



UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI  
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Ambiente e Sociedade

**Cibele Aparecida de Moraes Rocha**

**ACELERADORES E RETARDADORES DE PEGA APLICADOS EM  
CONCRETOS COM AGREGADOS DE TEÓFILO OTONI**

TEÓFILO OTONI – MG  
2022



**Cibele Aparecida de Moraes Rocha**

**ACELERADORES E RETARDADORES DE PEGA APLICADOS EM  
CONCRETOS COM AGREGADOS DE TEÓFILO OTONI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Ambiente e Sociedade da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Jorge de Lima Gomes

TEÓFILO OTONI – MG

2022

### Catálogo na fonte - Sisbi/UFVJM

R672 de Moraes Rocha, Cibele Aparecida  
2022 ACELERADORES E RETARDADORES DE PEGA APLICADOS EM CONCRETOS  
COM AGREGADOS DE TEÓFILO OTONI [manuscrito] / Cibele Aparecida  
de Moraes Rocha. -- Diamantina, 2022.  
185 p. : il.

Orientador: Prof. Antônio Jorge de Lima Gomes.

Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia, Ambiente e Sociedade) -- Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Ambiente e Sociedade, Diamantina, 2022.

1. Concreto. 2. Aditivos aceleradores. 3. Aditivos retardadores. 4. Geologia. 5. Aditivos químicos. I. de Lima Gomes, Antônio Jorge . II. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFVJM com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Este produto é resultado do trabalho conjunto entre o bibliotecário Rodrigo Martins Cruz/CRB6-2886 e a equipe do setor Portal/Diretoria de Comunicação Social da UFVJM



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

**CIBELE APARECIDA DE MORAES ROCHA**

**ACELERADORES E RETARDADORES DE PEGA APLICADOS EM CONCRETOS COM AGREGADOS DE  
TEÓFILO OTONI**

Dissertação apresentada ao MESTRADO EM TECNOLOGIA, AMBIENTE E SOCIEDADE, nível de MESTRADO, como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE EM TECNOLOGIA, AMBIENTE E SOCIEDADE.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Jorge de Lima Gomes

Data da aprovação: 28/09/2022

**Prof. Dr. ANTÔNIO JORGE DE LIMA GOMES - UFVJM**

**Prof. Dr. THOMÁS LIMA DE RESENDE - UFVJM**

**Prof. Dr. JORGE LUIZ DOS SANTOS GOMES - UFVJM**

TEÓFILO OTONI



Documento assinado eletronicamente por **Antônio Jorge de Lima Gomes, Servidor (a)**, em 11/10/2022, às 16:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Thomás Lima de Resende, Servidor (a)**, em 11/10/2022, às 16:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jorge Luiz dos Santos Gomes, Servidor (a)**, em 11/10/2022, às 18:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site



[https://sei.ufvjm.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufvjm.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0871936** e o código CRC **38B15176**.

---

Referência: Processo nº 23086.013429/2022-83

SEI nº 0871936

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me concedido a oportunidade de crescimento através dos estudos. Agradeço à minha família, em especial a minha amada mãe, Cremilda, pelo seu amor, apoio, exemplo de vida e esforço durante toda essa caminhada. Ao meu pai, Noé, serei eternamente por ser sempre um exemplo de coragem para lutar na vida, eles moldaram a pessoa que sou hoje. Ao meu irmão Noelton, por ter tido sempre uma palavra de incentivo para continuar nessa jornada. Agradeço ao meu noivo Thiago, por estar ao meu lado durante todo esse processo, por todo amor e compreensão. Agradeço também a minha sogra Eliene e meu cunhado Felipe por todo carinho e suporte para a realização desse sonho. A todos os meus amigos que durante todo esse período permaneceram ao meu lado e compreenderam as renúncias que tive que fazer para chegar até aqui. Agradeço a minhas colegas Gisele e Karine, por toda ajuda durante todo esse processo. Agradeço a Thaís por ter disponibilizado o seu tempo e contribuído com esse estudo. Ao meu orientador Prof. Dr. Antônio Jorge de Lima Gomes por ter abraçado este estudo com tanto carinho e ajudado nesse desafio tão grandioso e acima de tudo nobre. Pela sua generosidade e parcimônia pude evoluir e me tornar um ser mais compreensivo e compreendido. Devo-lhe, mais do que tudo, uma lição de vida. À Pedreira Mattar, por toda a contribuição para que esta pesquisa se realizasse. À empresa Aditibras pela contribuição com materiais para a realização da pesquisa. À UFVJM, Campus do Mucuri, pela oportunidade do mestrado como também pela oportunidade de transformação de uma sociedade rica de saberes, e ansiosa por desenvolvê-los.



## RESUMO

Os aditivos químicos para concreto são materiais que contribuem com a inovação na construção civil. Os aditivos aceleradores e retardadores de pega em concreto tiveram sua visibilidade expandida devido as diversas possibilidades de melhorias proporcionadas ao concreto, adequando-o a várias utilizações em obras. Este estudo teve por objetivo determinar a resistência à compressão axial dos concretos com aditivo acelerador e retardador de pega e o concreto referência, analisando o desempenho dos concretos com os agregados artificiais, utilizando a areia média artificial VSI como agregado miúdo e brita zero como agregado graúdo, ambos de Teófilo Otoni. O programa experimental realizou-se pela caracterização dos materiais empregados, a dosagem e confecção das amostras dos concreto: referência, com aditivo acelerador e retardador de pega, e posteriormente ensaios de resistência à compressão axial dos concretos. A partir dos resultados obtidos foi possível analisar que o concreto referência aos 28 dias obteve desempenho superior ao valor teórico esperado sendo que o T1SA alcançou 22,59 MPa, T2SA 32,84 MPa e T3SA 44,35MPa. Os concretos com aditivo acelerador apresentaram resultados superiores ao concreto referência, de modo que o T1AA1, T2AA1 e T3AA1 alcançaram respectivamente, 27,79 MPa, 35,96 Mpa e 45,89 MPa na dosagem mínima e na dosagem máxima 30,61 MPa, 37,55 Mpa e 47,88 MPa, ambos aos 28 dias. O concreto com aditivo acelerador de pega apresentou um ganho máximo de resistência à compressão de 23,01% na dosagem mínima e 35,5% na dosagem máxima quando comparado ao concreto referência. Os resultados dos concretos com aditivo retardador de pega apresentaram resistência superior ao referência e ao concreto com aditivo acelerador, sendo que o T1AR1, T2AR1 e T3AR1 atingiram respectivamente, 30,97 MPa, 38,74 MPa e 49,61 MPa na dosagem mínima aos 28 dias. Na dosagem máxima o T1AR7 atingiu 32,71 MPa, o T2AR7 alcançou 44,22 MPa e T3AR7 atingiu 51,27 MPa na cura final. De modo geral, os concretos com a presença do aditivo retardador apresentaram um desempenho superior no quesito resistência à compressão axial, sendo que aos 28 dias esse concreto obteve um desempenho superior em 20% ao concreto referência, alcançando em sua dosagem máxima com o T3AR7 o maior desempenho do estudo com resistência de 51,27 MPa. Além disso a presença do aditivo retardador no concreto possibilitou o aumento da resistência à compressão de cerca 11,47% quando comparado aos concretos com a dosagem mínima do acelerador e cerca de 17,76% na dosagem máxima aos 28 dias. Por fim, pode-se concluir que os aditivos químicos aceleradores e retardadores de pega possuem boa aplicação nos concretos com os agregados de Teófilo Otoni de modo a possibilitar uma maior coesão, trabalhabilidade e resistência dos concretos da região. A presença principalmente do aditivo químico retardador de pega e da areia artificial VSI, que possui um alto teor de pó quartzo, contribuíram com o preenchimento uniforme dos vazios, proporcionando uma melhoria no desempenho da resistência à compressão axial e na trabalhabilidade dos concretos fabricados em Teófilo Otoni.

**Palavras chave:** Aditivos químicos. Concreto. Geologia. Acelerador. Retardador.



## ABSTRACT

Chemical additives for concrete are materials that contribute to innovation in civil construction. The visibility of accelerating and retarding additives in concrete has been expanded due to the various possibilities for improvements provided to concrete, adapting it to various uses in works. This study aimed to determine the resistance to axial compression of concretes with accelerator and setting retardant additive and the reference concrete, analyzing the performance of concretes with artificial aggregates, using artificial medium sand VSI as fine aggregate and zero gravel as coarse aggregate. , both by Teófilo Otoni. The experimental program was carried out by characterizing the materials used, the dosage and preparation of the concrete samples: reference, with accelerator and retarder additive, and later tests of resistance to axial compression of the concrete. From the results obtained, it was possible to analyze that the reference concrete at 28 days had a performance superior to the expected theoretical value, with T1SA reaching 22.59 MPa, T2SA 32.84 MPa and T3SA 44.35MPa. Concretes with accelerator additive showed better results than the reference concrete, so that T1AA1, T2AA1 and T3AA1 reached, respectively, 27.79 MPa, 35.96 MPa and 45.89 MPa in the minimum dosage and in the maximum dosage 30.61 MPa, 37.55 MPa and 47.88 MPa, both at 28 days. The concrete with the setting accelerator additive showed a maximum gain in compressive strength of 23.01% at the minimum dosage and 35.5% at the maximum dosage when compared to the reference concrete. The results of concrete with setting retardant additive showed superior resistance to the reference and to the concrete with accelerator additive, with T1AR1, T2AR1 and T3AR1 respectively reaching 30.97 MPa, 38.74 MPa and 49.61 MPa in the minimum dosage at 28 days. At maximum dosage, T1AR7 reached 32.71 MPa, T2AR7 reached 44.22 MPa and T3AR7 reached 51.27 MPa in final cure. In general, the concretes with the presence of the retarder additive showed a superior performance in terms of resistance to axial compression, and at 28 days this concrete obtained a superior performance in 20% to the reference concrete, reaching in its maximum dosage with T3AR7 the highest performance of the study with strength of 51.27 MPa. In addition, the presence of the retarder additive in the concrete made it possible to increase the compressive strength by about 11.47% when compared to concrete with the minimum dosage of the accelerator and about 17.76% at the maximum dosage at 28 days. Finally, it can be concluded that the accelerating and retarding chemical additives of setting have good application in concrete with Teófilo Otoni aggregates in order to enable greater cohesion, workability and resistance of concrete in the region. The presence mainly of the setting retardant chemical additive and the VSI artificial sand, which has a high content of quartz powder, contributed to the uniform filling of the voids, providing an improvement in the performance of the resistance to axial compression and in the workability of the concretes manufactured in Teófilo Otoni.

Keywords: Chemical additives. Concrete. Geology. Accelerator. Retarder.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Formação Tumiritinga (1 e 3) e Tonalito São Vitor (2).....	24
Figura 2 - Localização do município de Teófilo Otoni .....	27
Figura 3 - Pedreira Mattar no município de Teófilo Otoni.....	28
Figura 4 – Localização da Pedreira Mattar .....	29
Figura 5 - Formações litológicas do município de Teófilo Otoni .....	29
Figura 6 - Formações geológicas de Teófilo Otoni .....	30
Figura 7 - Elevação do município de Teófilo Otoni .....	31
Figura 8 - Fluxograma das etapas de execução do experimento .....	36
Figura 9 - Aqueduto Pont du Gard .....	38
Figura 10 - Ensaio de abatimento do concreto (Slump Test) .....	42
Figura 11 - Processo de cura por imersão do concreto .....	46
Figura 12 - Túnel de São Gotardo (Gotthard Base).....	58
Figura 13 - Aditivo acelerador e retardador de pega da Aditibras .....	60
Figura 14 – Biotita .....	61
Figura 15 - Consumo de água de um meio com partículas alongadas.....	62
Figura 16 - Proporção da adição de biotita e a fluidez da argamassa .....	63
Figura 17 - Hematita.....	63
Figura 18 – Albita.....	64
Figura 19 - Cimento Portland CPIII RS Intercement .....	66
Figura 20 - Areia artificial VSI da Pedreira Mattar .....	67
Figura 21 - Curva granulométrica da areia artificial VSI .....	68
Figura 22 - Granulometria da areia artificial VSI.....	69
Figura 23 - Ensaio de massa específica da areia.....	70
Figura 24 - Brita 1 da Pedreira Mattar .....	71
Figura 25 - Curva granulométrica da brita 1 .....	72
Figura 26 - Ensaio de granulometria da Brita 1 .....	73
Figura 27- Ensaio massa específica da brita 1 .....	74
Figura 28 - Fluxograma dos processos de ensaios DRX e FRX .....	75
Figura 29 - Difratômetro PANalytical.....	77
Figura 30 - Fluorescência de raios-X ZSXMini II – Rigaku.....	77
Figura 31 - Aditivos.....	78
Figura 32 - Determinação da relação água/cimento .....	82
Figura 33 - Secagem da areia VSI .....	86

Figura 34 - Secagem da brita 1 .....	86
Figura 35 - Secagem dos agregados .....	87
Figura 36 - Pesagem dos materiais .....	87
Figura 37 - Pesagem da água .....	87
Figura 38 - Pesagem dos aditivos .....	88
Figura 39 - Ensaio de abatimento do concreto .....	88
Figura 40 - Concreto na betoneira .....	89
Figura 41 - Confecção do concreto .....	89
Figura 42 - Ensaio de determinação do teor de ar no concreto fresco .....	90
Figura 43 - Sobra do concreto .....	91
Figura 44 - Moldagem corpos de prova de concreto .....	92
Figura 45 - Corpos de prova de concreto moldados .....	93
Figura 46 - Cura úmida por imersão dos concretos .....	93
Figura 47 - Retificação dos corpos de prova de concreto .....	94
Figura 48 - Ensaio de resistência à compressão dos concretos .....	95
Figura 49 - Difratoograma de Raios X da amostra de brita zero .....	97
Figura 50 - Corpos de prova .....	98
Figura 51 - Compressão axial no concreto referência .....	101
Figura 52 - Rompimento do corpo de prova do concreto referência .....	101
Figura 53 - Compressão axial em concreto com retardador (porcentagem mínima) .....	104
Figura 54 - Compressão axial em concreto com retardador (porcentagem máxima) .....	105
Figura 55 - Rompimento do corpo de prova do concreto com retardador .....	105
Figura 56 - Compressão axial em concreto com acelerador (porcentagem mínima) .....	108
Figura 57 - Compressão axial em concreto com acelerador (porcentagem máxima) .....	108
Figura 58 - Compressão axial dos concretos aos 7 dias (dosagem mínima) .....	109
Figura 59 - Compressão axial dos concretos aos 28 dias (dosagem mínima) .....	109
Figura 60 - Compressão axial dos concretos aos 7 dias (dosagem. máxima) .....	110
Figura 61 - Compressão axial dos concretos aos 28 dias (dosagem. máxima) .....	111
Figura 62 - Curva de Abrams concreto referência .....	112
Figura 63 - Curva de crescimento do concreto referência .....	113
Figura 64 - Curva de Abrams concreto com aditivo retardador de pega .....	114
Figura 65 - Curva de crescimento do concreto com retardador .....	115
Figura 66 - Curva de Abrams concreto com aditivo retardador de pega .....	117
Figura 67 - Curva de crescimento concreto com retardador de pega .....	118
Figura 68 - Curva de Abrams do concreto com aditivo acelerador de pega .....	120
Figura 69 - Curva de crescimento do concreto com aditivo acelerador de pega .....	121

Figura 70 - Curva de Abrams do concreto com aditivo acelerador de pega.....	123
Figura 71 - Curva de crescimento do concreto com aditivo acelerador de pega .....	124
Figura 72 - Curva sobrepostas concreto referência e retardador aos 28 dias .....	126
Figura 73 - Curva sobrepostas concreto referência e acelerador aos 28 dias .....	128
Figura 74 - Concentração mineral na brita zero - FRX .....	129
Figura 75 - Semiquantificação de fases presentes pelo método Rietveld.....	130



