abertura do anel é de 300 mm, a altura é de 100 mm, conforme a figura 11 abaixo.

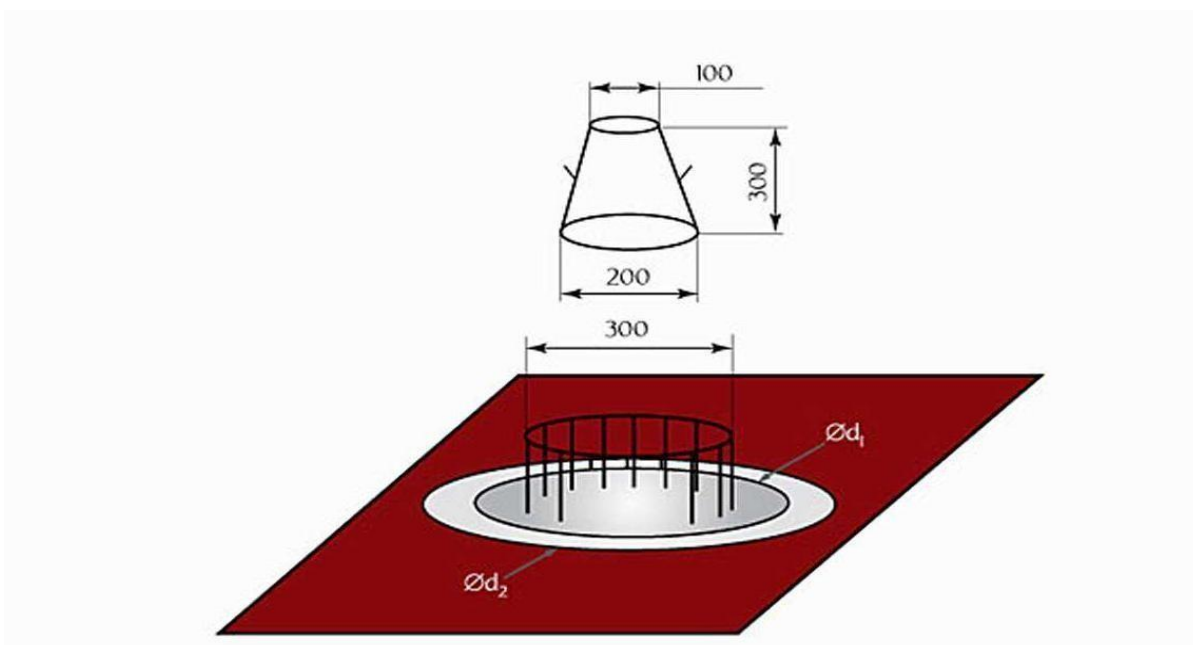
Para a realização do *ensaio* é essencial dois operadores, o anel metálico, o tronco de cone e base do *Slump flow test*, um cronômetro, uma trena, uma concha côncava e uma espátula.

Materiais utilizados:

- Anel metálico;
- Tronco de cone;
- Base do slump flow;
- Cronômetro;
- Trena;
- Concha côncava

Deve se umedecer os equipamentos e colocá-los no chão firme, preenchendo o concreto até o topo do tronco de cone, sem compactação externa ou vibração. Levanta-se o molde verticalmente e cronometra, até alcançar o círculo de 500 mm, medimos o espalhamento as duas dimensões sendo classificado como PL1/PJ1 conforme a tabela 10 da NBR15823/2010.

Figura 11: Ensaio do anel J.



Fonte: Tutikian e Dal Molin, 2008

Tabela 10 -Classes de habilidade passante do CAA em função de sua aplicação

Classe de habilidade passante	Resultado do Anel J (mm) e da Caixa L (H2/H1)	Aplicação
PL1 / PJ1	Anel J: 25 a 50 (com 16 barras de aço) Caixa L: (H2/H1) ≥ 0,80 (com duas barras de aço)	Adequada para elementos estruturais com espaçamentos de armadura de 80 a 100 mm.
PL2 / PJ2	Anel J: 0 a 25 (com 16 barras de aço) Caixa L: (H2/H1) ≥ 0,80 (com três barras de aço)	Adequada para a maioria das aplicações correntes. Elementos estruturais com espaçamentos de armadura de 60 a 80 mm.

Fonte: ABNT NBR 15823-1, 2010.

3.7 ENSAIO NO ESTADO ENDURECIDO

Para os traços de CAA foram moldados 12 CP's corpos de provas com dimensões de 10cm x 20cm, sem vibração ou compactação interna, o CAA deve simplesmente fluir para o interior das fôrmas, com 24 horas de moldados, conforme a tabela 11 da NBR 5738/2015, e mantidos no processo de cura úmida até a idade de rompimento.

Tabela 11- Relação da quantidade de corpos de provas por traço de concreto.

Ensaio	Normas	Idades	Num de CP's / Idade	Total de Cp's
Compressão axial	NBR 5739/2007	03, 07, 28 dias	02	06
Absorção de água	NBR 9778/2009	45 dias	02	02
Modulo de elasticidade	NBR 8522/2008	28 dias	02	02
Tração por Comp. Diametral	NBR 7222/2011	28 dias	02	02
			Total de CP's /Traço	12

Fonte: Próprio autor, 2019.

3.7.1 Resistência A Compressão Axial

Foi realizado no laboratório de estruturas o ensaio de resistência a compressão axial nas idades de 3,7, e 28 dias, conforme a NBR 5739/2007 ensaio de compressão a corpos de prova cilíndrico.

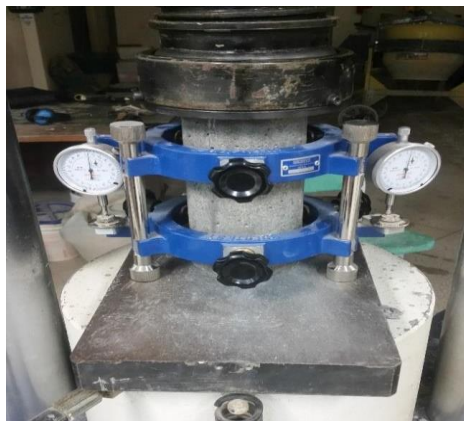
3.7.2 Absorção de água.

O ensaio de absorção de água foi realizado segundo a NBR 9778/2009- Argamassas e concretos endurecidos -determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica, o ensaio será realizado com a idade de 45 dias, com a função de medir a porcentagem de absorção de água no concreto.

3.7.3 Modulo de elasticidade

O procedimento deste ensaio foi realizado segundo a NBR 8522/2008- Concreto – Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação e da curva tensão deformação, conforme a figura 12 , sendo realizado na sua última idade de 28 dias.

Figura 12 - Ensaio de modulo de elasticidade.



Fonte: próprio autor 2019.

3.7.4 Tração por compressão diametral

A resistência à tração dos concretos foi verificada por meio de corpos de prova cilíndricos com dimensões de 15cm x 30 cm segundo a NBR 7222/2011 conforme a figura 13. Os ensaios para a determinação das resistências serão realizados no laboratório de engenharia civil do CEULP/ULBRA, em prensa na idade de 28 dias, a partir da moldagem.

Figura 13- Ensaio de Tração por compressão diametral.



Fonte: próprio autor 2019.

4 RESULTADOS E DISCURSOES

4.1. Caracterização dos agregados

Essa pesquisa e de cunho experimental através do método de dosagem IPT/EPUSP para a produção dos traços de concreto auto adensáveis.

Foram realizados ensaios de caracterização dos agregados utilizados(areia natura , pó de granito e brita 1) para a produção dos traços de concreto segundo a NBR NM248:2003, assim como os resultados dos ensaios do concreto no estado fluido e endurecido.

os seguintes passos: a produção do pó de granito e a escolha dos demais materiais foram realizados os ensaios de caracterização dos mesmos através dos ensaios determinados pelas normas vigentes NBR's.

4.1.1Análise granulométrica dos agregados miúdos e graúdos.

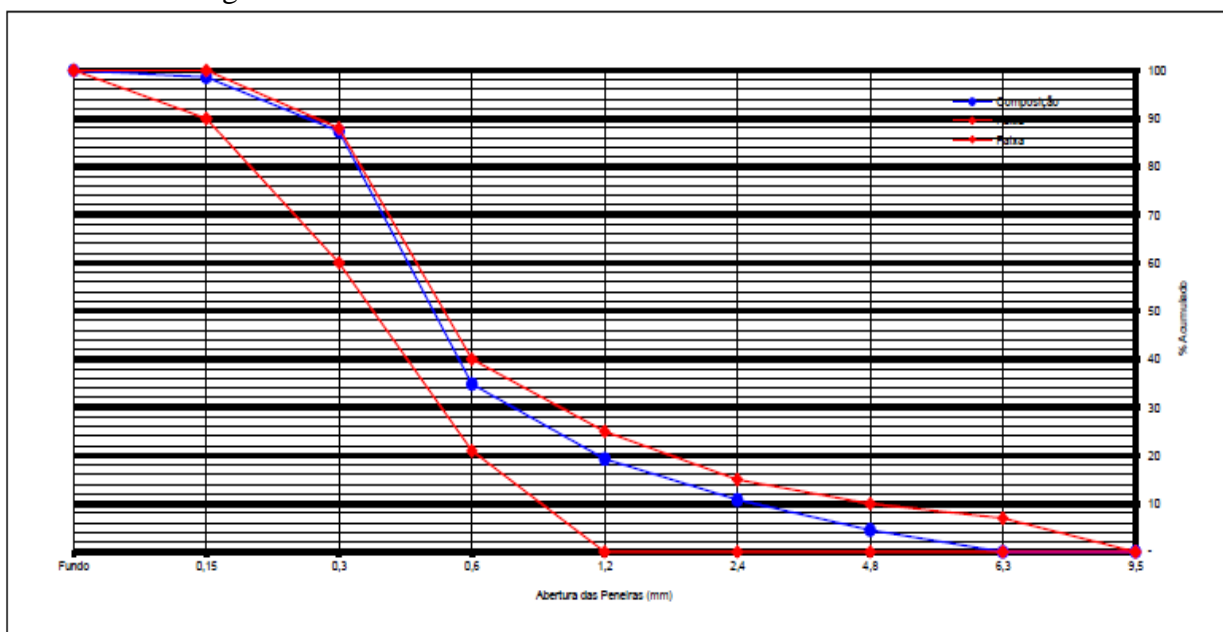
Na tabela 12 e no gráfico 1 são apresentados a distribuição granulométrica do agregado miúdo areia média utilizados para esse experimento.

Tabela 12: Análise granulométrica da areia média.

Peneiras	1º Amostra		2º Amostra		% Retida	% Retida
	Peso Retido (g)	% Retido	Peso Retido (g)	% Retido	Média	Acumulada
4,8	22,10	4,42%	23,40	4,68%	4,55%	4,55%
2,4	32,30	6,46%	30,30	6,06%	6,26%	10,82%
1,2	44,70	8,94%	40,20	8,04%	8,49%	19,3%
0,6	84,30	16,86%	71,0	14,20%	15,53%	34,83%
0,3	253,2	50,64%	272,0	54,40%	52,52%	87,35%
0,15	56,40	11,28%	55,70	11,14%	11,21%	98,48%
Fundo	7,0	1,4%	7,40	1,48%	1,44%	100,00%
Total	500	100%	500	100%	100%	100.0%
Diâmetro Máximo =			4,8	Modulo de Finura =		2,58

Fonte: Próprio Autor,2019.

Gráfico 1: Curva granulométrica da areia.



Fonte: Próprio Autor,2019.

A areia utilizada para a execução desse trabalho foi areia média proveniente da região de Palmas, que passou pelo ensaio de granulometria e foi determinado o módulo de finura de 2,58.