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Especificação resistência à compressão dos concretos .....	39
Tabela 2 - Classificação dos Agregados .....	40
Tabela 3 - Grau de trabalhabilidade dos concretos.....	43
Tabela 4 - Tipos e especificações dos aditivos .....	49
Tabela 5 - Principais tipos de aceleradores.....	52
Tabela 6 - Propriedades do cimento Portland.....	66
Tabela 7 - Análise granulométrica areia .....	68
Tabela 8 - Massa unitária do agregado miúdo no estado solto .....	69
Tabela 9 - Massa unitária do agregado miúdo no estado compactado .....	69
Tabela 10 – Determinação da massa específica real .....	70
Tabela 11 - Teor de finos agregado miúdo .....	71
Tabela 12 - Análise granulométrica da brita 1 .....	72
Tabela 13 - Massa unitária do agregado graúdo no estado solto .....	73
Tabela 14 - Massa unitária do agregado graúdo no estado compactado .....	73
Tabela 15 - Determinação da massa específica real .....	74
Tabela 16 - Teor de finos agregado miúdo .....	74
Tabela 17 - Especificações dos aditivos .....	79
Tabela 18 - Dosagem dos aditivos – (Segundo recomendação do fabricante).....	79
Tabela 19 - Dosagem ACI (American Concrete Institute) .....	80
Tabela 20 - Valores de Sd para cada condição de preparo do concreto .....	81
Tabela 21 - Classes de agressividade ambiental.....	83
Tabela 22 - Relação água/cimento e classe de concreto conforme agressividade.....	83
Tabela 23 - Determinação do consumo de água pela dimensão do agregado graúdo .....	84
Tabela 24 - Traços em massa utilizados para fabricação dos corpos de prova .....	85
Tabela 25 - Número de camadas para adensamento corpos de prova .....	92
Tabela 26 - Valores obtidos pela análise por FRX da amostra.....	96
Tabela 27 - Semiquantificação de fases presentes pelo Método Rietveld.....	97
Tabela 28 - Nomeclatura dos concretos.....	99
Tabela 29 - Resultado do ensaio de abatimento do concreto referência.....	99
Tabela 30 - Resistências do concreto referência.....	100
Tabela 31 - Resistência à compressão axial concreto referência.....	100
Tabela 32 - Resultado do ensaio de abatimento do concreto com aditivo retardador .....	102

Tabela 33 - Resistências do concreto com aditivo retardador (dosagem mínima) .....	103
Tabela 34 - Resistências do concreto com aditivo retardador (dosagem máxima) .....	103
Tabela 35 – Resultados do ensaio de resistência à compressão axial.....	103
Tabela 36 - Resultado do ensaio de abatimento do concreto com aditivo acelerador .....	106
Tabela 37 - Resistências do concreto com aditivo acelerador (dosagem mínima) .....	106
Tabela 38 - Resistências do concreto com aditivo acelerador (dosagem máxima) .....	107
Tabela 39 - Resultados do ensaio de resistência à compressão axial .....	107
Tabela 40 - Dados do concreto referência .....	112
Tabela 41 - Resultado da equação da curva de crescimento .....	113
Tabela 42 - Dados do concreto com retardador de pega (dosagem mínima) .....	115
Tabela 43 - Resultado da equação da curva de crescimento retardador .....	116
Tabela 44 - Dados do concreto com retardador de pega (dosagem máxima).....	118
Tabela 45 - Resultado da equação da curva de crescimento retardador .....	119
Tabela 46 - Dados do concreto com acelerador de pega (dosagem mínima) .....	121
Tabela 47 - Resultado da equação da curva de crescimento acelerador .....	122
Tabela 48 - Dados do concreto com acelerador de pega (dosagem máxima) .....	123
Tabela 49 - Resultado da equação da curva de crescimento acelerador .....	124

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABESC	Associação Brasileira de Serviços de Concreto
COMIG	Companhia Mineradora de Minas Gerais
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
FCK	Resistência Característica à Compressão do Concreto
FCM	Resistência à Compressão Média do Concreto
IBI	Instituto Brasileiro de Impermeabilização
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IM	Índice de Multiplicação
DRX	Difratometria de Raios – X
FRX	Fluorescência de Raios – X
MPA	Mega Pascal
NBR	Norma Técnica Brasileira
SD	Desvio Padrão
UHPC	Ultra High Performance Concrete

## SUMÁRIO

RESUMO.....	09
ABSTRACT .....	11
LISTA DE FIGURAS.....	12
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	18
SUMÁRIO .....	19
1 INTRODUÇÃO .....	23
1.1 Contextualização do tema.....	24
1.2 Caracterização de Teófilo Otoni-MG.....	26
1.2.1 Pedreira Mattar e a geologia da região.....	27
1.3 Relevo.....	31
1.4 Clima e temperatura .....	31
2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA .....	32
2.1 Objetivo Geral.....	32
2.2 Objetivos Específicos .....	32
2.3 Justificativa .....	32
3 METODOLOGIA.....	34
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	36
4.1 Concreto .....	36
4.2 Composição do concreto .....	38
4.3 Agregados .....	39
4.3.1 <i>Trabalhabilidade</i> .....	41
4.3.2 <i>Resistência do concreto</i> .....	43
4.3.3 <i>Cura do concreto</i> .....	44
4.4 Aditivos.....	46
4.4.1 <i>Tipos e aplicações dos aditivos</i> .....	48
4.4.2 <i>Aditivos aceleradores de pega e de resistência</i> .....	50
4.4.3 <i>Aditivos retardadores de pega</i> .....	52
4.4.4 <i>Dosagem</i> .....	54
4.4.5 <i>Principais fabricantes de aditivos</i> .....	54
4.5 Micas e suas aplicações .....	60
4.6 Biotita.....	60

4.7 Hematita .....	63
4.8 Albita (Feldspato).....	64
<b>5 MATERIAIS E ENSAIOS REALIZADOS.....</b>	<b>65</b>
5.1 Seleção e caracterização dos materiais empregados .....	65
5.2 Caracterização dos Materiais .....	65
5.2.1 Caracterização do cimento .....	66
5.2.2 Caracterização do agregado miúdo.....	66
5.2.3 Caracterização do agregado graúdo .....	71
5.3 Caracterização mineralógica.....	75
5.3.1 Ensaio de DRX e FRX.....	75
5.3.1 Difractometria de Raios-X (DRX).....	76
5.3.2 Fluorescência de Raios-X (FRX).....	77
5.4 Água .....	78
5.5 Aditivos .....	78
5.5.1 Aditivo Acelerador e Retardador de pega .....	78
<b>6 ENSAIOS EXPERIMENTAIS .....</b>	<b>79</b>
6.1 Método de dosagem do concreto da ACI ( American Concrete Institute) .....	79
6.2 Procedimentos de dosagem do concreto.....	81
6.2.1 Dosagem do concreto – Determinação da resistência.....	81
6.2.2 Determinação da relação água/cimento e a resistência à compressão do concreto ....	82
6.2.3 Determinação da relação água/cimento e a da durabilidade do concreto.....	83
6.2.4 Estimativa do consumo de água e determinação do teor de argamassa .....	84
6.2.5 Estimativa do consumo de cimento.....	84
6.2.6 Estimativa do consumo de agregados .....	85
6.2.6 Apresentação do traço de concreto e determinação do abatimento .....	85
6.2.6 Ajustes na mistura experimental .....	86
6.3 Fabricação dos concretos.....	86
6.4 Ensaio de Abatimento do concreto ( <i>Slump Test</i> ).....	91
6.5 Moldagem dos corpos de provas .....	91
6.6 Ensaio de resistência à compressão.....	94
<b>7 RESULTADOS OBTIDOS .....</b>	<b>95</b>
7.1 Resultado da análise mineral.....	96
7.1.1 Resultado da análise por Fluorescência de Raios-X (FRX).....	96

<i>7.1.2 Resultado da análise por Difractometria de Raios-X (DRX)</i> .....	97
<b>7.2 Resultados do ensaio de compressão dos concretos</b> .....	<b>98</b>
<b>7.3 Resistência à compressão dos concretos produzidos (Referência)</b> .....	<b>99</b>
<i>7.3.1 Ensaio de abatimento ( slump test)</i> .....	<i>99</i>
<i>7.3.2 Resistência à compressão axial do concreto referência</i> .....	<i>100</i>
<b>7.4 Resistência à compressão dos concretos produzidos com aditivo retardador de pega</b>	<b>102</b>
<i>7.4.1 Ensaio de abatimento (Slump Test)</i> .....	<i>102</i>
<i>7.4.2 Resistência à compressão axial do concreto com aditivo retardador</i> .....	<i>102</i>
<b>7.5 Resistência à compressão dos concretos produzidos com aditivo acelerador</b> .....	<b>105</b>
<i>7.5.1 Ensaio de abatimento (Slump Test)</i> .....	<i>105</i>
<i>7.5.2 Resistência à compressão axial dos concretos com aditivo acelerador</i> .....	<i>106</i>
<b>8 ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>111</b>
<b>8.1 Abatimento do concreto</b> .....	<b>111</b>
<b>8.2 Resistência à compressão axial dos concretos</b> .....	<b>112</b>
<b>8.3 Resistência à compressão axial do concreto referência</b> .....	<b>112</b>
<b>8.4 Resistência à compressão axial do concreto com aditivo retardador de pega</b> .....	<b>114</b>
<b>8.5 Resistência à compressão axial do concreto com aditivo acelerador de pega</b> .....	<b>119</b>
<b>9 COMPARATIVO ENTRE OS TRAÇOS DE CONCRETO</b> .....	<b>125</b>
<b>9.1 Comparativo entre o concreto referência e o concreto com aditivo retardador</b> .....	<b>125</b>
<b>9.2 Comparativo entre o concreto referência e o concreto com aditivo acelerador</b> .....	<b>127</b>
<b>9.3 Interferência dos minerais nos concretos</b> .....	<b>129</b>
<b>10 CONCLUSÃO</b> .....	<b>132</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>135</b>
<b>APÊNDICE A - ESTUDO DE DOSAGEM CONCRETO</b> .....	<b>141</b>
<b>ANEXO A - TABELA TÉCNICA DE ADITIVOS ADITIBRAS</b> .....	<b>156</b>
<b>ANEXO B – CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA</b> .....	<b>160</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil tem passado por diversas transformações devido aos avanços tecnológicos recentes, sobretudo com o uso de aditivos químicos, visando melhorar o desempenho dos materiais empregados principalmente em obras de grande porte e em centrais dosadoras.

O uso de aditivo químico tem o intuito de proporcionar melhoria nas propriedades iniciais e finais do concreto, de modo permitir que as operações de lançamento, adensamento e acabamento sejam realizadas de maneira rápida de modo a se evitar a perda de abatimento do concreto no estado fresco.

Dentre as suas principais funções estão: a melhoria da trabalhabilidade, elevação da resistência e melhor coesão do concreto, além minimizar patologias como: retração, segregação e exsudação. Os aditivos químicos são adicionados durante o processo de produção do concreto, alterando as propriedades físicas do concreto fresco ou endurecido (NETO *et al.*, 2018).

Além disso, os aditivos químicos proporcionam redução no consumo de materiais para o concreto. Segundo Corrêa (2010), as grandes concreteiras, indústrias de pré-moldados e as indústrias químicas, por si só consomem cerca de 20% das 50.000.000 de toneladas/ano do cimento comercializado no país. A redução no consumo de cimento proporcionada pelos aditivos é de cerca de 1.000.000 ton/ano, ou seja, aproximadamente 2% da produção nacional. No entanto em países da Europa o consumo de aditivos químicos em concretos é feito em larga escala representando cerca de 80% do mercado e conseqüentemente uma redução no consumo de cimento superior a 8%, além da melhoria no desempenho e logística dos concretos nos canteiros de obra.

Ainda que o uso dos aditivos químicos proporcione grandes benefícios ao concreto, há fatores que devem ser observados para a sua utilização. Devido ao fato do concreto ser composto por aproximadamente 80% de agregados graúdos e miúdos, o mesmo sofre forte influência devido a tipo dos agregados empregados na produção do concreto (MEHTA E MONTEIRO, 1998).

Sendo assim, obter um melhor entendimento sobre a geologia da região de Teófilo Otoni se torna fundamental, sendo que a mesma se encontra compreendida principalmente pelas formações Tumiritinga e Tonalito São Vitor conforme pode ser observado na Figura (1).

**Figura 1 - Formação Tumiritinga (1 e 3) e Tonalito São Vitor (2)**



Fonte: FERRAZ, 2019. Adaptado.

A formação Tumiritinga é formada principalmente por minerais de textura xistosa e gnaisses, com a existência de biotita, minerais do grupo das micas, enquanto o Tonalito São Vitor apresenta rochas com maiores declives que claramente sofreram alterações nas micas (FERRAZ, 2019).

No que tange ao entendimento sobre a geologia de Teófilo Otoni, a mesma se encontra compreendida em sua maior parte pela formação Tonalito São Vitor, composta principalmente por minerais como biotita-tonalito e biotita gnaisse que apresenta aspecto lamelar (GOMES *et al.*, 2014). Além disso, a forma dos agregados é outro importante aspecto a ser observado, pois seu formato influencia fortemente na fluidez dos concretos (FABRO *et al.*, 2011).

Portanto, esta pesquisa teve como finalidade determinar a resistência à compressão axial dos concretos com aditivo acelerador e retardador de pega, de modo a analisar o desempenho desses concretos quando comparado ao referênci.

O método de dosagem utilizado para a fabricação dos concretos deu-se através do método empírico do American Concrete Institute (ACI), onde realizou-se a dosagem do concreto por meio de tabelas e características dos materiais empregados afim de dosar os materiais e proporcionar uma mistura com um desempenho satisfatório.

Sendo assim, esta pesquisa buscou além da determinação da resistência à compressão axial dos concretos, a identificação da composição de concreto mais adequada às peculiaridades região (como geologia, agregados, e outros) e com melhor desempenho diante dos causadores das perdas de suas propriedades.

### 1.1 Contextualização do tema

A indústria da construção civil ligada a produção de concretos têm

investido em pesquisas na busca por novos materiais que proporcionem melhorias ao concreto convencional, de modo a atender as demandas para o atual cenário da indústria da construção civil.

De acordo com IBI (2021), os aditivos químicos tiveram um importante papel na busca por sustentabilidade na construção civil. Através da sua utilização, os aditivos proporcionaram diversos benefícios não somente referente ao desempenho mecânico dos concretos mas principalmente nos aspectos relacionados a maior eficiência e produtividade nos canteiros de obras.

Quanto aos aspectos ambientais, a utilização de aditivos químicos em concretos se torna relevante no que diz respeito ao uso racional de materiais de modo a evitar desperdício e sobras volumosas. Outro importante fator, tem sido a redução da poluição sonora de modo a possibilitar a otimização da produção do concreto auto-adensável. Na produção industrial, a necessidade de peças pré-fabricadas leva a utilização de diversos concretos, tendo os aditivos exercidos um papel importante no aperfeiçoamento desses concretos com as novas tecnologias como o uso do UHPC (Ultra High Performance Concrete) (IBI, 2021).

A presença de aditivos no desenvolvimento tecnológico dos concretos, afeta diretamente na produtividade, efetividade e competitividade no mercado da construção civil, levando em consideração um alto desempenho mecânico e sustentável dos concretos.

Bauer (2008), define os aditivos como um produto químico que quando adicionado ao concreto em dosagens recomendadas proporciona novas características e melhora algumas existentes, otimizando os processos desde a fabricação até o lançamento.

A utilização de aditivos químicos no Brasil a princípio foi vista de modo receioso, sendo aplicado em alguns casos devido a recomendações específicas, no entanto a crescente necessidade de novas tecnologias para o concreto aponta o aditivo como um novo componente do concreto, sendo utilizado em larga escala principalmente em centrais de dosagem de concreto (FILHO, 2019).

Para a produção dos concretos os tipos dos agregados é outro aspecto que deve ser verificado devido ao fato de que o concreto em sua composição é formado por cerca de 80% de agregados (MEHTA E MONTEIRO, 1998). Os agregados influenciam diretamente na qualidade e desempenho mecânico dos concretos de modo a elevar ou ocasionar a queda do desempenho das características a depender das rochas originárias presentes nos agregados.

“Os agregados para a construção civil são obtidos de materiais rochosos variados, consolidados ou granulares, fragmentados naturalmente ou por processo industrial. Podem ser oriundos de rochas sedimentares como arenitos e siltitos, entre outras; metamórficas como os quartzitos, calcário e gnaiss; ígneas como o granito, Sienitos, basalto e diabásios.” (SERNA E REZENDE, 2013, p.1).

Os constituintes das rochas utilizadas como é o caso dos agregados graúdos e miúdos que influenciam diretamente nas características dos concretos, devido a aspectos como dureza, composição e forma dos agregados que pode influenciar na qualidade final dos concretos.

A região de Teófilo Otoni tem sua origem geologia no período pré-cambriana, tendo como principais formações geológicas as formações Tumiritinga e Tonalito São Vitor, que são caracterizadas pela presença da Biotita Gnaiss e Biotita Tonalito (GOMES *et al.*, 2014).

De acordo com Parreira (2016), a presença de minerais como a Biotita presentes nos agregados de concretos podem proporcionar acarretar na perda de resistência dos concretos devido ao seu aspecto lamelar que dificulta a sua homogeneização do concreto. Além disso a forma dos agregados após o processo de britagem também influencia na resistência final dos concretos.

Sendo assim, o estudo dos agregados da região para a fabricação dos concretos se torna importante de modo a se conhecer a interferência de fatores como a composição mineralógica e forma dos agregados na resistência final dos concretos da região.

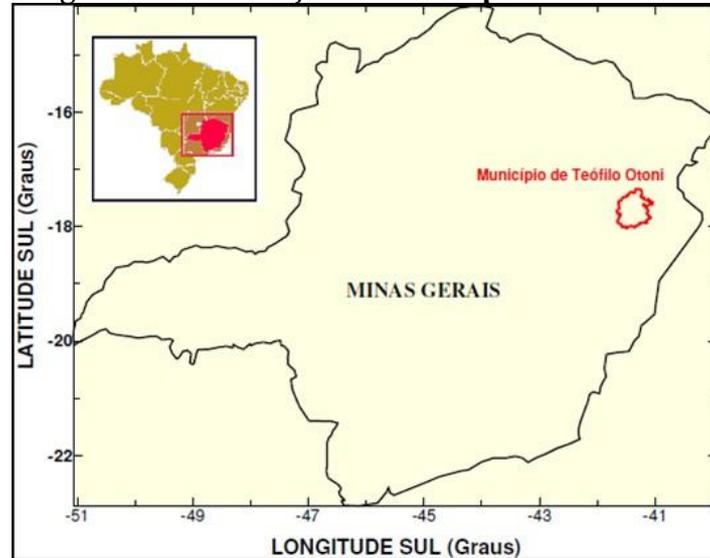
## 1.2 Caracterização de Teófilo Otoni-MG

O Município de Teófilo Otoni encontra-se localizado na região nordeste do estado de Minas Gerais, com latitude 17° 51' 15" sul e longitude 41° 30' 23" a oeste e altitude de 1.138 m, tendo 3.242,27 km<sup>2</sup> em sua área total. Se encontra em divisa com os municípios de Carai, Itaipé, Ouro Verde de Minas, Pavão, Poté, Ladainha, Catuji, Novo Oriente de Minas, Ataléia, Frei Gaspar, Carlos Chagas e Itambacuri (IBGE, 2010).

No início do segundo quarto do século XIX o município era considerado uma enclave entre os estados da Bahia, Minas Gerais e Espírito Santo, compreendido entre os vales dos rios Mucuri e São Mateus. Há indícios de que os seus primeiros povos foram as nações indígenas, denominadas “Botocudos”, que deriva dos “botoques” labiais e auriculares que utilizavam, ocupando a Mata Atlântica, sendo que esta região se configurava como uma grande barreira natural que impedia, ou pelo menos retardava, a completa integração macrorregional, tanto demográfica quanto econômica (CIMDEPE, 2015).

Na Figura (2) abaixo, podemos observar a localização geográfica do município.

**Figura 2 - Localização do município de Teófilo Otoni**



Fonte: GOMES *et al.*, 2012.

O município de Teófilo Otoni foi fundado em 1853, por Teófilo Benedito Otoni às margens do Rio Todos os Santos. O intuito com a colonização de estruturar a Companhia de Comércio e Navegação do Mucuri de forma a possibilitar a ligação do vale do Mucuri a parte do litoral do país, além de tornar a cidade um polo de comércio para a região nordeste de Minas Gerais (TEÓFILO OTONI, 2021).

### **1.2.1 Pedreira Mattar e a geologia da região**

A Pedreira Mattar se encontra localizada na zona rural do município de Teófilo Otoni. Desde 1994 o Grupo Pedreira Mattar atua no ramo de extração de rochas gnaisses, comercializando britas, areia e demais compostos para a construção civil (GRUPO PEDREIRA MATTAR, 2020).

A Pedreira Mattar é responsável pelo fornecimento de concreto, agregados e outros materiais para construção para toda a região. Por se encontrar situado no Complexo de Juiz de Fora, essa região tem como principal formação geológica a Formação Tonalito São Vitor, que é constituída principalmente por gnaisses, granitoides, biotita tonalito, biotita gnaise (GOMES *et al.*, 2014).

A cidade de Teófilo Otoni por se encontrar localizada no nordeste do estado de Minas Gerais, na região do Vale do Mucuri, tem seu perfil geológico compreendido pelo Orógeno Araçuaí, que teve sua origem através da junção de blocos crustais arqueanos durante o processo orogênico paleoproterozóico que se desenvolveu aos longos dos anos. O Orógeno Araçuaí é constituído por diversos complexos como o de

Mantiqueira, Porteirinha, Guanhães, Gouveia e Juiz de Fora (que abrange o município de Teófilo Otoni) (NOCE *et al.*, 2007).

Na Figura (3) pode-se observar a Pedreira Mattar no município de Teófilo Otoni.

**Figura 3 - Pedreira Mattar no município de Teófilo Otoni**



Fonte: GRUPO PEDREIRA MATTAR, 2020.

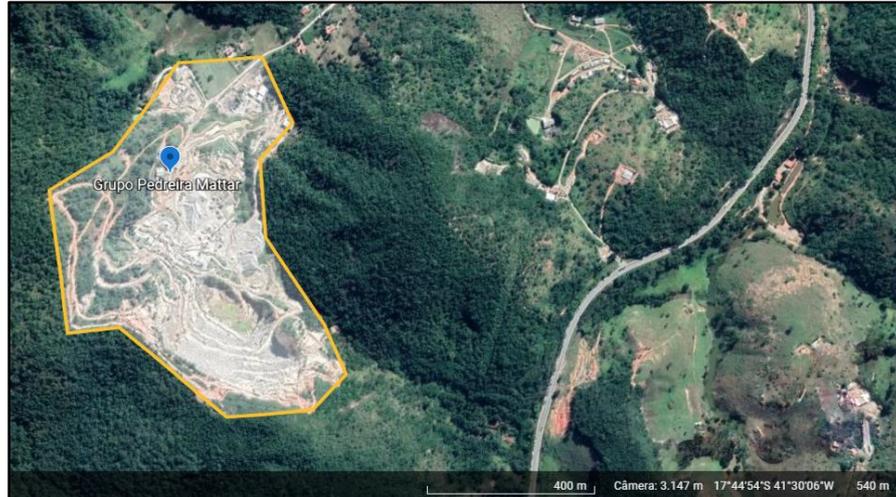
Devido ao fato de se encontrar compreendida no Complexo de Juiz de Fora que possui uma extensa faixa de ortognaisses, tendo como minerais predominantes: o quartzo, plagioclásio, ortopiroxênio e clinopiroxênio; biotita e hornblenda são produtos de reações retrometamórficas (HEILBRON *et al.*, 2003).

De acordo com dados da Companhia de Mineração de Minas Gerais - COMIG (2003), no mapa geológico do grupo Rio Doce, o município de Teófilo Otoni compreende as formações de Dom Silvério, São Tomé, João Pinto, Palmital do Sul e Tumiritinga formado por vários tipos de rochas de mármore, paragnaisse e calcissilicática.

O município de Teófilo Otoni, se compreendido pelas formações Tumiritinga e Tonalito São Vitor, sendo que a formação Tumiritinga tem sua origem em rochas metamórficas irregulares e alongadas que sofreram grandes deformações ao longo dos anos pela intrusão do Tonalito São Vitor, que possui formação em rochas ígneas e magmáticas (COMIG, 2003).

A região por estar localizada na formação Tumiritinga, formada por rochas metamórficas com grande concentração de xistos e biotita gnaisses com cerca de 40% de teor quartzo, granada, feldspato potássico e muscovita (CPRM, 1996).

Na Figura (4), se encontra a localização da Pedreira Mattar, onde se encontra presente a formação Tonalito São Vitor.

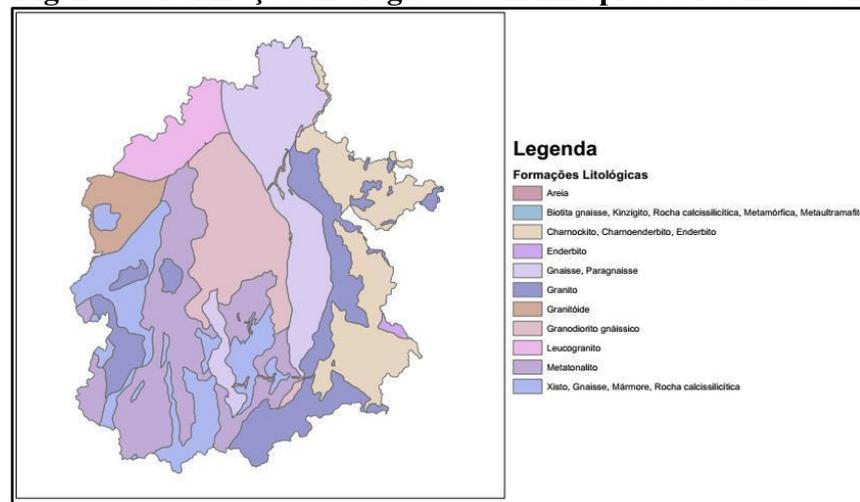
**Figura 4 – Localização da Pedreira Mattar**

Fonte: GOOGLE EARTH, 2022.

De acordo com Paes (2001), a formação Tumiritinga apresenta em sua composição principal a biotita gnaisse cinza com alto teor de quartzo-felspáticos, ocorrendo intercalações com a biotita-quartzo feldspático cinza e fino e de calcissilicática verde-clara.

No entanto a formação Tonalito São Vitor, há a presença da biotita-tonalito, hornblenda-biotita tonalito e biotita granodiorito, todas com a coloração cinza e granulometria de média a grossa (PAES, 2001).

Na Figura (5) abaixo, se encontra a representação das formações litológicas do Teófilo Otoni.

**Figura 5 - Formações litológicas do município de Teófilo Otoni**

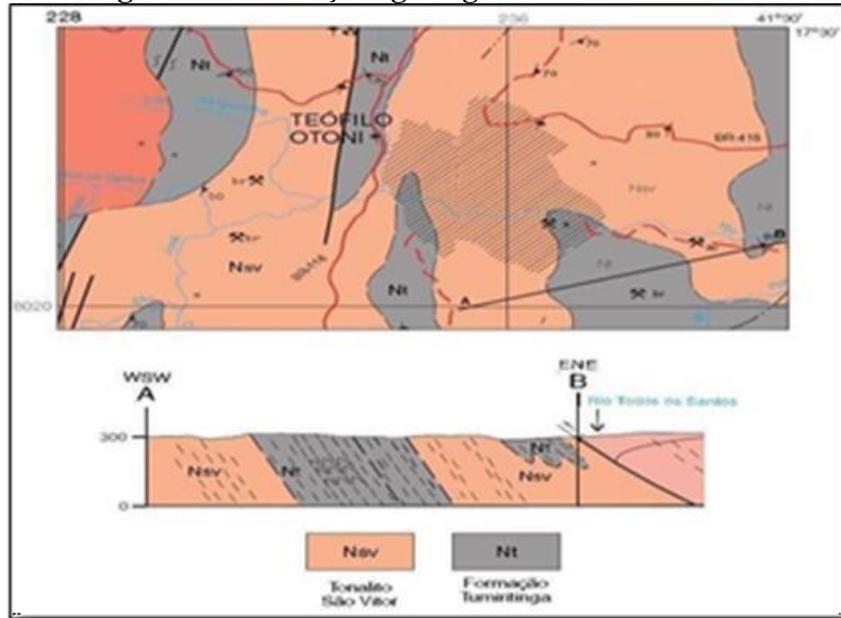
Fonte: AGUIAR, 2017.

Em sua composição litológica, a região tem a presença da biotita gnaisse, granito, xistos, leucogranito como podemos observar na Figura (5), mas em sua grande porção as rochas da região são constituídas de granitos e suas derivações. Em alguns casos é possível observar a presença de materiais mais arenosos devido a ocorrência de

depósitos de solos aluvionares. Nas formações geológicas mencionadas, há a existência das micas um grupo de minerais que se encontra presente nos agregados da região de Teófilo Otoni.

A Figura (6) apresenta as principais formações geológicas do município de Teófilo Otoni, sendo elas a formação Tumiritinga e Tonalito São Vitor.

**Figura 6 - Formações geológicas de Teófilo Otoni**



Fonte: RAMOS E GOMES, 2017.

A formação Tumiritinga encontra-se a biotita gnaiss cinza com granulometria de fino a médio, e foliação milonítica apresentando presença de mármore na região de Ladainha e Poté e a formação Tonalito São Vitor tem em sua composição a Biotita-tonalito, hornblenda- biotita-tonalito e biotita-granodiorito, com granulometria média a grossa e coloração cinza, com presença na estrada Teófilo Otoni a Ladainha (GOMES, 2015).

As formações geológicas da cidade de Teófilo Otoni, comprovam a predominância da biotita gnaiss na região, onde os estudos e mapas geológicos apontam as suas variações. As micas quando incorporadas aos concretos e argamassas tem suas propriedades alteradas tornando um fluido mais viscoso. Seu formato lamelar e estrutura rígida necessitam de grande quantidade de água para preencher seus vazios, recobrando sua superfície e separando as partículas de forma a não alterar a sua viscosidade (PARREIRA, 2016).

As micas compõem o grupo dos filossilicatos e tem suas origens em rochas metamórficas, sedimentares e magmáticas. Possuem em seu grupo dois minerais com maior utilização que são as muscovitas e as biotitas. A biotita pode ser definida como

um silicato de potássio, com magnésio ferro-alumínio hidratado, sendo rica em Ferro (Fe) (PARREIRA, 2016).