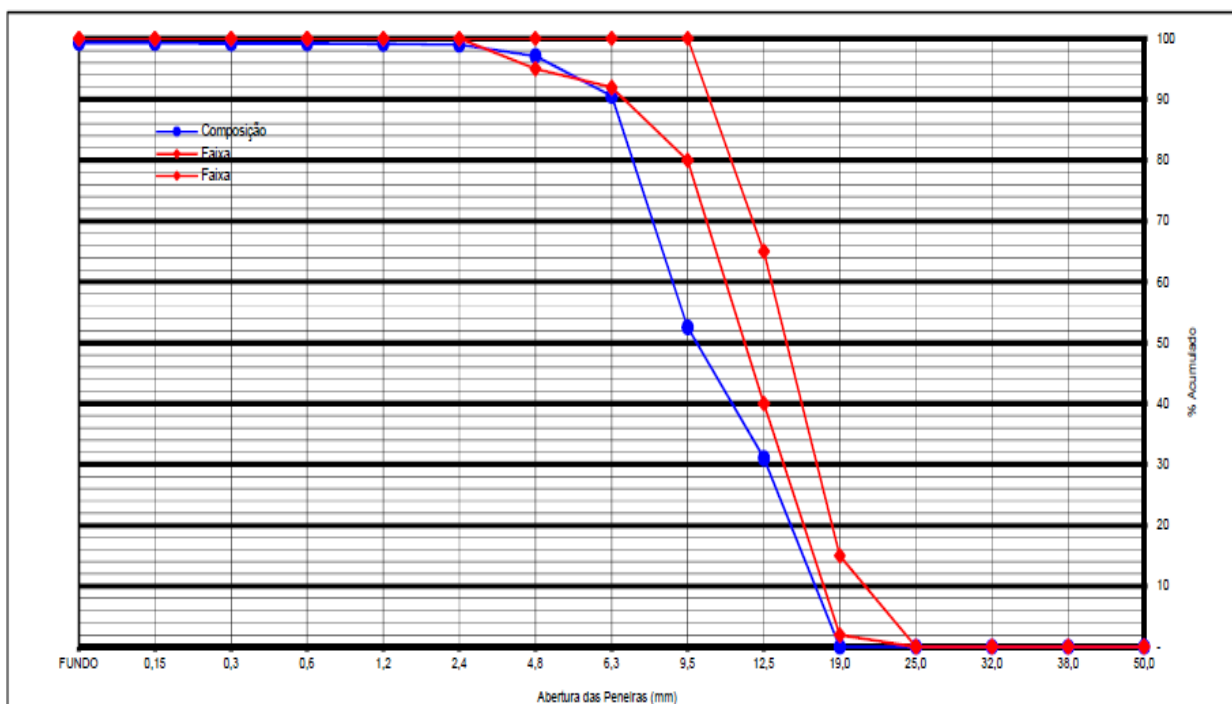
Na tabela 13 e no gráfico 2 são apresentados a distribuição granulométrica do agregado graúdo brita 1 (19 mm) utilizado para a produção dos traços.

Tabela 13 - Análise granulométrica do agregado graúdo

GRANULOMETRIA AGREGADO GRAÚDO - BRITA						
Peneira	1º Amostra		2º Amostra		% Retida	% Retida
	Peso Retido	% Retida	Peso Retido	% Retida	Média	Acumulada
19	0	0	0	0,00%	0%	0%
12,5	2,2799	45,63%	2,463	49,27%	47,45%	47,45%
9,5	0,986	19,73%	0,912	18,24%	18,99%	66,44%
6,3	0,916	18,33%	0,826	16,52%	17,43%	83,87%
4,75	0,2	4,00%	0,348	6,96%	5,48%	89,25%
2,36	0,11	2,20%	0,180	3,60%	2,90%	93,45%
1,16	0,17	3,40%	0,150	3,00%	3,20%	96,65%
600	0,095	1,9%	0,080	1,60%	1,75%	98,40%
300	0,12	2,4%	0,040	0,80%	1,60%	100,00%
Total	4,999	100%	4,999	100%	100%	681,59%
Diâmetro Máximo = 19mm				Módulo de Finura = 6,87		

Fonte: Próprio Autor,2019.

Gráfico 2: Curva granulométrica do agregado graúdo.



Fonte: Próprio Autor, 2019.

A tabela mostra que o agregado graúdo utilizado está dentro do limite sugerido pelo autor do método de dosagem Tutikian possuindo um diâmetro máximo de 19 mm, porém ao analisar o gráfico pode-se observar que o agregado não é distribuído de forma contínua o que pode influenciar no empacotamento dos grãos.

Ainda de acordo com o gráfico pode-se observar que o agregado graúdo possui um valor de materiais finos passantes na peneira de 4,75 mm acima do sugerido para essa zona granulométrica.

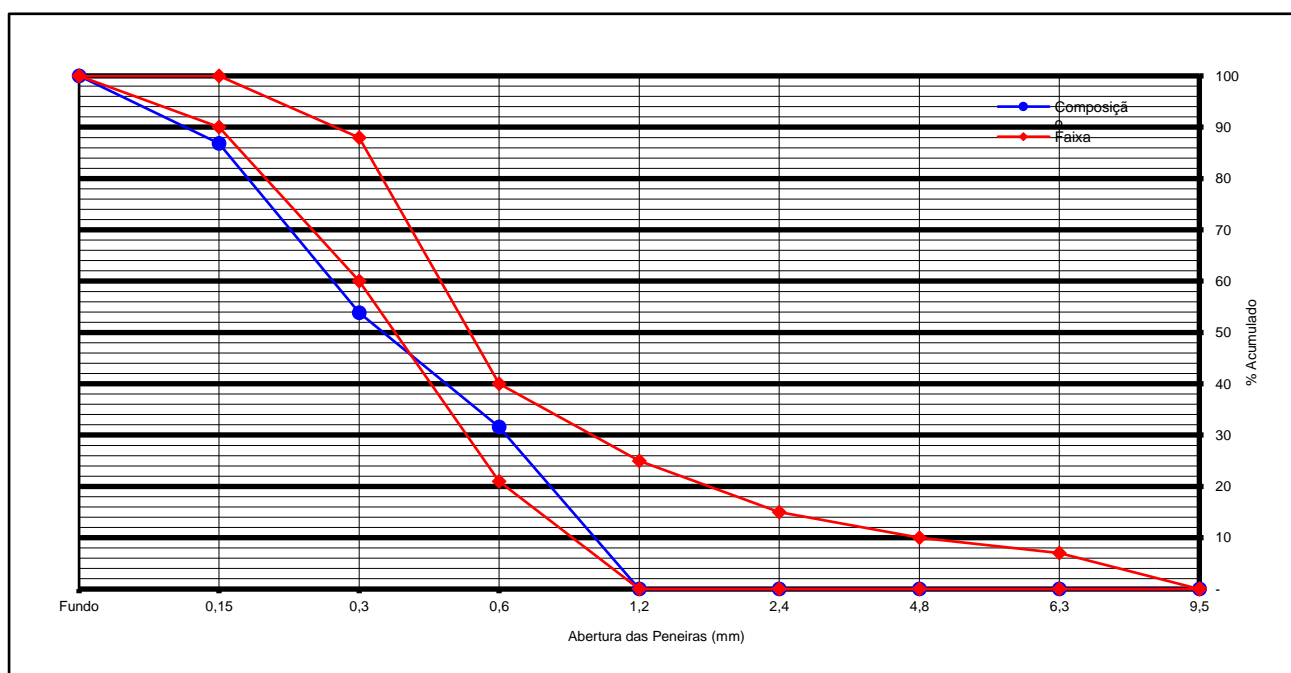
Na tabela 14 e no gráfico 3 é apresentado a distribuição granulométrica do agregado miúdo pó de granito que substituiu a areia natural nas proporções de 15%, 39% e 50% na produção dos traços.

Tabela 14: Granulometria do pó de granito

PENEIRA (mm)	1º DETERMINAÇÃO		2º DETERMINAÇÃO		% RETIDA MÉDIA	% RETIDA ACUMULADA
	PESO RETIDO (g)	% RETIDO	PESO RETIDO (g)	% RETIDO		
1.2	0	0	0	0	0	0
0.6	152,40	30,48	163,30	32,66	32,66	32,66
0.3	110,30	22,06	112,50	22,50	22,50	55,16
0.15	170,30	34,06	159,90	31,98	31,98	87,14
FUNDO	67,00	13,40	64,30	12,86	12,86	100,00
TOTAL	500,00	100,00	500,00	100,00	100,00	100,00
módulo de finura						1,75

Fonte: Próprio Autor,2019.

Gráfico 3: Curva granulométrica do pó de granito.



Fonte: Próprio Autor,2019.

Realizado o ensaio de granulometria do pó de granito obteve-se o módulo de finura de 1,75, um material mais fino que passa com facilidade na peneira 200 sendo classificado como areia fina.

4.1.2 Massa específica, Massa unitária, Material pulverulento e Matéria orgânica.

Foram realizados segundo as normas vigentes NBR's os ensaios de massa específica, massa unitária, materiais pulverulentos e matéria orgânica de todos os agregados que foram utilizados para a produção dos traços de CAA.

Tabela 15- Ensaio de caracterização dos agregados

Agregados	Massa Especifica (kg/m ³)	Massa unitária (Kg/m ³)	Pulverulento (%)	Matéria Orgânica
Areia	2620,0	1580,0	1,1	Mais Clara
Brita	2590,0	1360,0	0,75	Mais Clara
Pó de granito	2640,0	1480,0	4,0	Mais Clara

Fonte: Próprio autor 2019.

De acordo com os resultados dos ensaios propostos o agregado proveniente do polimento de rochas ornamentais o pó de granito apresentou um valor inferior em sua massa específica e massa unitária em relação aos demais agregados que foram utilizados na composição dos traços, areia media e brita 1.

O teor de material pulverulento dos agregados utilizados está dentro do limite determinado pela norma NBR 7211 e NBR NM 46, onde o valor de material pulverulento da areia resultou em 1,1%, da brita 0,75% e do pó de granito 4%.

O alto índice de material pulverulento do pó de granito indica que o mesmo só pode ser usado em peças de concreto que não estejam sujeitos a desgaste superficial ou seja pode ser utilizado para a confecção de pilares e vigas porem já pode ser utilizado em lajes.

4.2 ENSAIOS DO CONCRETO NO ESTADO FLUIDO

As tabelas a seguir apresentam os resultados dos ensaios do CAA no estado fluido, onde cada traço foi analisado para a verificação se os mesmos alcançaram as classes propostas para este trabalho segundo a NBR 15823-1, 2010 sendo elas, a classe SF2 (espalhamento entre 660 a 750 mm) no slump flow test , a classe VS2 (maior que 2 segundos) no T500 e a classe PL2 (armaduras com espaçamentos entre 60 e 80 mm) no G-ring test., conforme as tabelas 16 , 17 , 18 e 19 , e a representação dos ensaios pertinentes segundo as figuras 14 ,15, 16 e 17.

Tabela 16 - resultados no estado fluido no traço referência.

TRAÇO REFERENCIA (TR)

	Traços	Pobre	Intermediário	Rico
Ensaio no Estado Fresco	Auto Adensável?	Sim	Sim	Sim
	Slump Flow Test (mm)	666	678	686
	J Ring Test (mm)	528	535	526
	T500 (s)	2,2	2,4	2,2

Fonte: Próprio Autor, 2019.

Figura 14: Traço referência intermediário.



Fonte: Próprio Autor,2019.

Para a produção do concreto auto adensável é necessário se obter um alto teor de finos e a utilização de aditivos para que o mesmo se torne CAA. Os traços de concreto auto adensável de referência fabricados com areia natural tiveram resultados satisfatórios, dentro dos limites estabelecidos pela ABNT NBR 15823-1/2010, alcançando assim uma boa fluidez, coesão e resistência a segregação.

Segundo análise dos resultados dos ensaios no estado fluido os traços de CAA pobre, intermediário e rico foram classificados como SF2 no slump flow test, VS2 no T500 e PL2 no G-ring test, sendo indicados para a maioria das aplicações como vigas, pilares.

Tabela 17 -Composição dos traços TR15% e resultados no estado fluido.

TRAÇO COM 15% DE PÓ DE GRANITO (TR15%)

	Traços	Pobre	Intermediário	Rico
Ensaio no Estado Fresco	Auto Adensável?	Sim	Sim	Sim
	Slump Flow Test (mm)	687	690	700
	J Ring Test (mm)	540	538	560
	T500 (s)	2,7	2,9	2,8

Fonte: Próprio Autor, 2019.

Figura 15 - Slump Flow test TR15% Intermediario.



Fonte: Próprio Autor,2019.

Após análise dos ensaios no estado fluido do traço TR15% de CAA percebemos que a substituição da massa do agregado natural (areia media) por um agregado artificial (pó de granito) na proporção de 15% elevou o teor de finos, resultando em valores de espalhamento e coesão superior ao traço referência ,durante a sua produção foi mantido as quantidades de material ,agua e aditivo do traço referência do CAA.

Em resultado dessa substituição obteve-se uma melhora da coesão e consequentemente ouve o aumento do espalhamento do mesmo, os limites estabelecidos pela ABNT NBR 15823-1/2010 foram mantidos nesse traço. Os resultados dos ensaios dos traços pobre, intermediário e rico com 15% de pó de granito foram classificados como SF2, VS2 e PL2 no slump flow test, T500 e G-rint teste, onde o CAA pode ser utilizado na confecção de pilares e vigas.

Tabela 18 -Composição dos traços TR 30% e resultados no estado fluido.

TRAÇO COM 30% DE PÓ DE GRANITO (TR30%)

	Traços	Pobre	Intermediário	Rico
Ensaio no Estado Fresco	Auto Adensável?	Sim	Sim	Sim
	Slump Flow Test (mm)	744	750	730
	J Ring Test (mm)	560	565	570
	T500 (s)	3,4	3,1	3,5

Fonte: Próprio Autor, 2019.

Figura 16: TR 30% intermediário.



Fonte: Próprio Autor, 2019.

No TR 30% com a substituição da massa areia natural por pó de granito na proporção de 30% elevou o teor de finos em relação ao traço TR15%, melhorando os índices de resultados comparados com os traços anteriores, durante a produção dos traços foram mantidas as quantidades de material, água e aditivo do traço referência.

Em resultado dessa substituição obteve-se uma melhora da coesão e consequentemente houve o aumento do espalhamento do mesmo, onde foi mantido os limites estabelecidos pela ABNT NBR 15823-1/2010. Os resultados dos ensaios dos traços pobre, intermediário e rico com 30% de pó de granito foram classificados como SF2, VS2 e PL2 no slump flow test, T500 e G-rint teste, onde o CAA pode ser utilizado na confecção de pilares e vigas.

Durante a produção do traço rico teve-se de aumentar a quantidade de aditivo em 0,1% devido à grande quantidade de teor de finos deste traço , assim não sendo possível obter os resultados satisfatórios seguindo os parâmetros dos traços anteriores , assim o teor de aditivo foi elevado para 0,8% assim alcançando o status de auto adensável e também alcançando as classes SF2, VS2 e PL2 propostas pelos ensaios..

Tabela 19 -Composição dos traços TR50% e resultados no estado fluido.

TRAÇO COM 50% DE PÓ DE GRANITO (TR50%)

	Traços	Pobre	Intermediário	Rico
Ensaio no Estado Fresco	Auto Adensável?	Sim	Sim	Sim
	Slump Flow Test (mm)	680	700	690
	J Ring Test (mm)	510	530	540
	T500 (s)	4,3	4,6	4,3

Fonte: Próprio Autor, 2019.

Figura 17 - Traço intermediário 50% com 1% de aditivo.



Fonte: Próprio Autor, 2019.

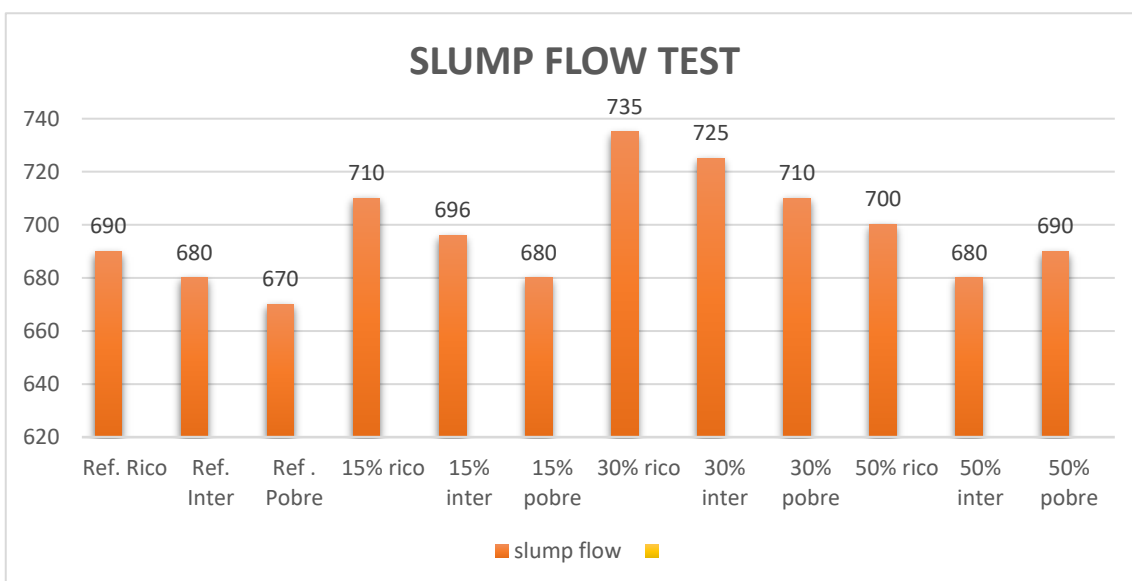
O TR50% com a substituição da massa areia natural por pó de granito na proporção de 50% elevou demais o teor de finos que resultaram na não produção de CAA , o concreto se apresentou muito seco com alto índice de finos que absorveu a água de amassamento , e o teor de aditivo proposto não conseguiu tornar o concreto auto adensável.

Como o status de auto adensabilidade ficou comprometido devido ao auto teor de finos, houve a necessidade de aumentar a quantidade de aditivo em 0,3% obtendo-se um total de 1% de aditivo hiperplastificante em relação a massa de cimento para que os traços alcançassem o status de auto adensável.

Com o aumento das quantidades de aditivo traços pobre intermediário e rico alcançaram os limites estabelecidos pela ABNT NBR 15823-1/2010, os resultados dos ensaios dos traços pobre, intermediário e rico com 50% de pó de granito foram classificados como SF2, VS2 e PL2 no slump flow test, T500 e G-ring teste, onde o CAA pode ser utilizado na confecção de pilares e vigas.

Os resultados dos ensaios slump flow, slump flow T50 e G-ring test foram representados conforme os gráficos 4, 5 e 6 abaixo

Gráfico 4 – Ensaios no estado fluido Slump Flow.



Fonte: Próprio Autor, 2019.

Como relatado anteriormente houve uma elevação do teor de finos com a substituição da areia natural por pó de granito na proporção de 15% e 30%, porém na de 50% não houve uma melhora e foi necessário aumentar o teor de aditivo devido ao alto índice de finos neste traço.

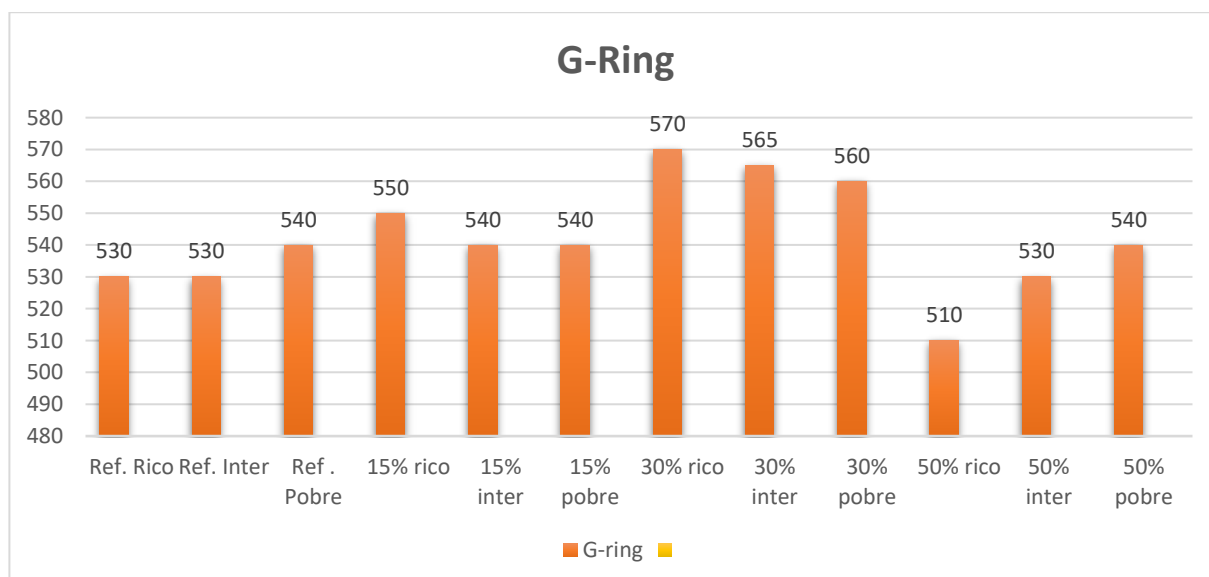
Gráfico 5 – Ensaio no estado fluido T50.



Fonte: Próprio Autor, 2019.

Devido ao aumento do teor de finos e melhora da coesão o tempo de espalhamento aumentou o concreto precisou de mais tempo para poder se espalhar.

Gráfico 6 – Ensaio no estado fluido G-Ring.



Fonte: Próprio Autor, 2019.

Os resultados do G-ring também tiveram uma melhora com a substituição do po de granito nas proporções de 15% e 30%. Os gráficos apresentados obtiveram resultados nos ensaios para atestar o espalhamento, coesão e trababilidade dos traços estudados, após análise

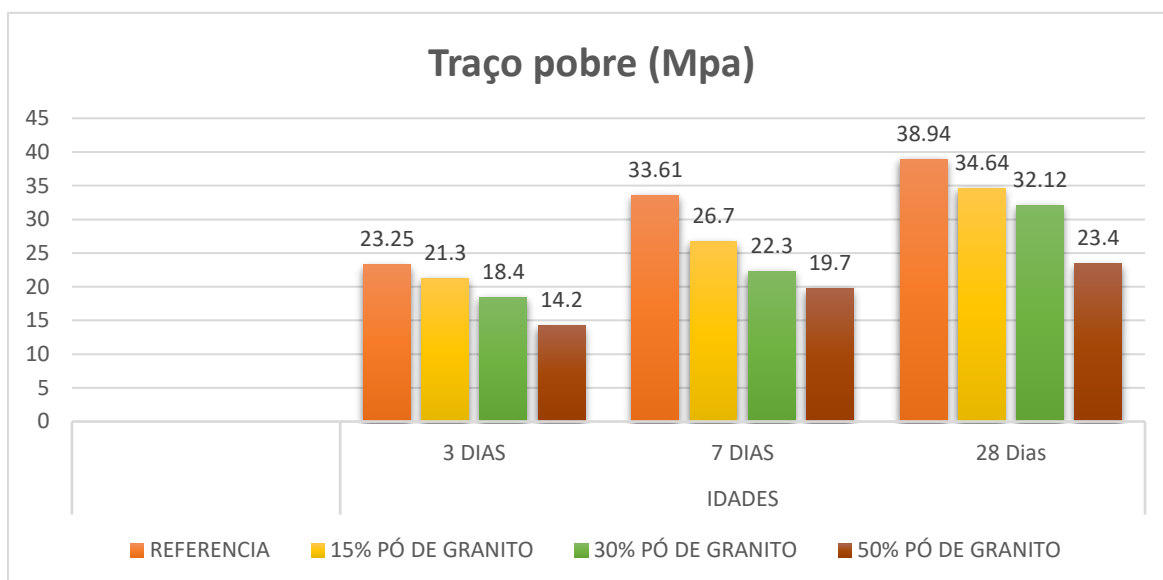
foi constatado que todos os ensaios apresentaram resultados dentro dos limites estabelecidos pela ABNT NBR 15823-1/2010 sendo considerados CAA.

4.3 CONCRETO NO ESTADO ENDURECIDO

4.3.1 Ensaio de compressão

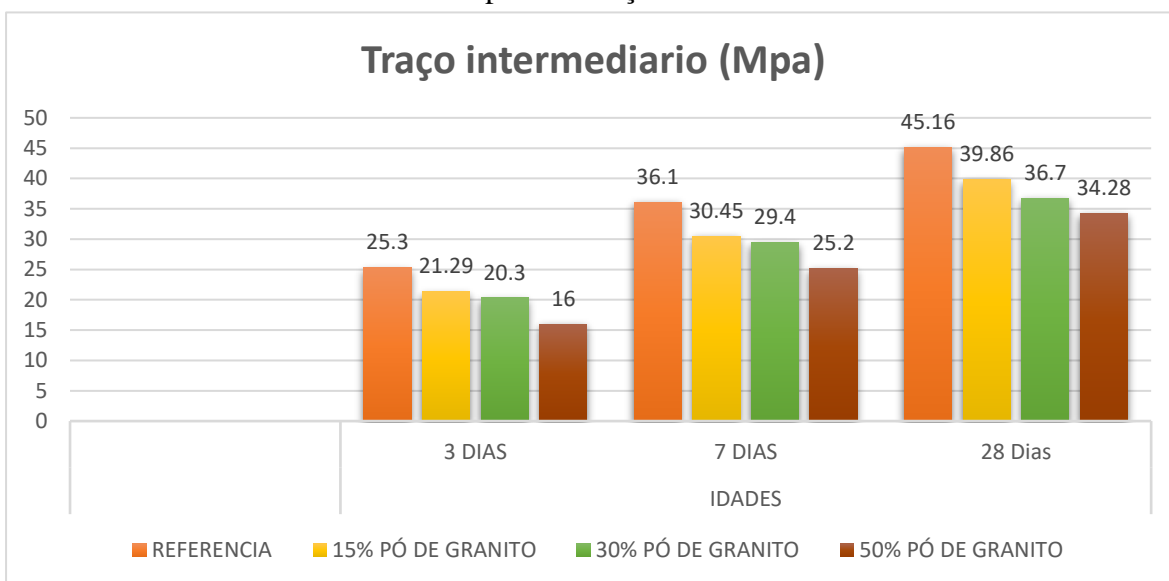
Após confecção e moldagem e desmoldagem dos traços de CAA os mesmos foram mantidos sob cura úmida dentro do tanque do laboratório de materiais e estruturas do Ceulp, onde os corpos de prova produzidos passaram pelo ensaio de compressão axial nas idades de 3, 7 e 28 dias segundo a NBR NBR 5739/2007, para a realização da análises comparativas dos traços de CAA referencia com os CAA com pó de granito.