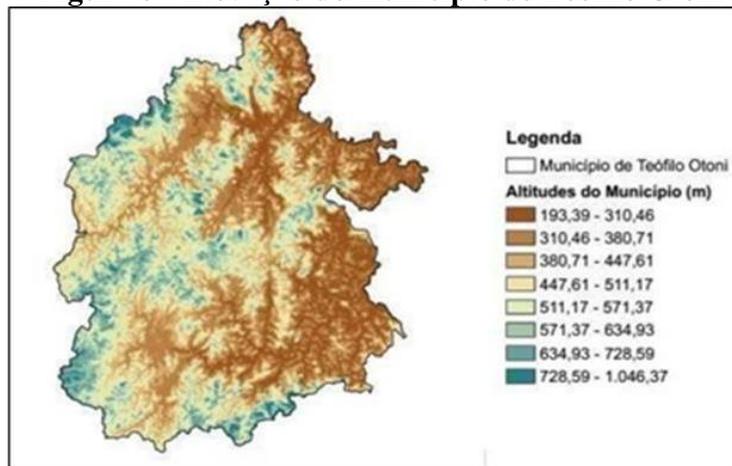
Devido a geologia regional de Teófilo Otoni, a biotita se encontra presente nos agregados utilizados no concreto, sendo caracterizada pela forte presença de Ferro (Fe) em sua composição e aspecto lamelar, sendo o último responsável por uma maior demanda de água na fabricação dos concretos em razão da sua difícil incorporação. A inserção de materiais que possibilitem a melhoria dos concretos se tornam necessárias em regiões com a presença desses minerais.

### 1.3 Relevo

O município de Teófilo Otoni possui um relevo ondulado que reflete uma região com áreas montanhosas, formado por elevados declives que cortam toda a região em sua zona urbana (METZER *et al*, 2014).

O relevo do município apresenta as ondulações por se encontrar entre altitudes de 193,39 e 1046,37 metros, como pode ser observado através da Figura (7) abaixo, com o mapa digital de elevação do município de Teófilo Otoni.

**Figura 7 - Elevação do município de Teófilo Otoni**



Fonte: AGUIAR, 2017.

Segundo Ferraz e Valadão (2006) o relevo do município tem em sua formação planaltos com áreas fluviais dissecadas por rochas planas e alongadas com altitudes menores na região central urbana de Teófilo Otoni, outra parte formada por áreas com um grau médio de declividade ainda na porção urbana da cidade e áreas com maiores elevações topográficas principalmente na parte rural (FERRAZ *et al.*, 2016).

### 1.4 Clima e temperatura

A cidade tem como características climáticas, o tipo Tropical Quente Semiúmido com temperaturas próximas ao 23°C ao longo de todo o ano e índice de

chuvas e precipitações de média de 1100 mm/ano sendo distribuídas metade desse volume entre os meses de novembro a janeiro (IBGE, 2010).

De acordo com Ferraz *et al.* (2016), devido ao escassez hídrica durante o período de abril a setembro tendo uma média mensal de 32,3 mm, normalmente acontece um excedente de precipitação hídrica no período de outubro a março com uma média mensal de 52,0 mm e média anual de evaporação de 875 mm.

## **2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA**

### **2.1 Objetivo Geral**

Determinar a resistência à compressão axial do concreto referência e concreto com a presença de aditivos químicos aceleradores e retardadores de pega com os agregados da região de Teófilo Otoni.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- A) Caracterizar os materiais componentes do concreto.
- B) Confeccionar concreto em massa com o uso de aditivos químicos aceleradores e retardadores de pega, e concreto referência utilizando os princípios do método de dosagem ACI (American Concrete Institute) considerando os A/C's (fator água/cimento): 0,50 - a/c rico, 0,70 – a/c médio e 0,90 – a/c pobre.
- C) Realizar uma análise química na amostra de brita zero de forma identificar os minerais presentes e suas respectivas porcentagens.
- D) Verificar a resistência à compressão axial nos traços de concretos confeccionados nas idades de 7, 14 e 28 dias.
- E) Comparar as composições dos concretos através do resultado das resistências dos concretos confeccionados com aditivos aceleradores e retardadores de pega ao concreto referência;
- F) Analisar a influência dos minerais na manutenção da trabalhabilidade e resistência dos concretos.

### **2.3 Justificativa**

Sendo o concreto um dos materiais mais utilizados pela indústria de construção civil no país, o emprego de materiais que possibilite uma maior trabalhabilidade e adequação do concreto às obras tem sido imprescindível. Dessa forma, os aditivos químicos vêm sendo utilizados com o intuito de proporcionar

melhorias nas propriedades do concreto de modo a facilitar principalmente o transporte, manuseio, adensamento e o tempo de pega.

O emprego de aditivos químicos aceleradores e retardadores tem o intuito de controlar o tempo de pega dos concretos de modo a adaptá-lo as mais diversas peculiaridades das obras (MEHTA E MONTEIRO, 2014).

Os aditivos normalmente são empregados em situações em que o concreto convencional não consegue atender a demanda da obra. No município de Teófilo Otoni, a utilização de aditivos químicos em concretos ainda ocorre de forma vagarosa, sendo que a maior parte de sua utilização é realizada pelas concreteiras.

Devido ao fato de ainda não haver estudos em Teófilo Otoni referente ao emprego de aditivos químicos em concretos, esta pesquisa deve ser entendida como um ponto de partida para estudos com aditivos químicos na região. Sendo assim, a mesma teve o intuito de iniciar os estudos com o emprego de aditivos aceleradores e retardadores visando um concreto com uma melhor resistência à compressão axial, plasticidade, maior controle do tempo de pega, de modo a verificar seu comportamento quanto à influência da geologia e forma dos agregados.

Além disso o município de Teófilo Otoni tem suas formações geológicas caracterizadas pela presença de micas como a Biotita-Tonalito (GOMES *et al.*, 2013). A predominância da biotita na cidade de Teófilo Otoni origina-se de um longo ciclo de transformações de gnaisses.

De acordo com Parreira (2016), a biotita pertence ao grupo das micas, que é derivada de rochas metamórficas, sedimentares e magmáticas. Em sua composição apresenta alto teor de ferro, que normalmente varia de 8% a 27%.

A existência de micas como a biotita no concreto altera seu comportamento de forma a aumentar sua viscosidade. Devido ao seu aspecto lamelar, se agrupam de modo a formar uma estrutura resistente que exige apenas uma tensão de cisalhamento mínima para ocorrer o escoamento da suspensão. Uma das formas de reduzir o agrupamento de suas partículas, é através da utilização de grande quantidade água para separar e melhorar a viscosidade da mistura (PARREIRA, 2016).

Devido a essa alta demanda de água, o concreto pode ter sua trabalhabilidade dificultada, e conseqüentemente uma redução da resistência. A biotita, em grande quantidade, pode acarretar na redução da fluidez do concreto, que devido ao seu formato de lamelar tendência a dificultar o manuseio do concreto (WAKIZAKA *et al.*, 2005).

O estudo com aditivos químicos aceleradores e retardadores de pega pode possibilitar conhecimentos sobre os concretos da região, de modo a proporcionar uma maior plasticidade, melhor desempenho mecânico e com novas tecnologias.

Assim, esta pesquisa teve como finalidade determinar a resistência à compressão axial dos concretos utilizando aditivos químicos retardadores e aceleradores de pega e concreto referência, analisando a influência dos agregados do concreto quanto à mineralogia e a sua forma.

Por fim, vislumbrou-se além da verificação das resistências dos concretos com e sem a presença de aditivos químicos, a proposição de novos conhecimentos para a fabricação de concretos considerando as características geológicas da região e sua influência na qualidade final dos concretos produzidos. Assim, almejando, de alguma forma, contribuir para um melhor desempenho e custo-benefício nos concretos fabricados na região de Teófilo Otoni.

### **3 METODOLOGIA**

A metodologia do presente estudo pode ser classificada quanto à sua abordagem como pesquisa quali-quantitativa, quanto à natureza como pesquisa pura e aplicada, quanto à análise de dados como pesquisa descritiva, quanto aos procedimentos como pesquisa bibliográfica e experimental.

Quanto à abordagem, a pesquisa quali-quantitativa tem o intuito de “interpretar as informações quantitativas por meio de símbolos numéricos e os dados qualitativos mediante a observação, a interação participativa e a interpretação do discurso dos sujeitos (semântica)” (KNECHTEL, 2014, p. 106).

No presente estudo, a partir da problematização foi realizada a pesquisa bibliográfica para embasar em estudos anteriores referente ao tema, a pesquisa experimental através de ensaios práticos em laboratório voltados para a busca de inovações na área de concretos e aditivos químicos para a região e a pesquisa descritiva como registro e análise dos dados obtidos com a experimentação.

De acordo com Dmitruk (2004), o tipo de pesquisa descritiva “[...] estuda fatos e fenômenos físicos e humanos sem que o pesquisador interfira, utilizando técnicas de observação, registro, análise e correlação de fatos em manipulá-los”. A busca de conhecimento e informações em livros, artigos, teses, sites e outros materiais bibliográficos, para desenvolvimento do tema o que também o caracteriza como uma pesquisa bibliográfica, foi uma etapa importante para fundamentar a pesquisa.

Segundo Barros e Lehfeldo (2000, apud BLOGOSLAWSKI, 2010, p. 30), pesquisa bibliográfica é uma modalidade de pesquisa que “[...] se efetua tentando resolver um problema ou adquirir conhecimentos a partir do emprego predominante de informações advindas de material gráfico, sonoro e informatizado”, complementando nos seguintes termos: A organização e uso de pesquisa permite que o discente obtenha

a formação e consiga criar postura científica, encaminha para o autodidatismo, quando realizada independentemente.

Tumelero (2019), afirma que a pesquisa experimental pode ser definida como a manipulação prática de diversas variáveis da problematização do estudo de forma a testar hipóteses referente à pesquisa. De acordo com Fonseca (2002, p. 11-2) “a ciência é uma forma particular de conhecer o mundo”. Assim, se caracteriza por um conjunto de modelos de observação, identificação, descrição, investigação experimental e explanação teórica de fenômenos (TUMELERO, 2019).

A pesquisa experimental, norteou-se na ABNT NBR 11768:2019 em sua parte 1, 2 e 3 que aborda os requisitos necessários para a utilização dos aditivos de forma a manter a consistência do concreto, estabelecendo a relação água/cimento, dosagens, método de aplicação, dentre outros. De forma a se atingir o objetivo da pesquisa foi realizado a fabricação de concreto referência e concretos com a presença de aditivos aceleradores e retardadores. Posteriormente, foram realizados ensaios de compressão axial para verificação da resistência do concreto nas idades de 7, 14 e 28 dias.

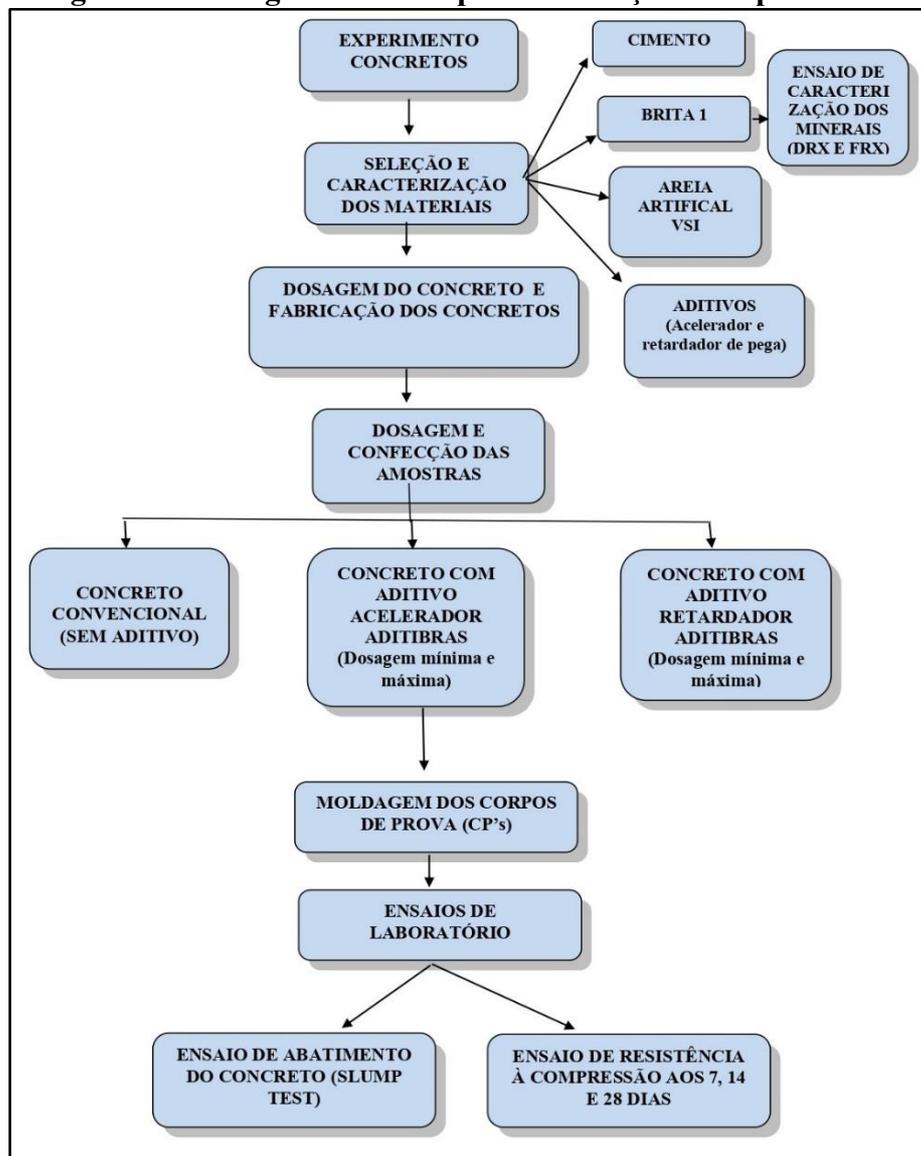
Os testes laboratoriais foram realizados nos laboratórios da Concreteira Mix Mattar na cidade de Teófilo Otoni/MG. Foram produzidos corpos de provas de concretos utilizando 3 tipos de concretos: concreto referência (TSA), concreto com aditivo acelerador de pega (TAA) e concreto com aditivo retardador de pega (TAR). Os traços de concreto foram determinados a partir do método de dosagem ACI, sendo utilizado os seguintes A/C's (fator água/cimento): 0,50 – a/c rico, 0,70 – a/c médio e 0,90 – a/c pobre. Estas divisões importantes para a obtenção de um melhor controle das amostras para posterior análise da resistência à compressão axial nas idades de 7, 14 e 28 dias.

Durante a elaboração da revisão bibliográfica foram identificados os principais aditivos aceleradores e retardadores de pega presentes no mercado brasileiro e obteve-se a oportunidade de contato com a empresa Aditibras, localizada no Rio de Janeiro/RJ, uma empresa bem conceituada e estabelecida há alguns anos no mercado de aditivos químicos para a construção civil, que disponibilizou amostras de seus aditivos como contribuição para a pesquisa.

Fabricou-se concretos com a finalidade verificar a resistência à compressão axial de composição referência e com aditivos químicos aceleradores e retardadores de pega. A aplicação dos aditivos tem o intuito de melhorar as propriedades mecânicas do concreto de modo a proporcionar um concreto com boa trabalhabilidade e resistência mecânica.

Através desta análise, foi possível identificar o comportamento dos aditivos nos concretos e possibilitar uma comparação com o concreto convencional de modo a analisar a influência dos minerais presentes na região no desempenho dos concretos. Para basear a análise foram realizados ensaios de granulometria dos agregados, ensaios de FRX e DRX em amostra de brita zero e ensaios de resistência à compressão axial. Na Figura (8) abaixo pode-se observar o fluxograma com as etapas de execução do experimento.

**Figura 8 - Fluxograma das etapas de execução do experimento**



Fonte: Autora, 2022.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Concreto

O concreto é um material utilizada em larga escala na construção civil, devido a sua versatilidade, funcionalidade e custo-benefício. Composto de cimento, agregados (miúdos e gráudos) e água basicamente, mas nos últimos anos vêm sendo

incorporado à sua composição tradicional aditivos químicos que influenciam diretamente na melhoria do desempenho do concreto final (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2006).

O concreto é um dos materiais de construção que possui alta capacidade de absorção de diversos resíduos da construção civil, como: aditivos, aglomerantes, finos, agregados miúdos e graúdos (MONTEIRO, 1994).