Gráfico 7 – resultado ensaio de compressão traço pobre.



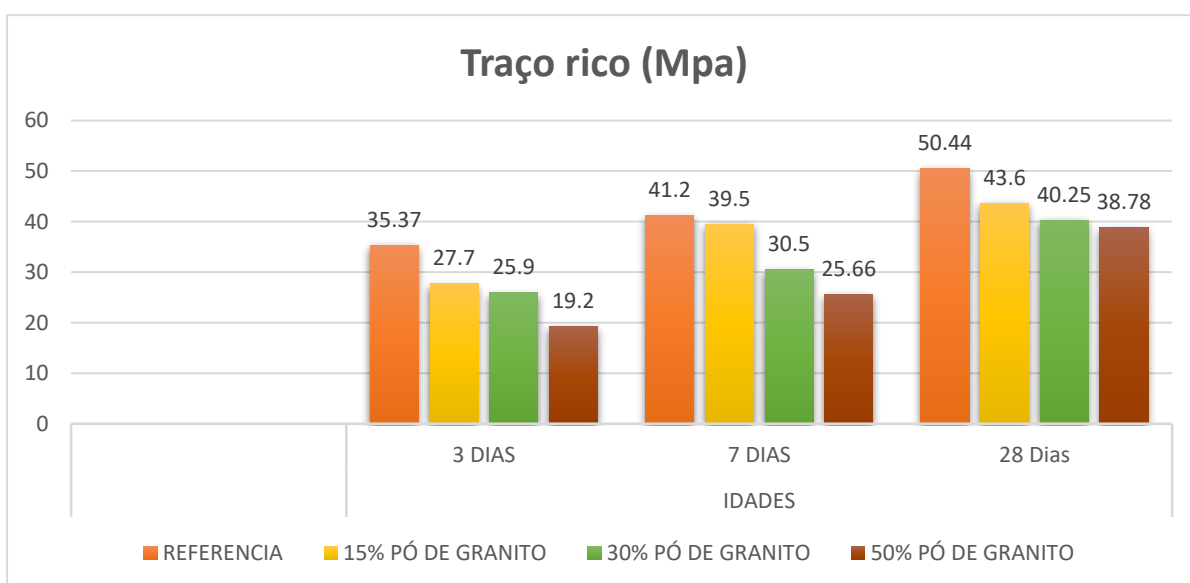
Fonte: Próprio Autor, 2019.

Gráfico 8 – resultado ensaio de compressão traço intermediário.



Fonte: Próprio Autor, 2019.

Gráfico 9 – resultado ensaio de compressão traço rico



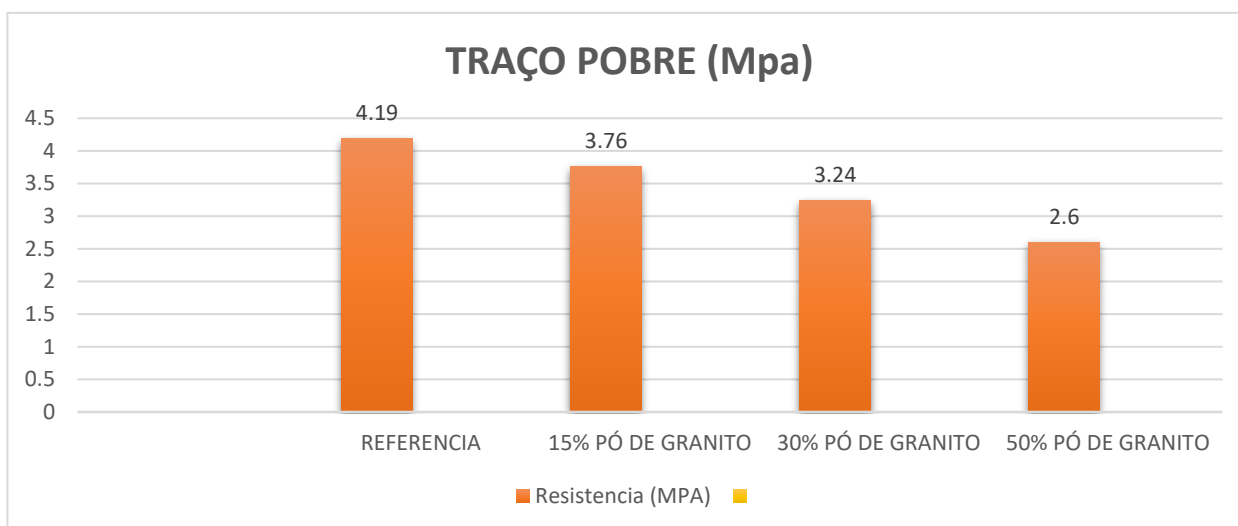
Fonte: Próprio Autor, 2019

Após análise dos gráficos dos ensaios de compressão axial conforme a NBR 5739/2007 podemos perceber que os traços com 15%, 30% e 50% tiveram resultados satisfatórios podendo ser classificados como concreto estrutural devido todos terem alcançado resistência superior a 20Mpa, porém os mesmos apresentaram grande diminuição de resistência em comparação ao traço referência. Analisando os resultados chegamos à conclusão que os traços pobres tiveram uma diminuição de resistência em seus traços de 11,04 a 40%, os traços intermediários obtiveram diminuição de 11,74 a 24,09% e o traço rico teve diminuição de 13,56 a 23,12% em relação ao traço referência.

4.3.2 ensaios de tração por compressão diametral.

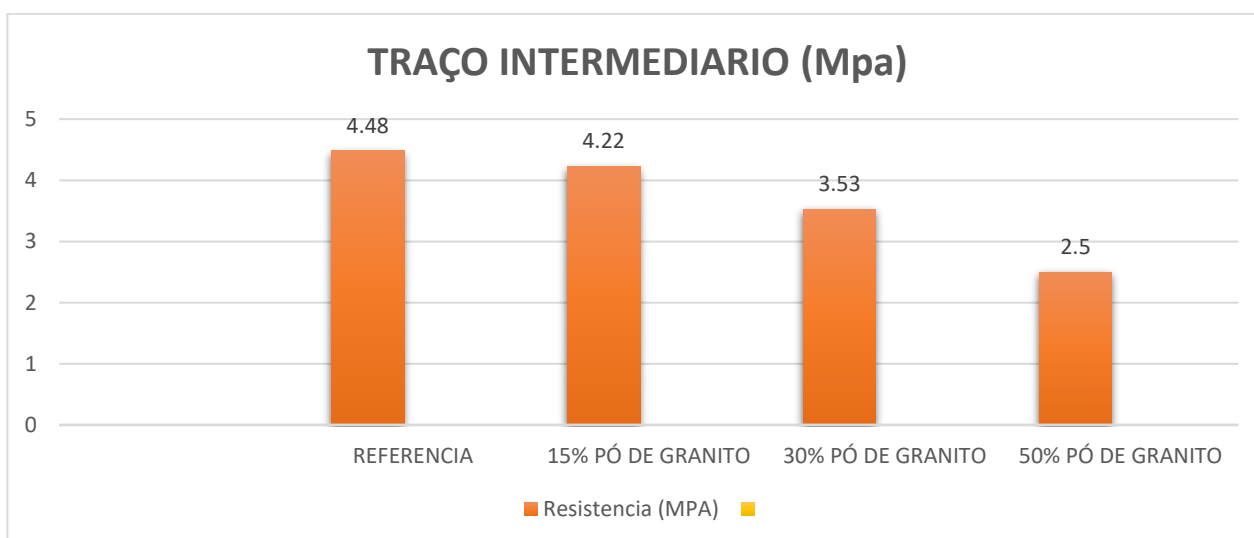
Os gráficos a seguir apresentam um comparativo dos resultados das resistências de tração por compressão diametral dos traços de CAA referência, 15%, 30% e 50% de pó de granito.

Gráfico 10- Resultados da resistência da tração por compressão diametral traços pobres



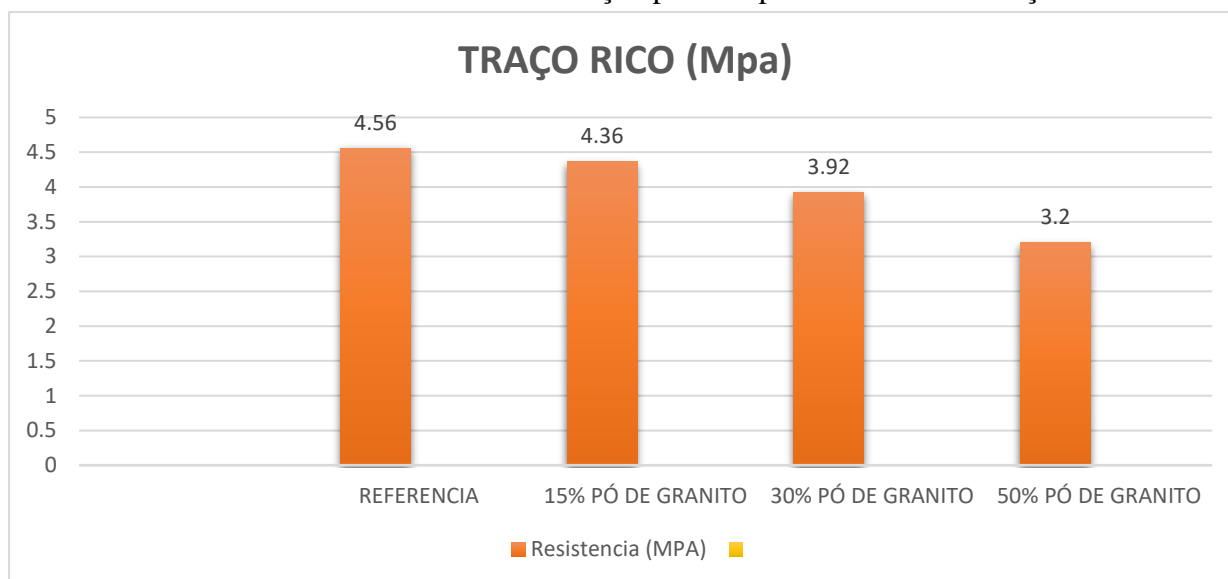
Fonte: Próprio autor.

Gráfico 11- Resultados da resistência da tração por compressão diametral traços intermediários.



Fonte: Próprio autor 2019.

Gráfico 12 -Resultados da resistência da tração por compressão diametral traços Ricos.



Fonte: Próprio autor.

Os resultados apresentados demonstram que traços com maior porcentagem de pó de granito em sua composição apresentam menor resistência à tração por compressão diametral seguindo os resultados dos ensaios de compressão axial onde os traços com maiores teores de resíduo de granito apresentaram menores resistências.

4.3.3 Ensaio do módulo de elasticidade

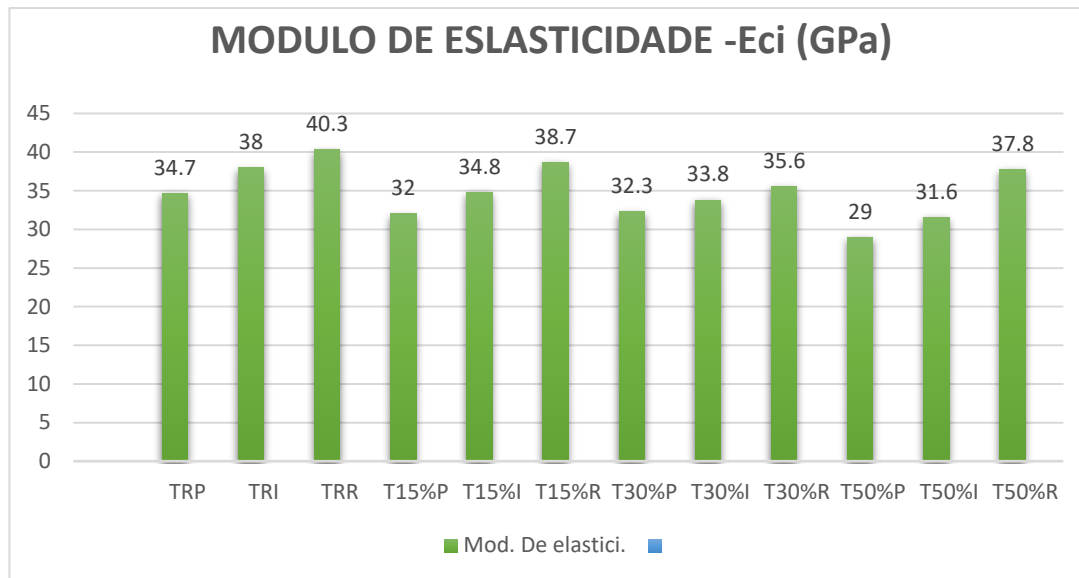
A tabela 20 apresenta os resultados encontrados para os módulos de elasticidade teórico de acordo com ABNT NBR 6118/2014, onde o $\alpha E = 1$ para agregado graúdo granito, e os resultados práticos encontrados nos ensaios.