Segundo a ABNT NBR 12655:2015 (Emenda 1:2022) – Concreto de cimento Portland – preparo, controle, recebimento e aceitação, o concreto é definido como um composto uniforme constituído de cimento, agregados e água, podendo conter ou não a incorporação de componentes minoritários como aditivos químicos para concreto, pigmentos, sílica ativa, metacaulim e demais materiais pozzolânicos.

Uma das principais características do concreto é sua alta resistência à compressão, sendo necessário a utilização de componentes que garantam a sua qualidade e resistência máxima. Dessa forma, os concretos que são produzidos em concreteiras e centrais de usinagem seguem um rigoroso padrão de qualidade para a confecção de concretos de alto padrão, principalmente com a aplicação de aditivos químicos (HELENE E ANDRADE, 2007).

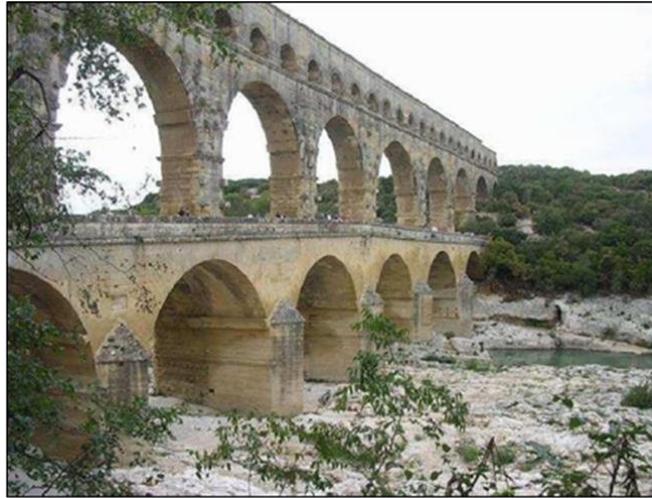
No entanto, apesar de na atualidade ser considerado um dos materiais da construção civil mais utilizados em todo o mundo, nem sempre foi assim, pois no século XIX na Mesopotâmia os sistemas construtivos mais utilizados eram os de madeira e de alvenaria (pedra), mas em algumas regiões devido a escassez de alguns desses recursos naturais houve a substituição por tijolos de barro e queimados sendo posteriormente utilizado as argamassas de barro como ligante (CARVALHO, 2008).

A datar dessas primeiras experiências como material da construção civil, com a utilização da alvenaria de pedras, houve a necessidade de se buscar um material que conseguisse unir essas pedras de forma coesa. A partir desse contexto que se introduz a cal, o cimento e conseqüentemente o concreto (CARVALHO, 2008).

O cimento como é conhecido na atualidade teve sua origem em 2500 a.c, com a utilização da argamassa de cal egípcia, sendo constituída por um composto de gesso calcinado. O conhecimento desse novo material construtivo disseminou pela Grécia e Roma antiga (CARVALHO, 2008).

A utilização do cimento para os romanos foi primordial quanto a obtenção de um material para a construção que fosse sólido, impermeável, durável e que possibilitasse a construção de aquedutos como o de Pont Du Gard na Figura (9), estradas e outras obras da construção civil, que necessitavam da utilização de argamassas e concretos.

**Figura 9 - Aqueduto Pont du Gard**



Fonte: CARVALHO, 2008.

O Caementum romano foi um tipo de argamassa que permitia a união de pedras que ficaram denominadas de concretus ou concretum, sendo o primeiro tipo de concreto romano (CARVALHO, 2008).

No entanto, apenas em 1824 Joseph Aspdin obteve o aperfeiçoamento do método rudimentar da produção de cimento e obteve do Cimento Portland, produzido a partir de pedras calcária branco-prateada encontradas na península de Portland (CARVALHO, 2008).

#### ***4.2 Composição do concreto***

O concreto é constituído pela combinação de cimento, agregados em partículas de tamanhos graúdos e miúdos e água basicamente. Na obtenção da mistura a água e o cimento contribuem para a formação de uma pasta que adere as pequenas partículas dos agregados, proporcionando a união e que após o enrijecimento da mistura obtém resistências mecânicas (GIAMUSSO, 1992).

Segundo Junior (2021), o concreto é um material derivado da mistura entre cimento (aglomerante), agregado graúdo e miúdo (brita e areia) e água em dosagens específicas e recomendadas. Um novo componente está sendo empregado na fabricação de concretos “os aditivos”, que podem ser aplicados para melhorar as propriedades do concreto ou proporcionar características específicas ao concreto para casos determinados. Dessa forma, a pasta formado pela união do cimento e da água envolve os agregados formando um material uniforme, resistente e trabalhável.

Para utilização do concreto em projetos estruturais é necessário que o concreto produzido ofereça uma boa resistência à compressão. Existe uma especificação referente à essa resistência à compressão, conforme estabelecido na Tabela

(1) a seguir:

**Tabela 1 - Especificação resistência à compressão dos concretos**

Especificação	Resistência
Concreto de baixa resistência	Abaixo de 20 Mpa
Concreto de resistência moderada	De 20Mpa a 40 Mpa
Concreto de alta resistência	Acima de 40 Mpa

Fonte: DUQUE, 2018.

### 4.3 Agregados

O concreto tem em sua composição aproximadamente 80% de agregados, sendo que os mesmos não possuem apenas a função de uniformizar e proporcionar resistência ao concreto, mas a sua origem influencia no desempenho estrutural das edificações (NEVILLE e BROOKS, 2013).

Os agregados são materiais rígidos que de acordo com sua granulometria são utilizados na fabricação de produtos artificiais resistentes, como no caso do concreto e em outras utilizações (TECNOSIL, 2020).

A ABNT NBR 7211:2009 (Errata 1:2019), define agregados como “composto por grãos de minerais duros, compactos, duráveis, estáveis, limpos e que não interfiram no endurecimento e hidratação do cimento e também na proteção contra corrosão da armadura”. Esses agregados podem ter origem naturais ou artificiais, podendo variar em sua granulometria para atender aos mais diversos tipos de necessidades dos projetos.

Os agregados de origens naturais como areias, britas de diversas granulometrias e cascalhos e quanto aos artificiais têm-se as argilas e escórias de alto-forno, dentre outros materiais. Os materiais de origem natural são muito utilizados devido ao seu baixo custo devido ao fato de ser encontrado nas regiões de utilização, no entanto devido a escassez desses materiais em alguns locais têm-se utilizado os agregados artificiais, como a escória de alto-forno (BAUER, 2008).

As dimensões e texturas das partículas dos agregados influenciam diretamente na qualidade do concreto fresco ou endurecido, pois afetam a uniformidade do concreto obtido e sua resistência, devido a composição dos minerais presentes nos agregados.

Os agregados de origens naturais (extraídas diretamente da natureza) ou artificiais (quando sua estrutura natural passa por algum processo químico ou físico-químico), podem ser classificados como agregados graúdos (quando os grãos passam

por uma abertura de 75 mm e ficam retidos em 4,75 mm) e agregados miúdos (quando os grãos passam pela peneira de 4,75 mm e ficam retidos na peneira de 150  $\mu$ m), definida pela ABNT NBR 9935:2011. Na Tabela (2) a seguir apresenta a classificação dos agregados.

**Tabela 2 - Classificação dos Agregados**

<b>ORIGEM</b>	<b>DIMENSÃO PARTÍCULAS</b>	<b>MASSA UNITÁRIA</b>	<b>COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA</b>
<i>Naturais</i>	<i>Agregado graúdo</i>	<i>Leves</i>	<i>Sedimentares</i>
Areia de rios, seixos rolados, cascalhos, pedregulhos,	Areia de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis. Passam na peneira ABNT 4,8 mm e ficam retidos na ABNT 0,150 mm.	M.E. < 1000 kg/m <sup>3</sup>	Arenito e calcário
<i>Artificiais</i>	<i>Agregado miúdo</i>	<i>Médios</i>	<i>Ígneas</i>
Pedrisco, pedra britada	Pedregulho natural, ou a pedra britada proveniente do britamento de rochas estáveis, ou a mistura de ambos, cujos grãos passam pela peneira ABNT 152 mm e ficam retidos na peneira ABNT 4,8 mm.	1000 ≤ M.E. ≤ 2000 kg/m <sup>3</sup>	Basalto e granito
<i>Industrializados</i>	-	<i>Pesados</i>	<i>Metamórficas</i>
Argila expandida, escória britada	-	M.E. > 2000 kg/m <sup>3</sup>	Ardósia, mármore e gnaisse

Fonte: NETO *et al.*, 2018. Adaptado.

A definição do tipo de agregado utilizado deve ser realizado de acordo com o traço e a necessidade do concreto para determinada obra. A utilização dos agregados nos concretos e argamassas deve visar principalmente a finalidade da obra para que seja uma escolha acertada em uso de materiais e outros recursos.

Dessa forma, a variabilidade dos agregados para o concreto, depende de sua finalidade. Quando se tem a necessidade de obter um concreto com alto desempenho e resistência, que possibilite a realização de uma concretagem onde a massa seja mais fluída mesmo sem a utilização de vibradores.

Essa massa é conhecida como graute onde utiliza-se agregados miúdos e pode aumentar em até cinco vezes a quantidade de concreto se comparado ao convencional, além da possibilidade de utilização de aditivos químicos (plastificantes ou superplastificantes) que consigam a redução da quantidade de água do traço sem comprometer o seu desempenho final (NETO *et al.*, 2018).

No entanto para a utilização de concreto armado é necessário a utilização de agregados graúdos com dimensões maiores de forma a conseguir um traço com alta resistência à compressão e aos esforços de tração (NETO *et al.*, 2018).

### **4.3.1 Trabalhabilidade**

O concreto é considerado um produto com boa trabalhabilidade quando o seu lançamento ocorre de forma fácil e fluída, possibilitando uma distribuição e adensamento do concreto de forma facilitada (NEVILLE e BROOKS, 2013).

A trabalhabilidade se dá quando é exigido um esforço mínimo para a manipulação do concreto fabricado recentemente, possuindo uma grande homogeneidade que contribui para os processos de transporte, lançamento, adensamento (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

De acordo com Mehta e Monteiro (1994), de forma simplificada a trabalhabilidade seria determinada por duas principais características, sendo elas: a fluidez e a coesão. A fluidez determina o grau de maleabilidade desse concreto e a coesão se refere ao preenchimento dos vazios de forma homogênea, proporcionando resiliência a exsudação ou segregação do concreto.

Devido a sua influência no concreto, a trabalhabilidade deve ser considerada como uma propriedade do concreto que pode ser obtida através de materiais de qualidade, mistura correta do concreto e através da adição de aditivos químicos específicos.

Sendo assim, a composição do concreto reflete diretamente na trabalhabilidade, ou seja, as propriedades do cimento, a origem e a granulometria dos agregados, o teor de água exercem influencia na trabalhabilidade do concreto (MARTIN, 2005 apud FRANCALOSSO, 2011).

Outro fator que interfere na trabalhabilidade do concreto é o teor do adensamento, que é a eliminação do ar incorporado e a anulação do atrito interno entre as partículas sólidas da composição do concreto, juntamente com a elevação da temperatura (NEVILLE, 1997).

Os esforços internos entre as partículas que interferem na trabalhabilidade podem ser modificadas por vibração, pela elevação no teor da água ou pela utilização de aditivos químicos. No entanto para o aumento da temperatura, é utilizado a prática de elevação nos teores de água do concreto (MARTIN, 2005 apud FRANCALOSSO, 2011).

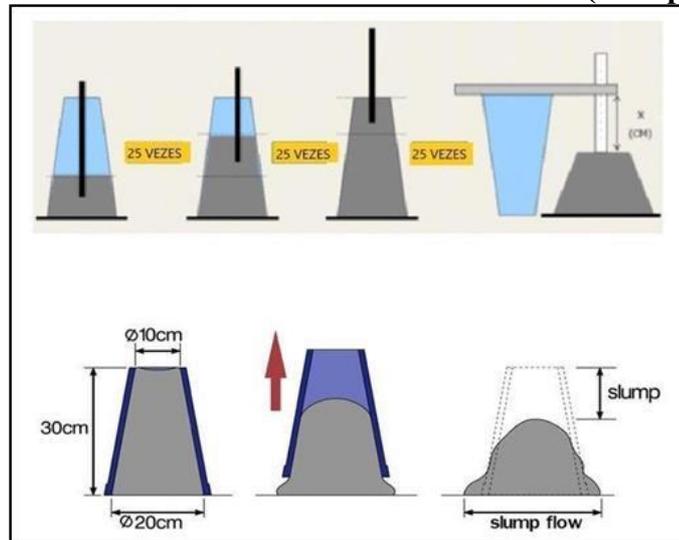
A adição de água no concreto como forma de melhorar sua trabalhabilidade pode até ser eficiente momentaneamente mas não consegue manter a homogeneidade da mistura por muito tempo e ainda pode acarretar na diminuição da resistência mecânica do concreto (MARTIN, 2005 apud FRANCALOSSO, 2011).

O ensaio de caracterização da trabalhabilidade do concreto é realizado o

ensaio de abatimento do tronco do cone, ou slump test, determinado pela ABNT NBR 16889:2020 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Este ensaio é a maneira mais simples e fácil de se manter o controle na produção de concretos provenientes de diferentes misturas betonadas.

De acordo com Benetti (2007), o ensaio para verificação da trabalhabilidade do concreto é realizado através do abatimento do concreto, sendo necessário a utilização de um tronco de cone de 30 cm de altura, 10 cm de diâmetro superior e 20 cm no diâmetro inferior. Neste tronco de cone é inserido 3 camadas de concreto, onde a cada camada deve ser realizado 25 golpes no concreto com uma haste de 16 mm de diâmetro, somente após esse adensamento que retira-se o molde lentamente realizando a medição do slump ou abatimento do concreto, definindo o índice de trabalhabilidade do concreto fabricado. Na Figura (10) abaixo, é possível observar o ensaio de slump test ou abatimento.

**Figura 10 - Ensaio de abatimento do concreto (Slump Test)**



Fonte: FURLANETTO, 2020.

De acordo com Neville e Brooks (2013), manter a trabalhabilidade do concreto é fundamental para que o mesmo possa ser transportado, lançado e adensado sem problemas com segregação. O nível de adensamento do concreto influencia diretamente na sua resistência final, visto que a existência de 5% de vazios no concreto ocasiona uma redução de 30% em sua resistência e até porcentagens menores de vazios de 2% ocasiona perdas de até 10% da resistência final.

Os vazios existentes no concretos são os espaços que permaneceram após o adensamento da mistura, sendo bolhas de ar vazios presentes no interior do concreto que dependendo da quantidade pode refletir na queda de resistência dos concretos.

Sendo assim, os aditivos tem sido uma forma de corrigir as imperfeições do

adensamento de modo a melhorar sua trabalhabilidade resultando em uma quantidade mínima de espaços vazios (NETO *et al.*, 2018). Na Tabela (3), pode-se observar a relação entre o grau de trabalhabilidade em relação ao abatimento do cone.

**Tabela 3 - Grau de trabalhabilidade dos concretos**

<b>Grau de trabalhabilidade</b>	<b>Abatimento de tronco de cone (mm)</b>	<b>Fator de compactação</b>	<b>Uso indicado do concreto</b>
Muito baixo	0 - 25	0,78	Pavimentos vibrados por máquinas vibratórias mecanizadas. Os concretos mais trabalháveis deste grupo podem ser adensados com equipamento manuais.
Baixo	25 – 50	0,85	Pavimentos vibrados com equipamentos manuais. Os concretos mais trabalháveis deste grupo podem ser adensados manualmente em pavimentos que utilizem agregados de forma arredondada ou irregular. Concreto massa para fundações sem adensamento ou seções de concreto armado vibrado, com baixa taxa de armadura.
Médio	50 – 100	0,92	Os concretos de menor trabalhabilidade deste grupo podem ser adensados para o uso em lajes lisas utilizando agregados britados. Concreto com taxa de armadura normal, com adensamento manual e seções densamente armadas com vibração.