Tabela 20 - Resultados dos módulos de elasticidade teórico e prático.

Traços	TNP	TNI	TNR	T15P	T15I	T15R	T30P	T30I	T30R	T50P	T50I	T50R
$F_{ck} (Mpa)$	39,0	45,2	50,4	32,1	40,0	43,6	34,6	36,7	38,8	23,4	34,3	40,3
$E_{ci} = \alpha E * 5600\sqrt{F_{ck}}$	35,0	37,6	39,8	31,7	35,4	37,0	33,0	34,0	34,9	27,1	32,8	35,6
$E_{ci} - Ensaio$	34,7	38,0	40,3	32,0	34,8	38,7	32,3	33,8	35,6	29,0	31,6	37,8

Fonte: Próprio Autor, 2019.

Gráfico 13-Resultados dos módulos de elasticidades obtidos nos ensaios.



Fonte: Próprio Autor, 2019.

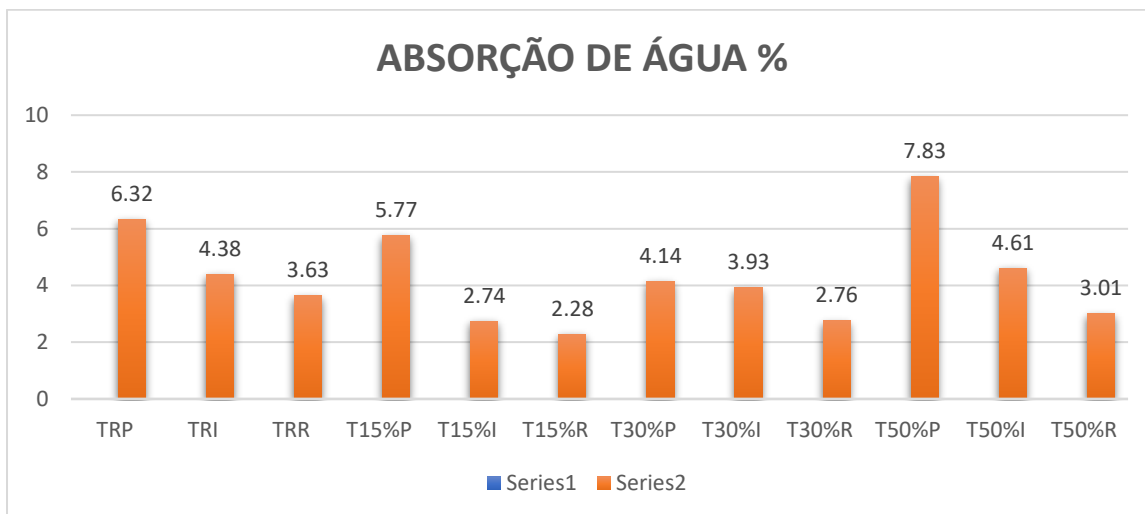
Segundo análises de comparativo dos resultados foi determinado, que os resultados para os traços com maior teor de cimento em sua composição (traços ricos), obtiveram valores maiores que os valores sugeridos pela NBR6118/2014.

Assim como no ensaio de compressão axial também podemos perceber que quanto maior a quantidade de resíduo de granito na composição do traço o módulo de elasticidade tende a cair entre 7 a 16,5% no traço pobre, 8,5 a 17% no traço intermediário e 4% a 7% em relação ao traço referência com areia natural.

4.3.4 Ensaio de absorção de água

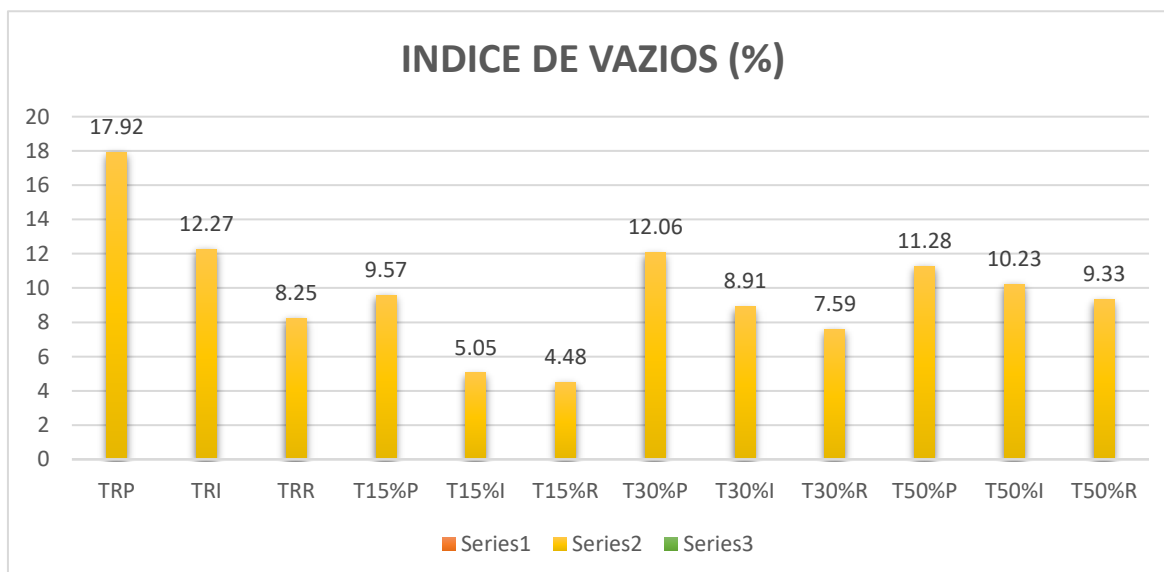
Os gráficos 14 , 15 e 16 apresentam os teores de absorção de água , índice de vazios e massa específica para os traços de CAA referência e os com o resíduo de corte de granito (pó de granito).

Gráfico 14-Resultado dos teores de absorção de água



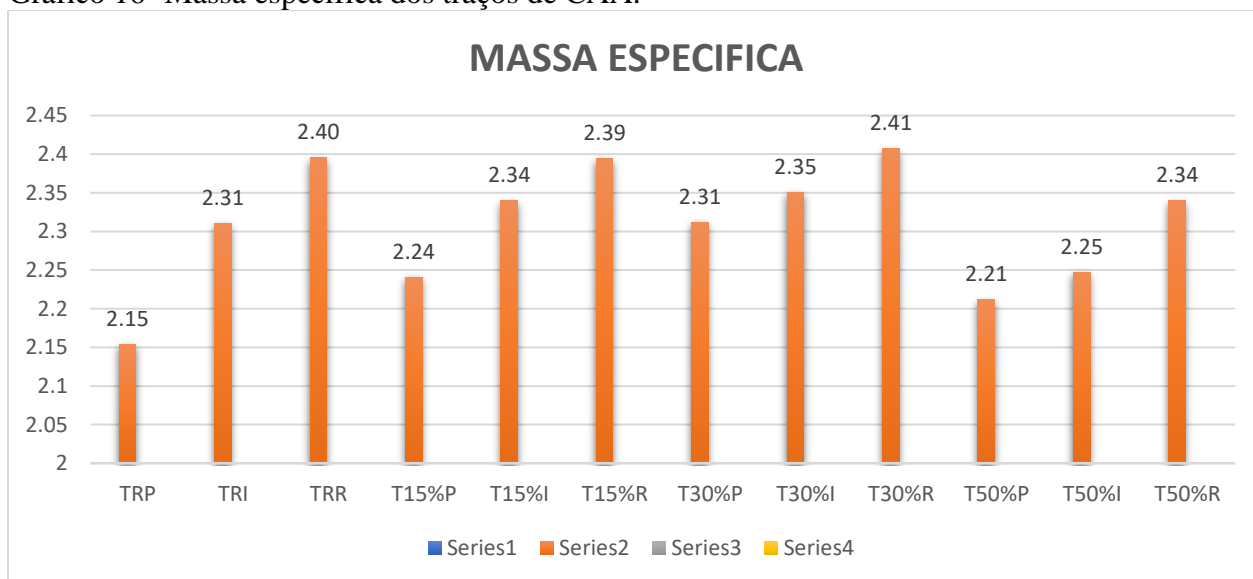
Fonte: Próprio autor 2019.

Gráfico 15-Resultado dos índices de vazios.



Fonte: Próprio autor 2019.

Gráfico 16- Massa especifica dos traços de CAA.



Fonte: Próprio autor 2019.

Segundo o efeito filler quanto maior a quantidade de finos menos vazios o concreto vai apresentar. Após análise do gráfico 14 podemos perceber que os traços pobres resultaram num maior índice de absorção de água devido à pouca quantidade de finos que fecham os poros do concreto. No gráfico 15 podemos observar que o índice de vazios dos traços pobres teve maiores resultados ainda devido ao efeito filler, quanto menos material fino for utilizado no traço do concreto mais poros terão no mesmo. No gráfico 16 podemos observar a massa específica de cada traço estudado, podemos observar que os traços ricos que compõe maior quantidade de cimento apresentaram os maiores valores de massa específica.

4.4 CURVAS DE DOSAGENS

Os gráficos abaixo apresentam os diagramas de dosagem dos traços estudados para as idades de 3, 7 e 28 dias

Ressalta-se que, para todos os diagramas, os teores de argamassas, a relação água/ cimento, o teor de aditivo são os mesmos, caracterizando assim concretos da mesma família.

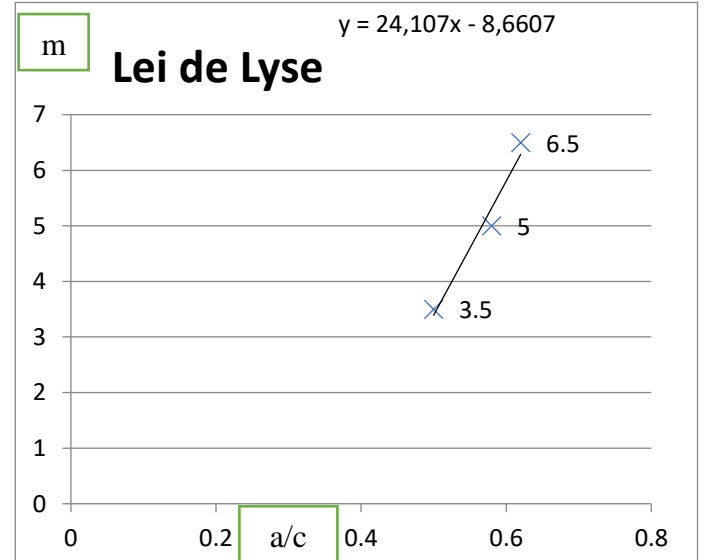
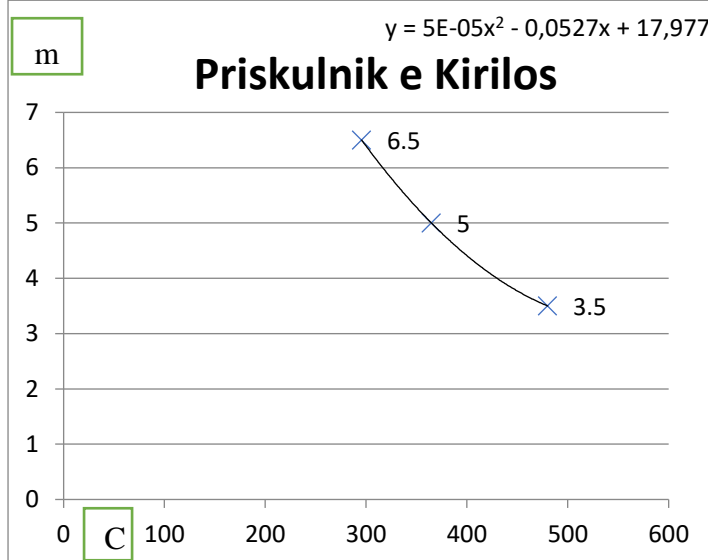
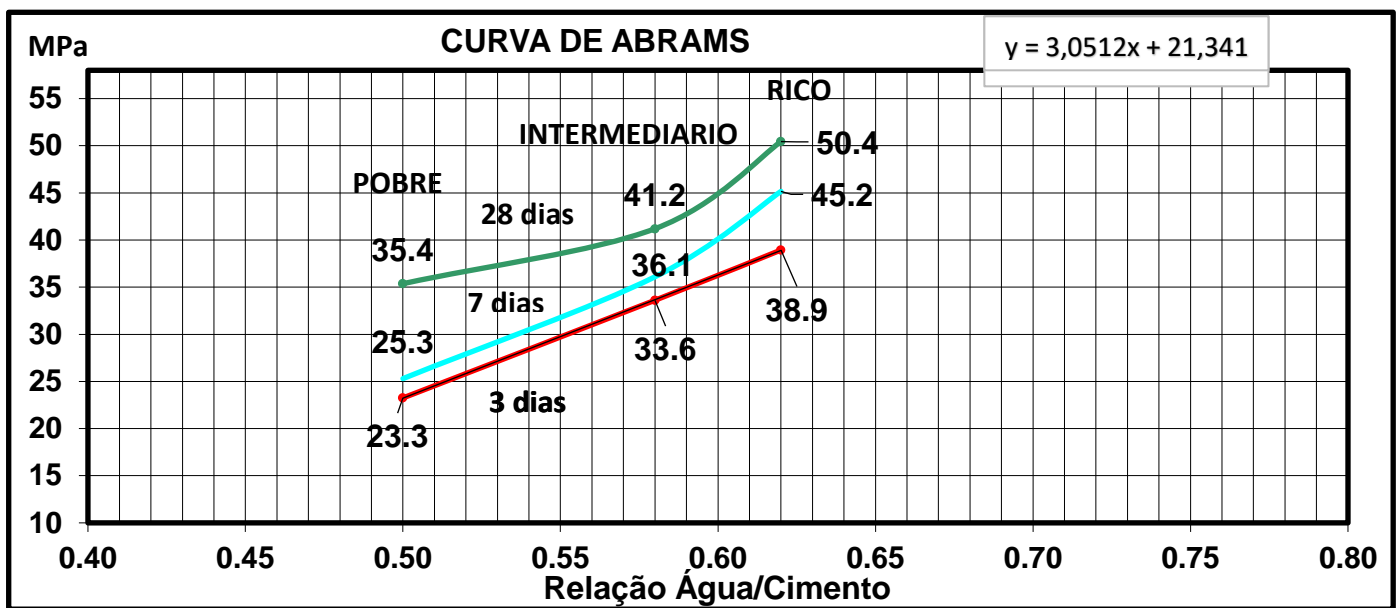
Os gráficos servem para se obter as quantidades de cimento, relação água/cimento e quantidade de agregados para a produção de traço na resistência desejada com os materiais locais estudados.

Para realizar a dosagem de um traço, inicia-se pelo gráfico da lei de Abrams com a resistência desejada (y) e encontra-se a relação água cimento (a/c) no eixo (x) pela fórmula representada no gráfico.

Com o valor da relação a/c pela fórmula mostrada no gráfico da lei de Lyse encontra-se a quantidade de agregado(m) no eixo y.

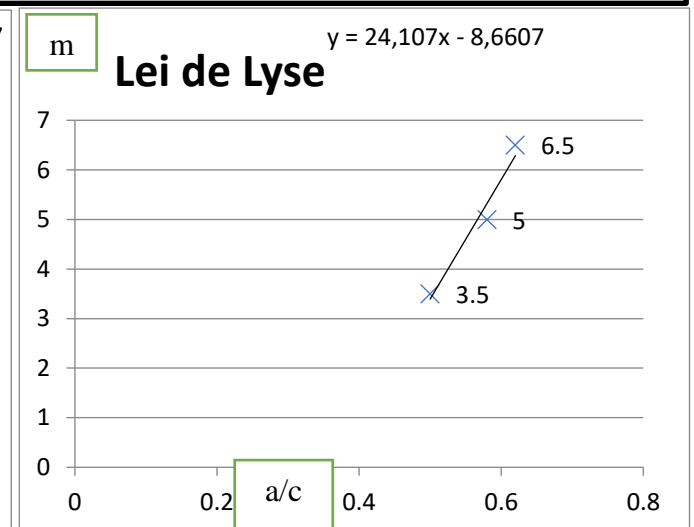
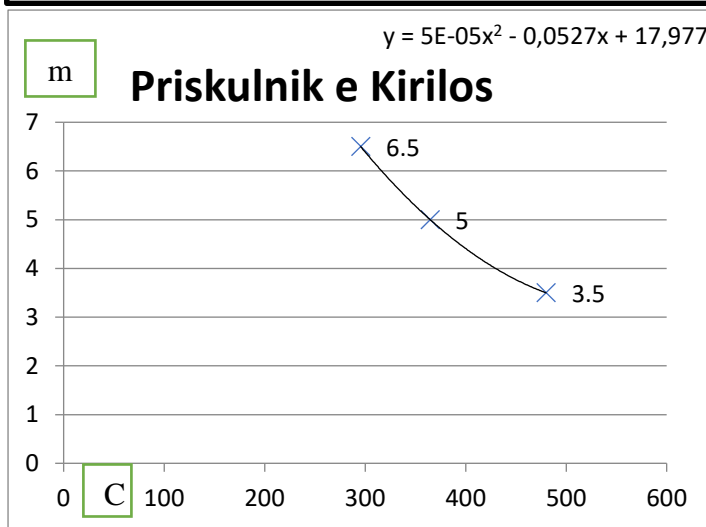
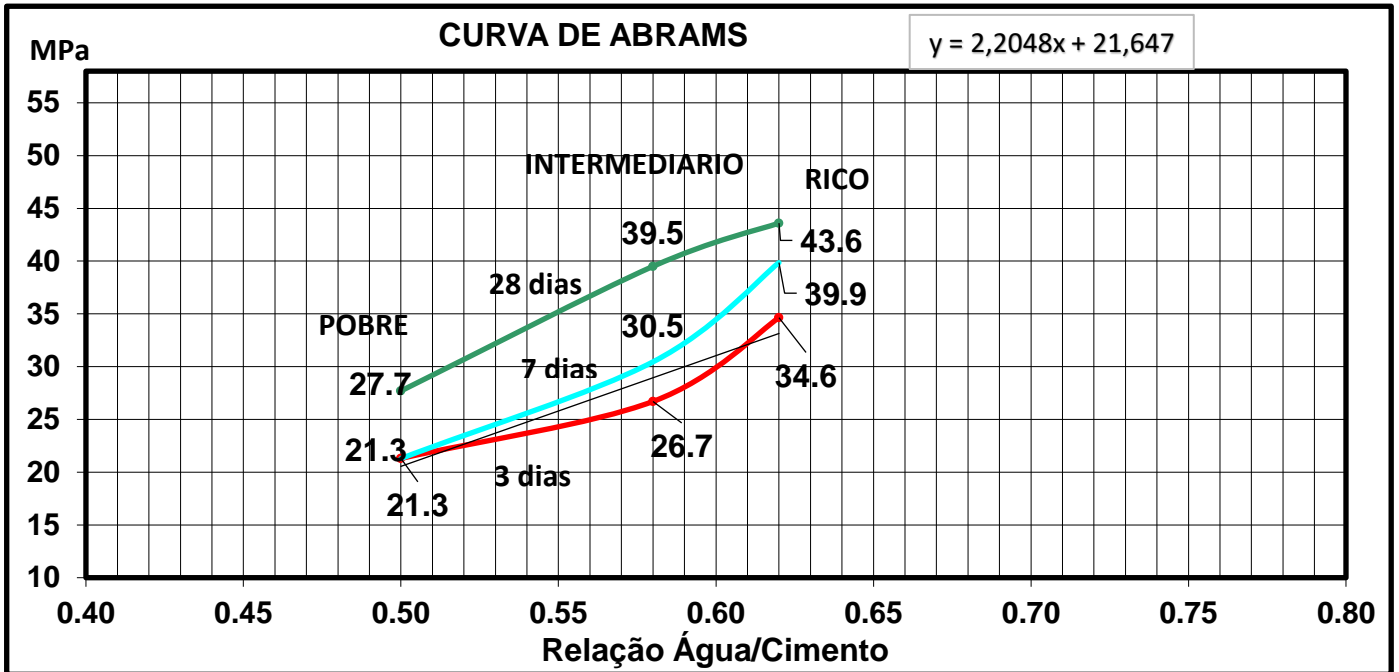
Por fim pela fórmula no gráfico da lei de Priskulik e Kirilos em posse de (m) encontra-se a quantidade de cimento por m³ (C) no eixo (x)

Gráfico 17 - Diagrama de dosagem do traço de CAA natural.



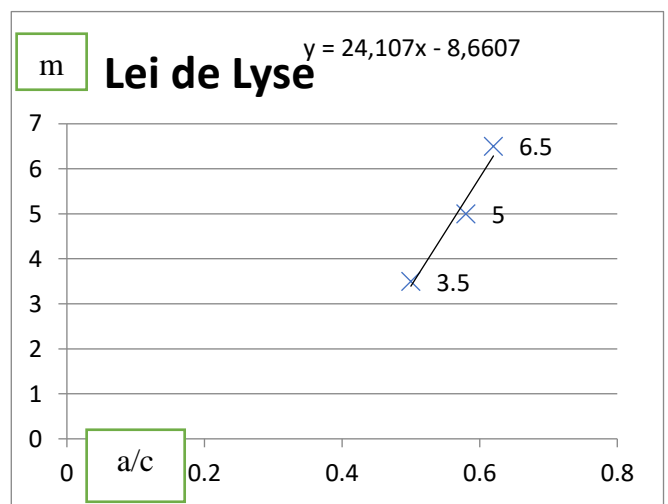
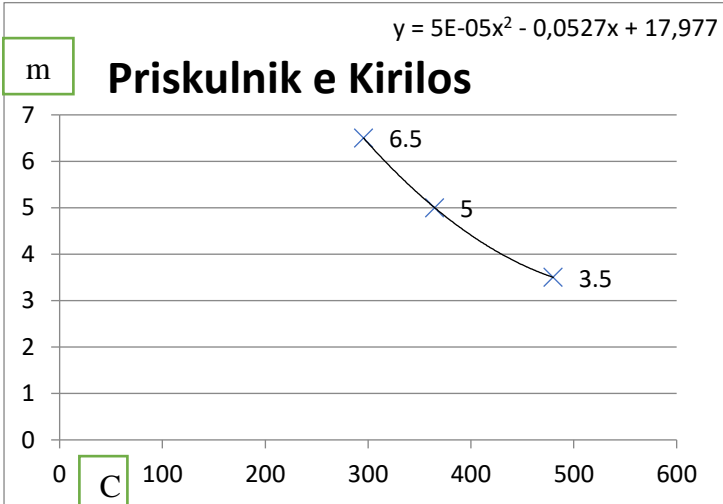
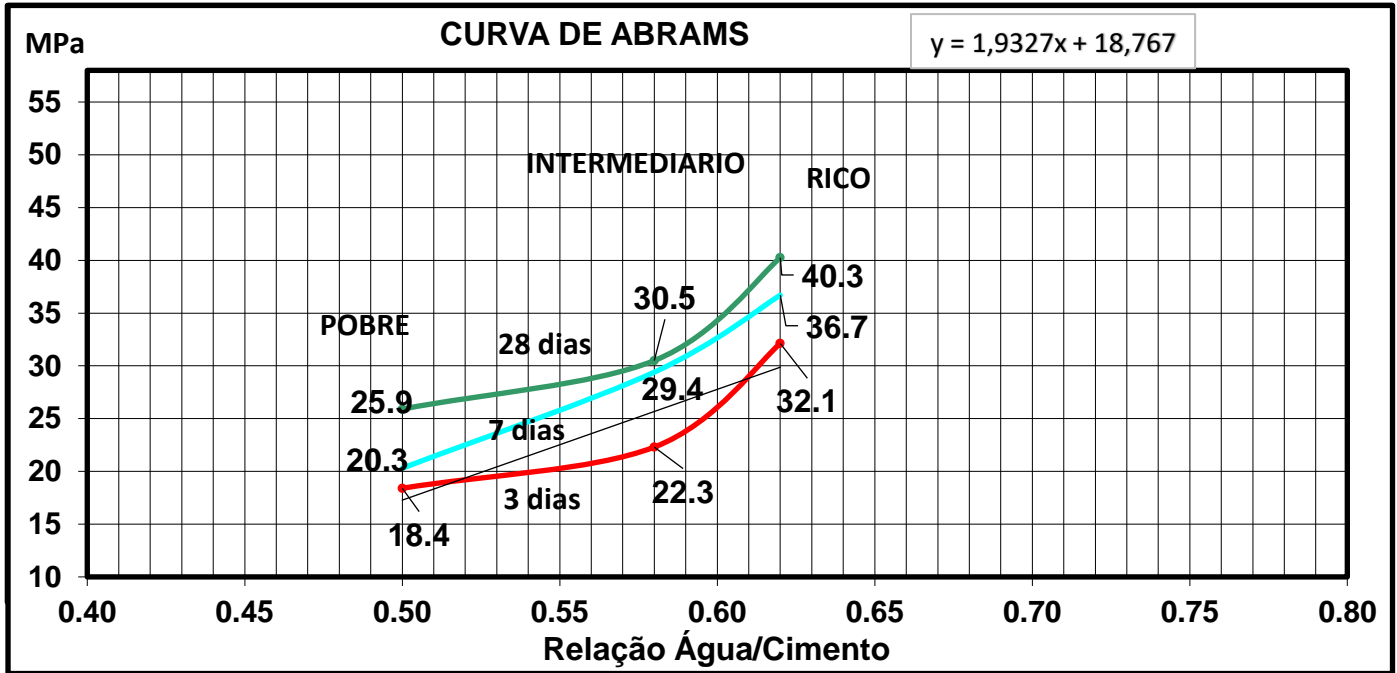
Fonte: Próprio autor 2019.