Fonte: NEVILLE E BROOKS, 2013. Adaptado.

Neville (2016), afirma que apesar da utilização dos aditivos químicos ocasionar um custo adicional na obra, o custo-benefício é relevante pois além de proporcionar economia no que diz respeito ao transporte, lançamento e adensamento, pode possibilitar a redução no consumo de cimento e do teor de água na relação água/cimento proporcionando elevação nas propriedades mecânicas do concreto nas suas resistências finais.

Atualmente uma das alternativas para melhoria da trabalhabilidade dos concretos de forma adequada, sem o aumento da relação água/cimento é a utilização de aditivos químicos que prolonguem a hidratação e redução da porosidade do concreto.

#### **4.3.2 Resistência do concreto**

De acordo com Mehta e Monteiro (1994), a resistência de um material é definida pela sua capacidade de suportar as tensões impostas sem romper ou fissurar. A resistência do concreto está relacionada à tensão necessária para sua ruptura, ou seja,

quando a tensão aplicada chega ao máximo suportado.

Nos ensaios de tração pode ocorrer a fratura total de um corpo de prova, podendo ser considerado como rompido, no entanto nos ensaios de compressão o concreto pode ser considerado rompido mesmo sem a presença de fraturas ou fissuras visíveis, somente a fissuração interna avançada pode indicar que aquele corpo de prova não suporte mais as cargas (MEHTA E MONTEIRO, 1994).

Pode-se afirmar que o concreto apesar de não fraturar totalmente, já não suporta mais os esforços externos quando atinge o seu ponto máximo nas fissurações internas. A resistência à compressão do concreto, é normalmente empregada no dimensionamento das estruturas e está ligado diretamente à segurança estrutural das edificações.

Dessa forma, considerações quanto à dosagem e preparo do concreto, envolvendo a sua trabalhabilidade e durabilidade, a escolha dos agregados graúdos e miúdos, a classe e o tipo do cimento, o fator água/cimento, a utilização de aditivos, além dos processos de transporte, lançamento, adensamento e a cura do concreto, resultam no valor real da resistência à compressão dos concretos.

Sobral (2000), afirma que a resistência mecânica e outras especificidades do concreto, são estabelecidos principalmente pela sua composição base e influenciado pelo teor do cimento na mistura. Na sua composição o teor de vazios/cimento ou vazio/água interfere diretamente em sua composição, sendo que os vazios são ocupados por água influi na relação água/cimento e conseqüentemente na resistência final do concreto.

#### ***4.3.3 Cura do concreto***

A cura do concreto tem o intuito de promover a hidratação do cimento, de forma a mantê-lo saturado até que os espaços vazios sejam totalmente preenchidos pelos componentes do cimento e tenha conseqüentemente sua resistência final elevada (NETO *et al.*, 2018).

A cura do concreto é realizada através de uma série de procedimentos adotados para controlar a hidratação do cimento, para que o concreto endureça corretamente e as estruturas apresentem, após o processo completo, o desempenho esperado. Uma das principais funções da cura é evitar que o concreto perca água para o ambiente e retraia abruptamente, o que acarreta o surgimento de fissuras (PAES, 2001).

A hidratação do cimento contribui para o preenchimento dos vazios de modo a se obter uma melhor uniformidade e maior resistência dos concretos, podendo também reduzir a retração do concreto evitando assim a fissuração e o comprometimento da estrutura.

Segundo Isaia (2012, p.25),

A cura do concreto com água é o meio mais efetivo de prevenir fissuração prematura e desenvolvimento adequado das reações de hidratação nas primeiras idades, onde a manutenção da superfície do concreto saturada de água previne a sua difusão do interior para o meio ambiente (ISAÍÁ, 2012, p. 25).

De acordo com Neville e Brooks (2013), o concreto fabricado em altas temperaturas alcançará uma resistência elevada nos primeiros dias, no entanto a partir do terceiro dia essa resistência tende a diminuir, até chegar ao procedimento completo de cura aos 28 dias com resistência abaixo dos valores teóricos esperados pelo traço.

A temperatura ambiente afeta de forma significativa a qualidade final do concreto devido ao aquecimento das partículas do cimento. A variação de temperatura pode ocasionar patologias ao concretos como baixas resistências finais, retração e outros.

O concreto em temperaturas elevadas, tem o seu tempo de hidratação reduzido devido a rapidez do processo, atingindo resistências iniciais elevadas porém tende a ter suas resistências finais reduzidas. A ocorrência desse fator se dá pelo fato de que as partículas constituintes do cimento não se expandem de forma a preencher os espaços vazios e uniformizar o concreto possibilitando ganho em suas resistências finais (NETO *et al.*, 2018).

Para um processo satisfatório de hidratação do cimento existem diferentes métodos de cura que varia de acordo com a necessidade e o planejamento de cada obra, ficando a definição do melhor método a cargo do profissional responsável, de acordo com as particularidades da obra.

Bauer (2001, p. 260), afirma que “quanto mais perfeita e mais demorada for a cura do concreto, tanto melhores serão as suas características”.

Dentre os métodos existentes, o da cura por imersão, se adequa principalmente na realização de experimentos, pois consiste na imersão de corpos de prova de concretos fabricados após 24 horas em uma câmara de água sob temperatura ambiente, conforme descreve a ABNT NBR 5738:2015 (Versão corrigida 1:2016) – Concreto – Procedimento para moldagem e cura dos corpos de prova.

O método de cura por imersão é muito utilizado em peças pré-fabricadas que permitem o desmolde com mais facilidade, além de possuir grande utilização na parte de estudos experimentais de modo a facilitar o manejo das amostras para posterior retificação e rompimento.

Na Figura (11) a seguir, têm-se o processo de cura por imersão realizado nas amostras deste estudo.

**Figura 11 - Processo de cura por imersão do concreto**



Fonte: Autora, 2022.

#### **4.4 Aditivos**

De acordo com a ABNT NBR 11768-1:2019 – Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Parte 1: Requisitos, os aditivos são produtos químicos que quando incorporados ao concreto em quantidades não superiores a 5% da porcentagem de cimento na composição. O seu principal objetivo é modificar as características do concreto em seu estado fresco e endurecido, para adaptar sua necessidade de acordo com as peculiaridades de cada obra.

A definição dada pela ABNT compreende a aditivos de concretos e argamassas como um todo. Ainda a respeito dos aditivos a ABNT NBR 11768-1:2019 define-os como, “Produtos que adicionados em pequena quantidade ao concreto de cimento Portland modificam algumas de suas propriedades, no sentido de melhor adequá-las a determinadas condições”.

A ABESC – Associação Brasileira de Serviços de Concretagem, ainda define aditivos como: “Os aditivos são produtos adicionados em pequena quantidade, antes ou durante a dosagem dos materiais componentes do concreto: com a finalidade de melhorar as propriedades do concreto fresco ou endurecido.” (ABESC, 2010, p.25).

Os aditivos tem o intuito de alterar as propriedades iniciais do concreto de forma a melhorar sua consistência e trabalhabilidade. Sua utilização é datada de antes mesmo do surgimento do cimento Portland, sendo empregado de maneira rudimentar. A aplicação dos aditivos em concretos tem a finalidade de melhorar as propriedades iniciais e finais do concreto, adequando-a as necessidades da obra.

A utilização de produtos para modificar as características dos concretos e argamassas é muito antigo, onde substâncias como a albumina (sangue e clara de ovos) e álcalis (cal) são utilizadas desde o Império Romano, com o intuito de plastificar e retardar a pega (ABESC, 2010).

O tradicional cimento Portland, patenteado em 1824 por Joseph Aspdin, teve sua primeira aplicação com a incorporação de aditivos em 1873, onde foi utilizado o gesso cru e o cloreto de cálcio com a finalidade de proporcionar um melhor controle do tempo de pega dos concretos no século XIX (CORRÊA, 2010).

De acordo com Corrêa (2010), somente a partir de 1910, se iniciou a produção de aditivos de forma industrial e em maior escala. A fabricação de aditivos com propriedades plastificantes, impermeabilizantes, aceleradoras e retardadoras, ocorreu com a evolução da indústria química que ampliou a diversidade dos aditivos existentes e suas aplicações, de forma a melhorar as propriedades do concreto comum e proporcionar soluções para a construção civil.

No final da década de 70 começou o desenvolvimento dos aditivos plastificantes, que evoluíram do redutores de água, aumentando os níveis de redução de água no concreto de 8% para 12%, de forma a possibilitar a obtenção do slump test em níveis de até 200 mm. A aplicação do aditivo plastificante foi incluído na fabricação de concretos no Brasil na década de 80 em obras como a de estabilização das encostas no Parque da Catacumba no Rio de Janeiro, onde pôde ser realizado o lançamento do concreto a alturas acima de 100 metros, devido a alta plasticidade do concreto (CORRÊA, 2010).

A produção dos aditivos a base de policarboxilatos se iniciou na década de 80, tendo em sua composição fosfanatos etoxilados, poliacrilatos e outros elementos de mesma base que contribui com a redução de água no concreto em cerca de 40%, proporcionando a fluidez do concreto por um tempo maior para execução de obras (CORRÊA, 2010).

No Brasil, o uso dos aditivos plastificantes polifuncionais, aceleradores e retardadores de pega têm larga utilização em indústrias de concretos usinados e em obras de grande porte da construção civil.

Dentre os principais benefícios que os aditivos podem proporcionar aos concretos a melhoria de suas propriedades físicas, mecânicas e econômicas no que diz respeito ao orçamento da obra é uma das mais relevantes (NEVILLE, 2016).

No sentido de proporcionar benefícios técnicos e econômicos na produção de concretos, o mercado da construção civil vem expandindo e inovando a sua aplicação e utilização, levando ao seu crescimento.

Para Mehta e Monteiro (1994), o aumento na utilização dos aditivos químicos em obras vem do desenvolvimento dos profissionais do mercado quanto a sua aplicação e restrições quanto ao seu uso, considerando que os mesmos se encontram presentes na indústria da construção civil em cerca de 70 a 80% dos concretos produzidos em todo o mundo. No entanto, o Brasil apresenta índices inferiores tendo apenas cerca de 15% do seu concreto produzido com a incorporação de aditivos.

A diversidade de aditivos existentes no atual mercado da construção civil possibilita que o concreto considerado convencional possa ser transformado em produtos com aplicações diferentes devido a presença dos aditivos. Dessa forma, a incorporação dos aditivos pode proporcionar a obtenção de um concreto com maior ou menor plasticidade e coesão, com pega lenta (facilitando o transporte e lançamento) ou pega mais rápida (ideal para regiões frias), além de poder escolher um maior ou menor grau de permeabilidade do concreto e a elevação de sua resistência mecânica (CORRÊA, 2010).

Sendo assim, os aditivos químicos possibilitaram a ampliação do campo de aplicação do Cimento Portland e outros tipos de ligantes, proporcionando grandes avanços na indústria da Construção Civil diante de sua facilidade de adequação e facilidade.

#### ***4.4.1 Tipos e aplicações dos aditivos***

Os aditivos químicos possuem a finalidade de potencializar as propriedades físico-químicas do concreto, de forma a adequar suas características de acordo com a necessidade existente. Quando aplicado da forma indicada pelo fabricante pode evitar a segregação do concreto, retardar ou acelerar o processo de hidratação do cimento e consequentemente seu endurecimento, elevar sua resistência mecânica e aumentar sua durabilidade (FRANÇA, 2004).

Devido ao fato de modificar as propriedades do cimento e proporcionar uma maleabilidade ao manusear o concreto e uma economia nas obras, houve uma grande evolução no mercado de aditivos químicos que tem fabricado os mais diversos tipos para as mais diversas finalidades.

De acordo com Neville (2016), os aditivos podem ser classificados quanto à sua composição em aditivos orgânicos e inorgânicos, e também quanto à sua função com relação a aplicação ao concreto, mas tendo a natureza química como propriedade principal.

A Tabela (4) apresenta os tipos e especificações dos aditivos existentes no mercado da construção civil.

**Tabela 4 - Tipos e especificações dos aditivos**

<b>Aditivo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Base química</b>	<b>Função</b>
<b>Plastificante</b>	P	Lignpsulfonatos	Possibilitar a redução de no mínimo, 6% da, quantidade de água de amassamento para produzir um certo concreto com determinada consistência
<b>Retardador</b>	R	Açúcares	Aumentar os tempos de início e fim de pega do concreto
<b>Acelerador</b>	A	Silicato de sódio; Cloreto de cálcio	Diminuir os tempos de início e fim de pega do concreto e acelera o desenvolvimento das suas resistências iniciais.
<b>Plastificante retardador</b>	PR	Carbonatos	Combinar os efeitos dos aditivos plastificantes e retardador
<b>Plastificante acelerador</b>	PA	Silicatos	Combinar os efeitos dos aditivos plastificantes e acelerador
<b>Incorporador de ar</b>	IAR	Solução aquosa de ar tensoativos	Incorporar pequenas bolhas de concreto
<b>Superplastificante</b>	SP	Policarboxilatos	Possibilitar a redução de, no mínimo 12% da quantidade de água de amassamento para produzir um certo concreto com determinada consistência
<b>Superplastificante retardador</b>	SPR	Naftaleno sulfonado	Combinar os efeitos dos aditivos com carboidaratos superplastificantes e retardador
<b>Superplastificante acelerador</b>	SPA	Naftalenosulfonato	Combinar os efeitos do superplastificante e acelerador

Fonte: MARTIN, 2005. (Adaptado).

Segundo a ABNT NBR 11768-1:2019, norma que regulamenta os requisitos para o uso de aditivos químicos para concreto de cimento Portland, a classificação dos aditivos é realizada de acordo com a função e característica fornecido ao concreto com o seu uso, sendo assim: aditivo plastificante (P), aditivo retardador (R), aditivo acelerador (A), aditivo plastificante retardador (AR), aditivo plastificante acelerador (PA), aditivo incorporador de ar (IAR), aditivo superplastificante (SP), aditivo superplastificante retardador (SPR), aditivo superplastificante retardador (SPR), aditivo superplastificante acelerador (SPA).

Mehta e Monteiro (1994, p. 274) afirma que “Os aditivos podem ser amplamente divididos em dois tipos: aqueles que reagem instantaneamente, e aqueles que levam de minutos a horas para afetar o sistema água, cimento após sua adição”.

A partir da classificação indicada pela ABNT NBR 11768-1:2019 é possível estabelecer o tipo mais adequado de acordo com as particularidades como tipo, porte, finalidade e orçamento da obra.

Para Martin (2005), a escolha mais adequada do tipo de aditivo a ser utilizado demanda a avaliação de vários os fatores para que seja possível alcançar o resultado mais satisfatório com a sua aplicação, sendo alguns fatores:

- A. **Tipo de cimento:** composição ( C3A e C3S), adições presentes, classe do ligante, módulo de finura e quantidade a ser utilizada, influencia diretamente nas reações do aditivo e ligante;
- B. **Tipos de agregados:** características, granulometria, origem e minerais existentes nas rochas;
- C. **Tipos de aditivos:** composição química, dosagem, marca, temperatura ideal e preparo adequado.

Diante da escolha do aditivo, que atua diretamente nas propriedades do ligante de forma a modificar alguns de seus aspectos como a hidratação do cimento, no entao a aplicação dos aditivos em concretos possibilita a melhoria na sua trabalhabilidade, coesão e plasticidade, além de permitir que o concreto se torne mais fluido e penetre em ferragens mais densas, melhorando a aparência final do concreto no acabamento e reduzindo a possibilidade de ocorrer corrosão nas armaduras em estruturas de concreto armado (EFFTING, 2014).