Gráfico 18 - Diagrama de dosagem do traço de CAA com 15% de pó de granito.



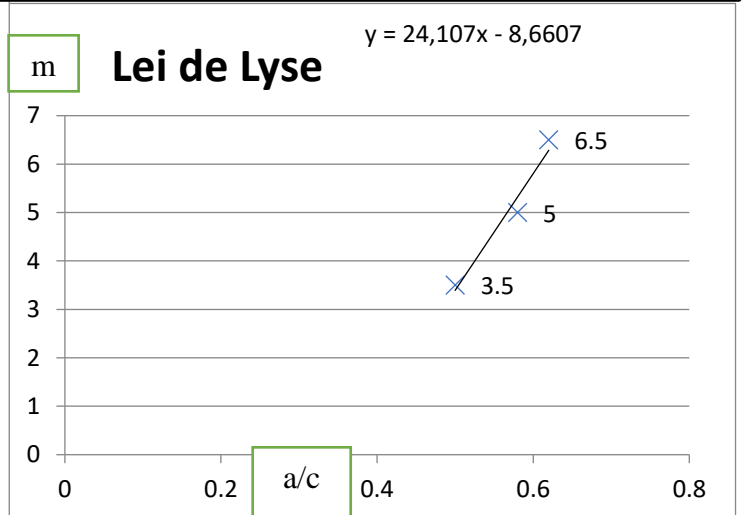
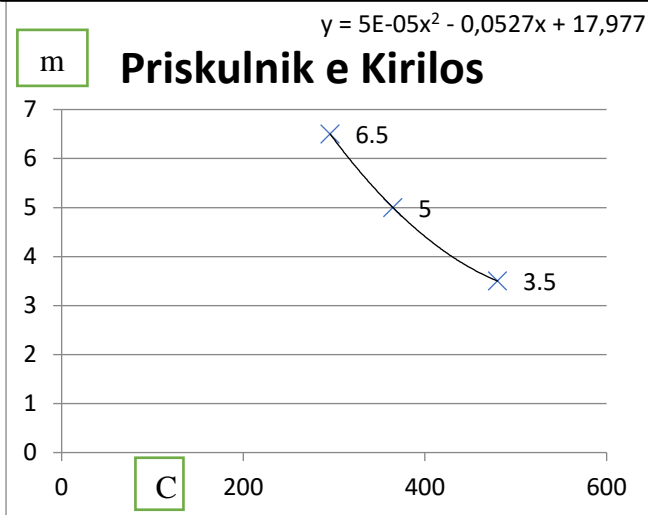
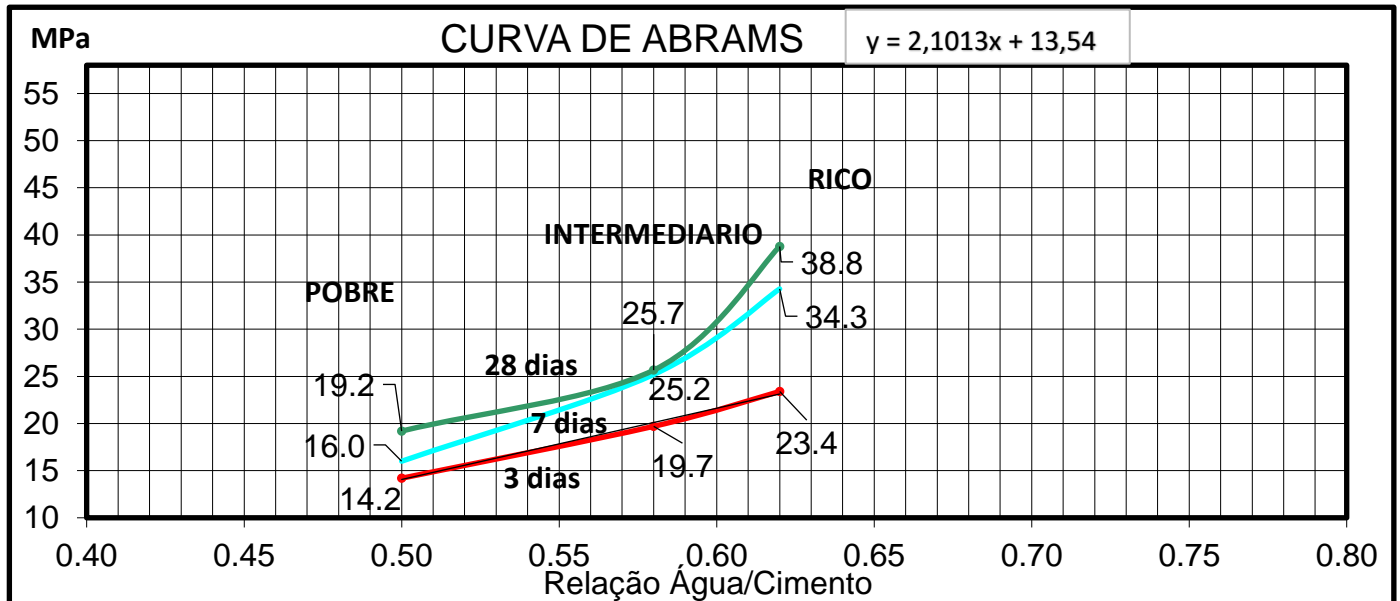
Fonte: Próprio autor 2019.

Gráfico 19- Diagrama de dosagem do traço de CAA com 30% de pó de granito.



Fonte: Próprio autor 2019.

Gráfico 20 - Diagrama de dosagem do traço de CAA com 50% de pó de granito.



Fonte: Próprio autor 2019.

Os gráficos de curva de dosagem foram produzidos e analisados com o intuito de gerar um comparativo de preços entre CAA com resistência de 25 e 40 Mpa conforme o próximo tópico “4.5 estudos de viabilidade econômica”.

4.5 ESTUDO DA VIABILIDADE ECONOMICA

. Entre as diversas formas de poluição ambiental está a poluição por resíduos industriais, as quais apresentam graves problemas socioeconômicos e ambientais. Na Indústria da construção Civil, a reutilização dos resíduos sólidos pode ajudar a reduzir os custos e prejuízos ambientais relativos ao tratamento e/ou disposição final desses resíduos, e também na redução dos impactos ambientais decorrentes da extração de matéria-prima diretamente ao ambiente (Lucas & Benatti, 2008). A reciclagem e a reutilização estão entre as principais alternativas na busca pelo desenvolvimento sustentável, possibilitando a economia de matérias primas não renováveis e de energia, reduzindo os impactos ambientais dos resíduos à sociedade moderna (Menezes et al., 2009).

A indústria da construção civil busca por novos materiais, tecnologias e métodos afim de diminuir os custos, visando agilidade e durabilidade. Isso tende a ser o grande diferencial no mercado atual, com a redução dos custos é possível haver competitividade e concorrência, isso, de certa maneira faz com que haja um foco maior na também na qualidade e rapidez na execução das obras. O concreto auto adensável é interessante pela sua rapidez de execução, no entanto ainda é caro produzi-lo, com a adição de novos materiais pode ser possível à redução de seu custo, tornando o viável não só pela rapidez de execução, mas também de seu custo de fabricação.

Segundo dados do sinapi/2019 e concreteiras da região de palmas como concregell e supermix o m³ do concreto auto adensável de 25 MPA custa em média R\$395,96 custo muito superior ao do concreto convencional que e de R\$250 a 280 reais.

O pó de granito , resíduo escolhido para estudo para a fabricação de CAA não é comerciável atualmente , foi adotado de acordo com a pesquisa de Santos, Henriques e Barroso (2009) com o artigo “análise de custo na utilização do resíduo de corte de granito em massa cerâmica para produção de telhas” e atribuído o valor de R\$ 27 reais pelo m³ do resíduo de granito seco e moído.

A tabela 21 apresenta os preços dos materiais utilizados para a produção dos traços de concreto auto adensáveis de acordo com o sinapi/2019.

Tabela 21 - Preços unitários dos materiais utilizados para produzir os traços estudados.

MATERIA	UNIDADE	VALOR (R\$)
AREIA MÉDIA	M ³	72,50
CIMENTO PORTLAND	Kg	0,52
PEDRA BRITADA N. 1 (9,5 a 19 MM)	M ³	74,71
ADITIVO HIPERPLASTIFICANTE	Kg	20,00
SÍLICA ATIVA	Kg	2,69

Fonte: SINAPI, 2019.

A tabela 22 corresponde aos valores dos traços de CAA produzidos na idade de 28 dias, levando em consideração o valor da mão de obra necessária para a produção dos mesmos segundo o sinapi/2019 esse custo corresponde a R\$ 51,55 reais atualmente.

Tabela 22 – Cálculo do custo unitário e total dos concretos aos 28 dias.

Traço	Fck (Mpa)	Custo unitário do material (R\$/m ³)	Custo unitário da mão de obra (R\$/m ³)	Custo total (R\$/m ³)
CAA pobre	38,94	372,5	51,55	424,05
CAA intermediário	45,16	412,01	51,55	463,56
CAA rico	50,44	492,51	51,55	543,55
CAA 15% pobre	34,64	367,32	51,55	418,87
CAA 15% intermediário	39,86	407,03	51,55	458,58
CAA 15% rico	43,6	487,33	51,55	538,88
CAA 30% pobre	32,12	368,91	51,55	416,76
CAA 30% intermediário	36,7	406,62	51,55	458,17
CAA 30% rico	40,25	485,42	51,55	536,97
CAA 50% pobre	23,4	387,24	51,55	438,79
CAA 50% intermediário	34,3	404,09	51,55	455,64
CAA 50% rico	38,78	412,45	51,55	536,78

Fonte: Próprio autor 2019.

Para avaliar a viabilidade econômica da utilização do pó de granito foram analisados traços com resistência de 25 e 40 Mpa, analisando o custo com materiais como cimento, aditivo hiperplastificante, sílica ativa, areia, brita e o pó de granito, como mostram as tabelas 23 e 24 a seguir.

Tabela 23 - Custo unitário para 1 m³ de CAA considerando o fck de 25 MPa

CONCRETOS	Cimento	Aditiv.	Sílica	Areia	Pó de grani.	Brita	Total R\$
CAA-REF-Inter	189,0	81,0	17,5	55,89	---	68,62	412,01
CAA -15% - Iner	189,0	81,0	17,5	37,91	13,0	68,62	407,03
CAA - 30%-Inter	189,0	81,0	17,5	32,5	18,0	68,62	406,62
CAA - 50%-Inter	189,0	81,0	17,5	27,95	20,0	68,62	404,09

Fonte: Próprio Autor, 2019.

Tabela 24 - Custo unitário para 1 m³ de concreto considerando o fck de 40 MPa

CONCRETOS	Cimento	Aditiv	Sílica	Areia	Pó de grani.	Brita	Total R\$
CAA-REF-RICO	243,0	100,0	25,0	55,89	---	68,62	492,51
CAA -15% - Rico	243,0	100,0	25,0	45,71	17,0	68,62	499,33
CAA - 30% - Rico	243,0	100,0	25,0	40,80	23,0	68,62	500,42
CAA - 50%	-----	-----	-----	-----		-----	-----

Fonte: Próprio Autor, 2019.

Após a análise de custo para a produção de concreto auto adensável com adição de pó de granito foi constatado que a utilização do resíduo não ajuda na diminuição do custo do CAA. Foi apresentado uma diminuição máxima no custo de produção de 1,9 % dos concretos com resistencia de 25 Mpa e um aumento de 1,6% nos de resistencia de 40Mpa em relação ao preço do traço referencia , assim não sendo interessante a utilização do resido em prol de diminuir o custo , sendo ainda mais viável a utilização do concreto convencional (CCV).

5 CONCLUSÃO

Este trabalho visa necessidade de evolução da engenharia, buscando por obras sustentáveis e ambientalmente corretas, necessitando de estudos sobre utilização de resíduos para a inovação de produtos da construção civil como o concreto. A busca por essas inovações pode proporcionar não apenas economia, mas também praticidade, melhora na qualidade dos produtos e redução dos efeitos causados pela deposição incorreta destes produtos no meio ambiente. Em vista dessa busca por inovação foi estudado a utilização do pó de granito proveniente do corte de pedras ornamentais na produção do concreto auto adensável, em busca de melhorar e diminuir o custo deste produto.