De modo geral, para facilitar a sua aplicação, os aditivos são comercializados normalmente no estado líquido com colorações que variam de acordo com a composição química necessária para cada função. Devido a grande gama de aditivos existentes no mercado, seu modo de dosagem e aplicação varia de acordo com o fabricante e deve ser observado para um melhor desempenho do aditivo (TOILLIER, 2017).

#### ***4.4.2 Aditivos aceleradores de pega e de resistência***

Os aditivos aceleradores de pega tem a função de acelerar o tempo de hidratação do concreto, reduzindo o tempo de transição do concreto em seu estado plástico para o estado endurecido.

De acordo com a NBR 11768-1:2019, os aditivos aceleradores são fabricados com o intuito de proporcionar uma aceleração mínima de trinta minutos para o início da transição de seu estado fresco para o endurecido quando comparado ao concreto convencional, tendo no mínimo 80% da resistência mecânica dos concretos convencionais aos 28 dias.

Ainda segundo a NBR 11768-1:2019, esse tipo de aditivo é subdividido em duas classes principais, onde temos os aditivos aceleradores que promovem o aumento

das resistências iniciais do concreto sendo os aceleradores de resistência, mas no entanto pode haver um pequeno ganho no sentido da aceleração do tempo de pega. O outro grupo são os aceleradores de pega que tem o objetivo de acelerar o processo de transição do concreto no seu estado fresco para o estado endurecido.

Aditivos aceleradores a base de cloreto são muito aplicados em regiões frias (2° a 4°C), na fabricação de pré-moldados e outros reparos urgentes que necessitam de uma secagem rápida do concreto (NETO *et al*, 2018).

Devido a sua característica pode proporcionar agilidade e economia no quesito de tempo para a obra, sendo essencial quando se necessita de uma secagem e desmoldagem rápida do concreto, principalmente em regiões frias.

A hidratação do cimento é um fator que influencia diretamente na qualidade do concreto, e os aditivos aceleradores atuam principalmente na fase aluminato tricálcio (Ca<sub>3</sub>SiO<sub>5</sub> ou C3S) que possibilita uma hidratação mais rápida do que no concreto convencional (EDMEADES E HEWLETT, 2004).

Dentre os tipos de aditivos aceleradores de pega um dos mais aplicados em concretos são os com a base química de cloreto de cálcio, que consegue proporcionar um aumento na resistência inicial dos concretos e redução no tempo de hidratação (MEHTA E MONTEIRO, 1994).

A aplicação de aditivos inorgânicos, de base química deve observar a NBR 12655:2015 (Emenda 1:2022), que estabelece limites de teor máximo de íons de cloreto em estruturas de concreto armado que varia de 0,15% a 0,40% e concreto protendido e de até 0,05% sobre a massa do cimento.

Reixom (1999), destaca que esse tipo de aditivo proporciona economia no sentido de proporcionar uma rápida desforma facilitando a obtenção de peças pré-moldadas, gerando redução de custos na obra que aproxima de até 33% do custo total com mão de obra em regiões com baixa temperatura.

Devido a maior possibilidade de ocorrência de corrosão nas armaduras, os aditivos a base de cloreto de cálcio apesar do excelente custo-benefício e eficiência quando comparados a outros do mesmo grupo, não tem sido os mais utilizados sendo que a maior procura no mercado são os aditivos isentos de íons de cloreto (MEAGHER, SHANAHAN, BUIDENS, 2018).

De acordo com o American Concrete Institute – ACI (2015), em seu “Manual of concrete practice”, existem 4 principais tipos de aceleradores, sendo eles a base de sais inorgânicos, compostos orgânicos solúveis, aceleradores de pega e de resistência, conforme encontra-se especificado na Tabela (5) abaixo.

**Tabela 5 - Principais tipos de aceleradores**

<b>Tipos aceleradores</b>	<b>Base química</b>
<b>Sais inorgânicos</b>	Cloretos, brometos, fluoretos, carbonatos, tiocianatos, nitritos, tiosulfatos, silicatos, aluminatos e hidróxidos alcalinos.
<b>Compostos orgânicos solúveis</b>	Trietanolamina (TEA), formiato de cálcio, acetato de cálcio, propionato de cálcio e butirato de cálcio.
<b>Aceleradores de pega</b>	Silicato de sódio, aluminato de sódio, cloreto de alumínio, fluoreto de sódio, e cloreto de cálcio.
<b>Aceleradores de resistência</b>	Aluminato de cálcio, carbonato de magnésio finamente dividido, silicatos e carbonato de cálcio.

Fonte: ACI, 2015. Adaptado.

#### ***4.4.3 Aditivos retardadores de pega***

De acordo com a NBR 11768-1:2019 os aditivos retardadores tem a finalidade de desacelerar o tempo de hidratação do cimento e conseqüentemente retardar a transição do concreto em seu estado fresco para o estado.

Esse tipo de aditivo tem o intuito de proporcionar uma maior maleabilidade e trabalhabilidade ao concreto através de um maior tempo de hidratação do cimento de forma a preencher os vazios existentes de forma mais uniforme.

De acordo com Neville (2016), os retardadores tem uma excelente aplicação em regiões de altas temperaturas, onde a hidratação do cimento ocorre de forma mais rápida e tendo conseqüentemente um rápido início de pega do concreto. Os retardadores auxiliam na aumento do tempo de pega, proporcionando um melhor controle e trabalhabilidade do concreto além de possibilitar um maior tempo para transporte, lançamento e adensamento do concreto.

A reação dos retardadores em concreto varia de acordo com sua base de composição química, onde cada fabricante tem sua própria formulação, dosagem e método de adição dos aditivos.

Os aditivos retardadores agem de forma a promover a dispersão das substâncias constituintes do cimento. A dispersão desses constituintes ocorrem devido ao fato dos aditivos quando em contato com a água reagem formando íons, que quando inseridos na combinação de água e cimento promove a alteração da concentração e da espécie dos íons presentes na composição, o que afeta diretamente na facilitação da

dissolução dos compostos do cimento. Devido a essa forma de ação do aditivo retardador, há a dispersão de íons de cálcio presentes no aditivo e os ânions do cimento, como os íons aluminato, que possibilita uma dissolução mais rápida dos constituintes do cimento em sua fase inicial de hidratação (MEHTA E MONTEIRO, 1994).

Neville (1997), afirma que diante de vários estudos apresentados, o aditivo retardador altera a morfologia e o aumento dos cristais de sua composição, que são concentrados sob a camada de cimento em sua fase de hidratação, o que proporciona um desenvolvimento lento dos núcleos de hidróxido de cálcio e conseqüentemente possibilita um processo de retardamento na hidratação do cimento, para posteriormente ser retirado da solução aquosa formada e agregar-se ao cimento hidratado formando um composto com a pega natural retardada.

Desse modo, as reações químicas que o aditivo proporciona ao concreto, ocorre pelo acúmulo dos íons cátions da composição ( $K^+$  ou  $Na^+$ ) que reduz a possibilidade de dissolução dos íons de cálcio presentes no aditivo, sendo que a presença de ânions ( $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ) ou  $SO_4^{2-}$  dificulta a dissolução dos silicatos e aluminatos, tendo como resultado o retardamento do tempo da pega inicial do concreto devido a esse comportamento do aditivo frente ao ligante (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

O efeito retardador desse tipo de aditivo é proporcionado pela presença de açúcares, boratos solúveis, sais de zinco, carboidratos gluconatos e outros sais que quando incorporados ao composto de concreto em quantidades pequenas (NEVILLE, 1997).

Segundo Neville (2016), quando os açúcares são aplicados ao concreto em quantidades de cerca de 0,05% sob a massa do cimento, atua normalmente como retardante da pega inicial do concreto em até quatro horas, porém quando se encontra em porcentagens entre 0,2% e 1% sob a massa do cimento, pode inibir totalmente a pega do concreto. O açúcar foi utilizado em no século XIX, como um retardador de pega do concreto com baixo custo econômico, em casos de imprevistos e atrasos para concretagens nas obras, por isso é comum a utilização de compostos químicos a base de açúcares nos aditivos (NEVILLE, 2016).

Quanto à dosagem necessária, é necessário observar as dosagens recomendadas pelo fabricante de cada aditivo, pois mesmo sendo o mesmo tipo quando varia a marca normalmente ocorre variações em sua composição e conseqüentemente em sua dosagem, que deve ser respeitada de modo a se obter um melhor resultado no concreto. Os aditivos retardadores produzidos à base de açúcares devem ter suas dosagens observadas devido ao fato de que o mesmo em quantidades incorretas pode

deixar o concreto inutilizável sem a possibilidade de transição do estado fresco para o endurecido.

Quando avaliada a resistência à compressão axial desses concretos aditivados, os retardadores apresentam um bom desempenho em suas resistências iniciais, entretanto quando analisados os desempenhos destes a partir dos 7 dias há um aumento em sua resistência normalmente próximo dos valores teóricos esperados, devido a fato de proporcionar uma melhor uniformidade entre as partículas de cimento que ocorre com a lenta hidratação e dissolução dos constituintes do ligante (NEVILLE, 2016).

#### ***4.4.4 Dosagem***

A dosagem correta dos aditivos promove um melhor desempenho do concreto de modo a desenvolver uma melhor trabalhabilidade e aumento em sua resistência na idade final, proporcionando um excelente custo-benefício para obra.

De acordo com Bauer (2008), em estudos realizados com aditivos retardadores de pega a base de gluconato, em proporções de dosagens de até 2% em relação à massa de cimento, a mistura manteve a trabalhabilidade do concreto por seis horas tendo assim reduzido a perda de abatimento do concreto, no entanto em porcentagem de 1% obteve uma reação diferente levando à aceleração da perda de abatimento do concreto.

Segundo Neville (1997), a eficácia dos aditivos retardadores necessita de cuidados quando ao método de adição pois a mesma ocorrendo após o tempo correto de inserção do aditivo no composto de água/cimento/agregados, pode acarretar em alterações nos níveis de retardamento da pega esperado.

A resistência à compressão dos concretos quando têm em sua composição os retardadores é elevada após as primeiras 24 horas de fabricação, mas tende a cair quando rompidas em idades menores, devido ao atraso em seu início de pega e lenta hidratação do concreto proporcionado pelo aditivo (ACI 212, 1991).

De modo a se obter um melhor desempenho com a utilização dos aditivos é necessário realizar uma correta dosagem e aplicação respeitando o método de adição adequado.

#### ***4.4.5 Principais fabricantes de aditivos***

De acordo com Neville e Brooks (2013), os aditivos são responsáveis por modificar suas características de modo a proporcionar um melhor desempenho do concreto.

A dificuldades em manuseio do concreto podem ser alteradas com a presença dos aditivos, reduzindo a permeabilidade do concreto, minimizando o calor de hidratação do cimento, diminuindo dos efeitos de retração, proporcionando um maior controle do consumo de água, além de modificar o tempo de pega do concreto acelerando ou retardando o processo de transição do concreto do estado plástico para o estado endurecido.

O emprego dos aditivos possibilita melhoria nas propriedades do concreto de forma a adequá-lo a necessidade da obra tornando-o mais fluido para aplicação do concreto em locais de difícil concretagem.

Atualmente mercado da construção civil existe uma diversidade de marcas de aditivos, onde cada tipo varia de acordo com a composição química estabelecida pelo fabricante, mas no entanto tem marcas com mais tempo no mercado e mais utilizadas, são: Vedacit, Weber, Sika.

#### *4.4.5.1 Vedacit*

A Vedacit é um grande fabricante de diversos produtos químicos para a construção civil, se encontra atuante no mercado desde 1936. Fundada pelo engenheiro Otto Baumgart, começou não apenas com a comercialização de produtos e mas também com a aplicação nos concretos usinados. Atualmente possui uma produção de mais de 75 milhões de quilos/ano, concentrando 68% do mercado nacional de impermeabilizantes, fazendo parte de grandes obras da história da construção civil brasileira e acumulando reconhecimento internacional (VEDACIT, 2020).

A Vedacit trabalha com diversos tipos de aditivos para concretos, promovendo estudos periódicos para manter a inovação no mercado de forma a proporcionar um melhor desempenho e avanço no campo tecnológico.

Alguns dos principais tipos de retardadores da marca são o Retard Vz - Retard MP – Retard, que têm a função de retardar a hidratação inicial dos grãos de cimento, em particular dos aluminatos, além de plastificar a mistura, pois incluem certa porcentagem de plastificantes em suas respectivas formulações (VEDACIT, 2020).

A utilização dos retardadores contribuem para a concretagem das peças de difícil acesso e vibração, ou nos casos de grandes volumes de concreto, evitando o surgimento de trincas térmicas. O aumento da superfície de cimento em contato com a água garante melhor hidratação, resultando em maior volume de cristais e densidade. Conseqüentemente, em comparação a um concreto padrão, obtém-se aumento das resistências mecânicas, menor permeabilidade e ausência da fissuração de origem térmica, que ocorre frequentemente quando a elevação da temperatura durante a pega é

alta e repentina (NETO *et al.*, 2018).

A redução de água, no caso do Retard VZ pode ser de até 10%, a pega retardada faz o cimento absorver mais água e uma redução maior pode ocasionar o enrijecimento antecipado, levando à perda de trabalhabilidade. O efeito de retardação cresce de acordo com o aumento de dosagem, embora o efeito da plasticidade não acompanhe esse crescimento na mesma proporção, sendo que altas dosagens podem levar a uma retardação de até alguns dias e a uma perda excessiva de água por evaporação (VEDACIT, 2020).

No entanto um processo de cura adequada do concreto aditivado, pode evitar a ocorrência de surgirão fissuras, esfarelamento superficial e queda de resistência, o que em dosagens exageradas de aditivos, aproximadamente 1% sobre o peso de cimento, a pega pode se dar após vários dias, dificultando o processo de cura. Além disso, outro fator importante é que o CPIII e CPIV por conterem um menor teor de C3A, necessitam menor proporção de aditivo para proporcionar a mesma retardação do CPI, CII e CPV (OTTO BAUMGART, 2020).

Dessa forma, para aplicação de aditivos é necessário observar todos os aspectos do concreto, como a região, necessidade da obra, tipo de cimento, agregados, fator água/cimento, cura, transporte, lançamento, adensamento e finalização.

De acordo com a VEDACIT (2020), o retardador Retard da sua marca tem a principal função de retardar a pega, embora seja também plastificante, esse aditivo exige um cuidadoso controle de dosagem, sendo dessa forma indicado para uso principalmente em centrais de concreto, possuindo grande utilização nos concretos massa das hidrelétricas, sendo que a dosagem usual do Retard VZ, Retard MP e Retard possuem um tempo de retardação que varia de 2 a 3 horas além do tempo de pega normal do concreto.

Dentre os aditivos aceleradores da Vedacit, os principais tipos são: Vedacit Rápido CL, Vedacit Rapidíssimo, Vedacit Rapidíssimo em Pó, Vedacit Rapidíssimo 200. Esses tipos de aditivos tem o intuito de acelerar o início e fim da pega e o desenvolvimento de altas resistências nas idades iniciais, sendo normalmente empregados quando o concreto necessita ser empregado em um curto prazo, como em obras de fundações, túneis, pavimentações, canalizações, chumbamentos, reparos urgentes, dentre outros. O objetivo desses aditivos é reduzir o tempo de desforma além de permitir ao concreto resistir, mesmo em baixas idades, às pressões hidrostáticas, evitando o carreamento da pasta de cimento por água corrente (VEDACIT, 2020).

Segundo Otto Baumgart (2020), os aceleradores à base de cloreto (Vedacit Rápido CL) são os mais eficientes, pois tem a característica de reduzir a água da

mistura, principalmente em cimentos com menores teores de gesso, em casos da desforma de uma peça que normalmente seria feita em 7 dias, pode ser realizada em apenas 3 dias utilizando esse tipo de aditivo.