Após estudos deste resíduo com a realização de ensaios de caracterização, pode se concluir que o pó de granito possui uma distribuição granulométrica ideal para a produção do CAA que necessita de um grande teor de finos para que o mesmo mantenha propriedades como trababilidade e coesão e fluidez, para que o mesmo atravesse as armaduras de pilares e vigas sem a necessidade de vibração.

Durante a produção dos traços foi possível verificar que a utilização de porcentagens de pó de granito em substituição a areia natural influenciou nas propriedades do CAA no estado fresco, os traços produzidos com 15%, 30% de pó de granito obtiveram uma maior fluidez e coesão, porém a porcentagem de 50% não apresentou bons resultados onde o concreto não apresentou boa coesão e nem trababilidade, sendo necessário aumentar o teor de aditivo hiperplastificante neste traço para que o mesmo alcance-se o status de auto adensável. Os traço rico de 30% e os traços de 50% de pó de granito não alcançaram status de auto adensáveis com a quantidade de materiais calculados para o traço referência, necessitando de um aumento na quantidade de aditivo hiperplastificante, no traço rico de 30% esse aumento foi de 0,1% totalizando 0,8% de aditivo em relação a massa de cimento e a do traços de 50% o aumento do teor de aditivo foi de 0,3% totalizando 1% de aditivo, somente após esse aumento os traços se tornaram auto adensáveis, esse aumento elevou a fluidez dos CAA, assim conclui se que o pó de granito tem influência significativa na diminuição do teor de absorção de água do concreto produzido, devido seu alto teor de finos fechando os poros do CAA.

No estado endurecido a substituição da areia pelo pó de granito fez com que a resistência sofresse grande diminuição de resistência, no traço pobre com 50% de resíduo chegou a ter uma perda de resistência de aproximadamente 40% em relação ao traço pobre referência, assim concluindo que o grande teor de pó de granito misturado a areia não

apresenta um bom resultado. Ainda sim com a perda de resistência devido a adição de pó de granito todos os traços estudados alcançaram os limites sugeridos pela NBR 15823-1/2010 vigente se tornando auto adensáveis e ainda sim estruturais alcançando resistências acima de 20Mpa.

Após análise dos resultados , pode se concluir que e viável apenas utilização do pó de granito na proporção de 15% na substituição da areia natural, devido a melhora da coesão e a trababilidade aumentando o espalhamento, porem perdeu resistência no estado endurecido , para sanar essa perda deve se superdimensionamento do traço de CAA 15% para que o mesmo alcance a resistência desejada.

Os traços TR30% e TR50% também alcançaram bons resultados porem devido a maior diminuição das resistências com o aumento da proporção do pó de granito essas porcentagens não são recomendadas, para sanar a perda de resistência o custo de produção seria muito elevado se tornando inviável , ficando ainda mais caro que o traço convencional de CAA. Assim e necessário reestudar esses traços afim de melhorar os seus resultados através de novas adições ou substituições na composição dos traços.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base nos parâmetros observados por este estudo ainda podem ser explorados algumas questões sobre a utilização de pó de granito para a produção de CAA.

Pode se dar continuidade ao estudo do trabalho buscando corrigir as quantidades de aditivo, adição mineral e a relação água/ para que os traços de 30% e 50% mantenham coesão próximas ao do traço referência, tornando – se auto adensáveis sem a necessidade da adição a mais de qualquer outro tipo de material.

Estudar a composição granulométrica da mistura da areia natural com o pó de granito analisando suas propriedades, também utilizar diferentes tipos de areia da região (grossa e fina) e agregados graúdos (seixo), para analisar o comportamento dos traços no estado fluido e no estado endurecido.

Realizar a substituição do pó de granito no agregado graúdo, aumentando o teor de finos do CAA, realizando análise da trababilidade e coesão do mesmo.

7 REFERENCIAS

TUTIKIAN, Bernardo Fonseca; MOLIN, Denise Carpena dal. CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL. São Paulo: Pini, 2008

O QUE FAZER COM OS RESIDUOS DAS ROCHAS ORNAMENTAIS. São Paulo, 14abr.2017.Disponívelem:<<https://www.unicamp.br/unicamp/index.php/ju/noticias/2017/04/24/o-que-fazer-com-os-residuos-das-rochas-ornamentais>>. Acesso em: 14 set. 2018.

KHRAPKO, Michael. Mantendo a trabalhabilidade requerida do CAA. 2012. Disponível em: <<http://www.engemolde.com.br/artigos/conteudo.asp?cod=2>>. Acesso em: 9 set. 2018

MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Estruturas, Propriedades e Materiais. São Paulo: Pini, 1994.

MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais. São Paulo: IBRACON, 2008.

NEVILLE, A. M. Propriedades do Concreto. 2ª ed. rev. São Paulo: Pini, 1997.

OKUMARA, T.; HARADA, H.; DAIMON, M. Influence of calcium sulfate in beliterich cement on the change in fluidity of mortar with time. Cement and concrete research, v. 28, n. 9, p. 1297-1308, Sept. 1998.

RIBEIRO, Fábio Henrique de Melo; LEAL, José Carlos Lemes. VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DO CONCRETO AUTO ADENSÁVEL NA CIDADE DE PALMAS/TO. Anais do 53º Congresso Brasileiro do Concreto – IBRACON -Cbc2011 , Palmas, v. 1, n. 8, p.1-16, nov. 2011

TUTIKIAN, BERNARDO FONSECA. Proposição de um método de dosagem experimental para concretos auto adensáveis. Porto Alegre – 2007.

TUTUKIAN, Bernardo Fonseca. Método para dosagem de Concreto Auto Adensável, Porto Alegre, 2004.

SANTOS, Mónica; ALMEIDA, Armando. Principais riscos e fatores de risco laborais, doenças profissionais e medidas de proteção recomendadas em função do contato com granito e mármore. **Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional**, [s.l.], v. 1, n. 2, p.64-80, 30 jun. 2016. Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional. <http://dx.doi.org/10.31252/rpso.17.03.2016>. Acessado em 14 de set.2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1998b.

EFNARC. Specification and. Guidelines for Self-Compacting Concrete. 2002

FURNAS. Concreto – determinação da habilidade de preenchimento do concreto auto adensável utilizando-se o cone de Abrams (slump flow test) – método de ensaio. Manual de qualidade, 2004a.

HELENE, P. Introdução da vida útil no projeto das estruturas de concreto NB/2001. São José dos Campos, WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 2001 GOMES, P.C.C. Optimization and characterization of highstrength selfcompacting concrete. Tese de doutorado, Barcelona-2002

HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. R. Manual de dosagem e controle do concreto. Brasília: PINI, 1992.

MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Estruturas, Propriedades e Materiais. São Paulo: Pini, 1994.

AÍTCIN, P. C. Concreto de alto desempenho. São Paulo: Pini, 2000.
ALBUQUERQUE, A. S. Agregados. In: Materiais de Construção. L. A Falcão Bauer. 5º ed. vol. 1. São Paulo: LTC, 2003.

ALVES, Moisés Silva. ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS E DA VIABILIDADE DO USO DE RESÍDUOS GERADOS NO POLIMENTO DE ROCHAS GRANÍTIAS COMO ADIÇÃO EM CONCRETOS. 2008. 133 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais Escola de Engenharia da UFMG Programa de Pós-graduação em Construção Civil, Belo Horizonte, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1994a.87

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7219 – Determinação do teor de materiais pulverulentos nos agregados. Rio de Janeiro, 2003b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 18: cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2001a.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1998b.

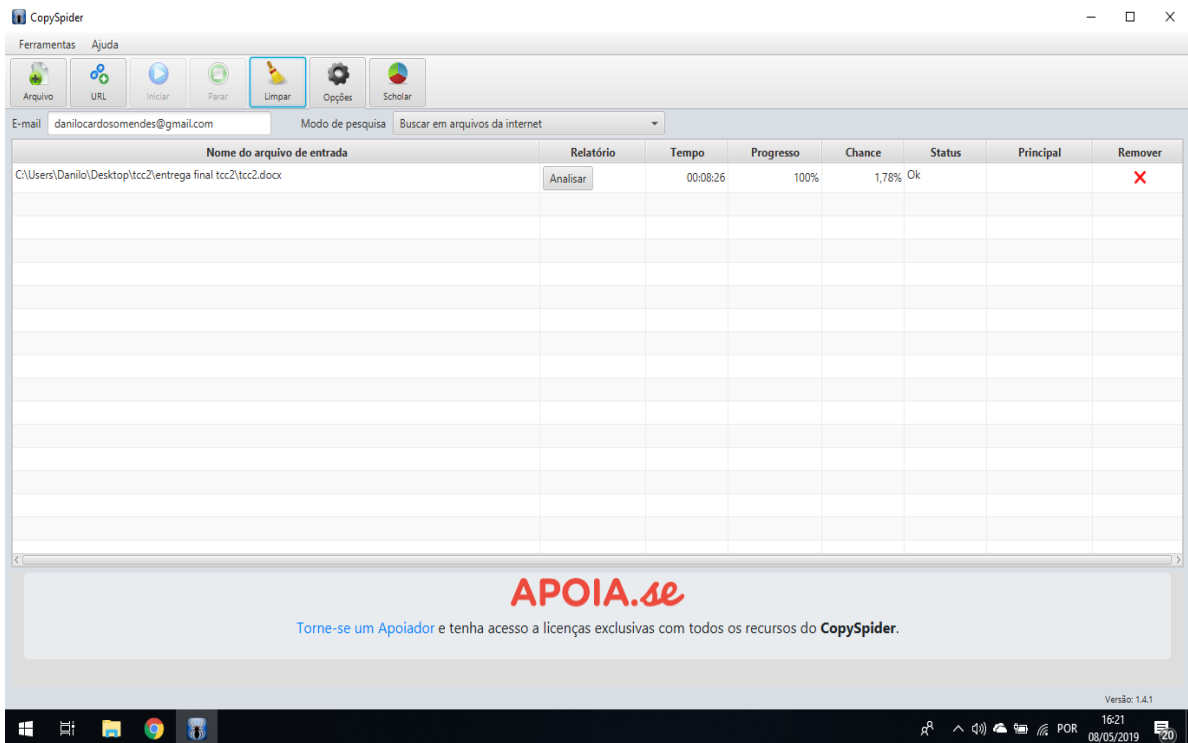
SINROCHAS-MG - Sindicato da Indústria de Mármore e Granitos no Estado de Minas Gerais. Projeto Rochas de Minas: Estudo de Competitividade do Setor de Rochas Ornamentais e Revestimento do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2003.

Resolução CONAMA 307. Dispõe sobre gestão dos resíduos da construção civil.
Julho de 2002

GONÇALVES, J, P. Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para produção de concretos. 2000. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SANTOS, Raphael de Brito Oliveira dos; HENRIQUES, Thiago Neves; BARROSO, Marília de Fátima da C. M. ANÁLISE DE CUSTO NA UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DE CORTE DE GRANITO EM MASSA CERÂMICA PARA PRODUÇÃO DE TELHAS. **Perspectiva Online**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 9, p.1-23, 14 nov. 2009. Semanal. Disponível em: <http://www.seer.perspectivasonline.com.br/index.php/revista_antiga/article/view/341/252>. Acesso em: 25 abr. 2019

LOPES, Tais Biazão. COMPARAÇÃO DA MICROESTRUTURA DO CONCRETO AUTO ADENSÁVEL COM O CONCRETO CONVENCIONAL. 2016. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Tecnologia, Limeira, 2016.



CopySpider Scholar

Documentos candidatos

- advancesincleanerpro... [1,78%]
- unochapeco.edu.br/ci... [0,91%]
- researchgate.net/pub... [0,16%]
- formatacaoabnt.blogs... [0,14%]
- uobabylon.edu.iq/pub... [0,12%]
- blog.mettzer.com/com... [0,1%]
- jeasd.org/images/201... [0,09%]

Arquivo de entrada: tcc2.docx (13050 termos)

Arquivo encontrado		Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)
advancesincleanerpro...	Visualizar	4380	305	1,78
unochapeco.edu.br/ci...	Visualizar	4185	157	0,91
researchgate.net/pub...	Visualizar	3012	26	0,16
formatacaoabnt.blogs...	Visualizar	4348	26	0,14
uobabylon.edu.iq/pub...	Visualizar	1742	18	0,12
blog.mettzer.com/com...	Visualizar	1693	16	0,1
jeasd.org/images/201...	Visualizar	3559	16	0,09
nead.uesc.br/arquivo...	Visualizar	2105	12	0,07
pt.khanacademy.org/m...	Visualizar	132	2	0,01