Dessa forma esse tipo de acelerador não pode ser empregado para concretos protendidos, devido à possibilidade de provocar corrosão nos cabos submetidos à tensão. Mas, normalmente, em dosagens cujo teor de cloreto de cálcio não ultrapasse 2% sobre o peso do cimento, não trazem danos à ferragem convencional, desde que a armadura tenha um recobrimento adequado, de modo a evitar o seu contato como oxigênio e a umidade (OTTO BAUMGART, 2020).

Tendo em vista sua diversidade na fabricação de aditivos, os mais utilizados da marca são os impermeabilizantes de pega, que são normalmente empregados na maioria das construções e reformas com o intuito de impedir a infiltração nas construções, de modo a evitar patologias decorrente das mesmas.

De acordo com Otto Baumgart (2020), existe o método de dosagem do aditivo ao concreto através de fórmulas para os cálculos das dosagens. O cálculo pode ser realizado em massa ou volume dependendo de como está sendo fabricado o concreto. No cálculo por massa a definição é  $\text{Massa - Dosagem (\%)} = (\text{massa do aditivo em quilos} \times 100) / \text{massa de cimento em quilos}$ . No entanto, para o cálculo em volume a definição é  $\text{Volume - Dosagem (\%)} = \text{densidade ou massa específica em Kg/L} \times \text{volume de aditivos em litros} \times 100 / \text{massa de cimentos em Kg}$ .

Quando trabalhado o concreto em volume deve-se calcular a dosagem em etapas, a cada aditivo acrescentado, além de levar em consideração não só a massa do concreto, mas também a dos aditivos anteriormente acrescentados.

A dosagem dos ativos é essencial para garantir a qualidade do concreto, pois uma mistura incorreta pode comprometer a estrutura molecular do material, tornar mais difícil de trabalhar levar aos seguintes problemas: fissuras, quebras e aeração. Quando esses problemas são percebidos imediatamente, é possível refazer a estrutura, pois em alguns casos esses defeitos só serão expressos depois do uso da construção. Dessa forma a dosagem deve sempre levar em conta as especificações do fabricante, assim como as necessidades da sua obra (VEDACIT, 2020).

#### 4.4.5.2 Sika

A Sika é uma marca conhecida em desenvolver vários tipos de aditivos para concreto, sendo atuante no mercado há mais de 110 anos. Fundada por Kaspar Winkler em 1910, que inventou o Sika-1, um aditivo de impermeabilização com rápido tempo de pega para argamassa, usado para impermeabilizar o túnel de São Gotthard,

conforme Figura (12), que é o mais longo túnel ferroviário do mundo como 57,1 km, que permitiu à empresa ferroviária suíça eletrificar a importante conexão entre o Norte e o Sul da Europa (SIKA, 2020).

**Figura 12 - Túnel de São Gotardo (Gotthard Base)**



Fonte: PRANDI, 2011.

Dentre os aditivos aceleradores da Sika existem variações como o SikaRapid C100 que é um tipo de acelerador em estado líquido para concretos que promove o desenvolvimento das resistências iniciais sem influenciar negativamente as resistências finais, tem sua base química em nitratos contendo compostos de silicatos de cálcio. Existe também o o Sika 3 Plus, é um tipo de aditivo acelerador de pega e endurecimento, livre de cloretos, para utilização em argamassa e concreto simples ou armados, tendo sua base química em solução de sais inorgânicos, sendo ideal para utilizar em concretos com armaduras pois a ausência de íons de cloreto diminui a possibilidade de corrosão (SIKA, 2020).

O Sika 3 Plus de acordo com recomendações da SIKA (2018), para sua preparação o ideal é diluído na água de amassamento da argamassa ou concreto, sendo que durante o preparo de concreto deve se utilizar um consumo mínimo de cimento de 350 kg/m<sup>3</sup>. Dependendo da dosagem de Sika 3 Plus utilizada, é possível se obter um aumento de até 100% na resistência após 24 horas em relação a um concreto sem o aditivo. A recomendação é que esse aditivo seja utilizado em um traço 1:3 (Cimento Portland: areia) em volume. O Sika 3 Plus em uma dosagem de 4% em relação ao peso do cimento é possível se obter um aumento de até 100% na resistência após 6 horas em relação a uma argamassa sem aditivo, sendo assim o mesmo funciona como um acelerador de pega e de resistência inicial do concreto.

O Sika Plastiment VZ é um aditivo da marca, com a função de plastificante retardador que possibilita um maior controle sobre a hidratação do cimento, de forma a se obter um concreto com maior plasticidade e a redução do fator água com o retardo

no início da pega do concreto. Sua base química é de polissacarídeos em meio aquoso e devido a esse aspecto é muito indicado para realizar concretagens em clima quente e para longas distâncias, pois esse aditivo possibilita o aumento da trabalhabilidade do concreto fresco, redução da água de amassamento, aumento das resistências mecânicas, retardamento do início da pega do concreto a variar de acordo com a dosagem utilizada, redução da fissuração, dentre outras (SIKA, 2020).

#### 4.4.5.3 *Weber- Quartzolit*

A Weber iniciou suas atividades em 1920 no ramo da construção civil, sendo que em 1996 foi incorporado ao grupo francês Saint-Gobain onde se estabeleceu juntamente com a Quartzolit. A empresa é especializada em argamassas e principalmente aditivos impermeabilizantes, que contribuem a redução de patologias no concreto (QUARTZOLIT, 2022).

#### 4.4.5.4 *Aditibras*

A Aditibras é uma empresa brasileira do ramo da construção civil, localizada no Rio de Janeiro – RJ, especializada na fabricação de aditivos químicos para diversos tipos de concretos e argamassas.

Fundada em 2013, a Aditibras vem crescendo no mercado da construção civil e se consolidando com produtos de qualidade para as obras, possuindo profissionais especializados no desenvolvimento e fabricação de aditivos (ADITIBRAS, 2021).

A Aditibras fabrica diversos tipos de aditivos químicos para concretos e argamassas. Em sua linha conta com aditivos plastificantes polifuncionais, superplastificantes, plastificantes e estabilizadores para argamassa, incorporadores de ar, retardadores de pega, aceleradores de pega e de resistência, aceleradores de pega para concreto projetado, dentre outros.

Existe uma gama diversificada de aditivos químicos e produtos auxiliares que permitem o melhor uso dos concretos e argamassas em obras, possuindo grande utilidade no mercado da construção civil.

Na Figura (13), se encontra os tipos de aditivos aceleradores e retardadores de pega da Aditibras utilizados na pesquisa, o RAP-BRAS 150 e RECON BRAS C. No Anexo A, encontra-se as especificações químicas e de dosagem informadas pelo fabricante.

**Figura 13 - Aditivo acelerador e retardador de pega da Aditibras**



Fonte: Autora, 2022.

#### 4.5 Micas e suas aplicações

As micas são uma classe de minerais formado por silicatos de alumínio, sódio, ferro, potássio e lítio com composições químicas diversas. Dentre as principais características desses minerais estão as resistências a variações de temperaturas, flexibilidade e condutividade. Esse grupo é formado por mais de 30 tipos de micas, sendo as mais conhecidas a moscovita, biotita, lepidolita, glauconita, paragonita e flogopita (CAVALCANTE, BALTAR, SAMPAIO, 2005).

De acordo Tanner (1994), as micas são provenientes de rochas magmáticas, metamórficas e sedimentares, sendo que a composição química desse grupo é representada por  $X_2Y_4-6Z_8O_{20}(OH,F)_4$ , sendo (X = potássio, sódio ou cálcio; Y = alumínio, magnésio, ferro, lítio; Z = silício, alumínio), sendo os mais utilizados a muscovita e a biotita.

Devido as suas características as micas tem muitas aplicações industriais, que vão desde a comercialização de folhas até sua utilização em fertilizantes e na construção civil como isolantes térmicos.

A principal forma de comercialização da mica ocorre pelas folhas sem defeitos, mas tem-se aumentado a aplicação das micas em pigmentos para colorantes, plásticos e cosméticos. O Brasil tem uma produção de aproximadamente de 4 mil t/ano de um total mundial de 300 mil t/ano onde 34% corresponde a Rússia (CAVALCANTE, BALTAR, SAMPAIO, 2005).

#### 4.6 Biotita

A biotita é um mineral que tem sua formação através de processos

hidrotermais e metamórficos, são encontradas principalmente em rochas sieníticas, gnaisses e rochas metamórficas em geral. Possui como principal característica o aspecto lamelar que influencia na sua alta facilidade de se romper em lâminas finas, que em contato com o intemperismo químico tem suas propriedades alteradas originando argilas com coloração em tons de vermelho e amarelo, devido ao alto teor de ferro em sua composição (BITENCOURT, 2012).

Nesse mineral há um alto teor de ferro em sua composição nas formas  $\text{FeO}$  ( $\text{Fe}^{2+}$ ) ou  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ( $\text{Fe}^{3+}$ ) sendo que a quantidade de óxido de ferro presentes na forma convencional se aproxima de 21% (TANNER, 2006). Estudos recentes apontam que os teores de  $\text{FeO}$  na biotita variam de 8% a 27%, podendo concluir que a presença de ferro é um indicador de sua presença nos minerais (MUSEU DNPM; GALINDO, 2013).

As micas possuem características que servem para aplicação em vários setores, possuem baixa condutividade térmica e acústica, são quimicamente inertes, alta capacidade de absorção de líquidos, baixa densidade, dentre outros. O setor da construção civil vem utilizando para isolamento de paredes laterais de forros, blocos de concretos, usado como isolante térmico e em pequenas porcentagens como agregado do concreto de cimento Portland (BITENCOURT, 2012).

O aspecto lamelar de micas como a biotita influencia diretamente na fabricação de concretos e argamassas, devido ao fato de que o seu formato não permite uma homogeneização da mistura, o que proporciona uma mistura mais viscosa dificultando a trabalhabilidade (PARREIRA, 2016). A Figura (14), apresenta a biotita.

**Figura 14 – Biotita**



Fonte: BITENCOURT, 2012.

O concreto e as argamassas têm em sua composição aproximadamente 80% de sólidos, ou seja, agregados graúdos e miúdos (brita e areia). Dessa forma, os agregados possuem forte influência na qualidade e trabalhabilidade dos concretos e

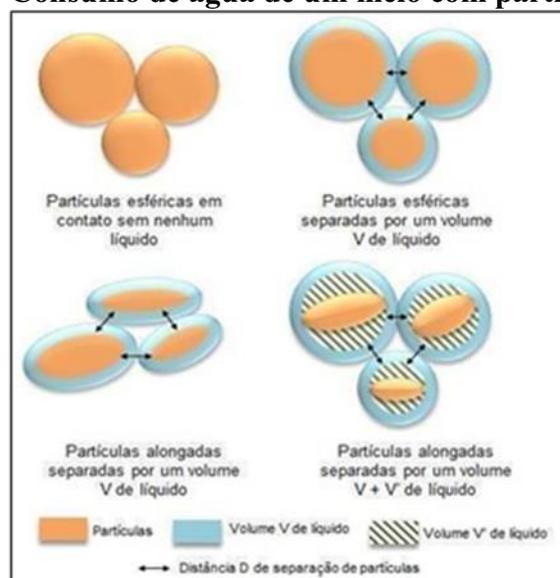
consequentemente os minerais micáceos que formam esses agregados. O formato lamelar da biotita proporciona uma estrutura rígida que demanda uma mínima tensão para cisalhar, de modo a reduzir a possibilidade de cisalhamento tem a necessidade de aumentar a quantidade de água na mistura, alterando o fator água/cimento para melhorar a trabalhabilidade e aderência do concreto (HAWLITSCHKEK,2014).

De acordo com Weidmann (2008), a presença de micas como a biotita nos agregados miúdos afeta diretamente no fator água/cimento e na resistência final dos concretos mesmo em pequenas proporções. Quando presente nos agregados em teores de 5% proporciona uma redução de cerca de 15% no concreto aos 28 dias.

O Museu DNPM (2016), aponta como causa a baixa aderência dos ligantes do cimento as partículas da mica, ou até mesmo a possibilidade de alteração da biotita no concreto de modo a produzir materiais argilosos que se expandam em contato com a água e dificulte a trabalhabilidade do concreto.

Os minerais por serem parte constituinte do concreto influem na trabalhabilidade dos concretos e argamassas, no caso das micas como a biotita, a mesma interfere de forma prejudicial. Segundo Wakizaka *et al.*, (2005), a medida que aumenta o teor de biotita a trabalhabilidade dos concretos é reduzida, pois quanto maior a granulometria das suas partículas maiores são as suas proporções, ou seja, mais lamelar. Quanto mais lamelar o formato da biotita, pior se torna a sua trabalhabilidade. A Figura (15), apresenta o consumo de água das partículas alongadas.

**Figura 15 - Consumo de água de um meio com partículas alongadas**

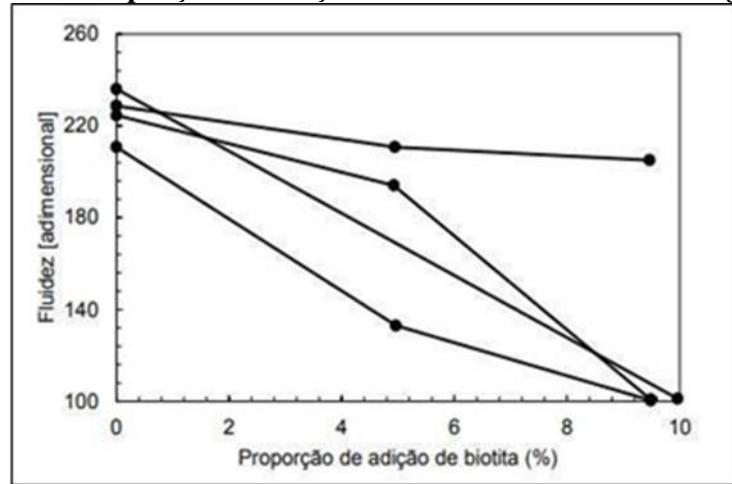


Fonte: HAWLITSCHKEK, 2014.

De acordo com Wakizaka *et al.* (2005, p. 10) “A redução da resistência se dá pelo alinhamento do eixo de compressão nos ângulos entre 30° e 60° com a partícula lamelar do mineral micáceo, conforme é possível observar na Figura (16), que

apresenta a relação da proporção de adição da biotita e a fluidez da argamassa.

**Figura 16 - Proporção da adição de biotita e a fluidez da argamassa**



Fonte: WAKIZAKA *et al.*, 2005.

#### 4.7 Hematita

A hematita é óxido que possui em sua composição aproximadamente 70% de ferro (Fe) e 30% de óxidos (O) podendo conter a presença de titânio, se apresenta com formatos lamelares em suas maclas. Normalmente são encontradas através de rochas magmáticas, metamórficas e sedimentares, sendo que a hematita se solidifica em ambientes vulcânicos e propensos ao intemperismo (TANNER,2006). Na Figura (17) se encontra o mineral hematita.

**Figura 17 - Hematita**



Fonte: PEIXOTO, FERREIRA e MATTOS, 2016.

Os óxidos de ferro passam por todos os processos de intemperismos sendo esse um processo importante para a formação dos solos devido a sua ampla proporção e características como cristalinização e substituições isomórficas que são as trocas alumínio nos octaedros por ferro e magnésio ou ainda do silício por alumínio nos

tetraedros, contribuindo para a formação de cargas permanentes no solo (PRASETYO e GILKES, 1994).

A hematita se encontra presente em regiões de climas tropicais e subtropicais, tendo sua origem através de processos como regime de águas, variações da temperatura ambiente, acúmulo de ferro, PH, entre outras (LUZ *et al.*, 2005).

Devido ao alto teor de ferro em sua composição, apresenta forte poder de pigmentação dos solos, sendo muito característico a formação de solos avermelhados em proporções de 1,7% em  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (SCHWERTMANN E KAMPF, 1985).

#### 4.8 Albita (Feldspato)

A Albita é classificada como um mineral proveniente da família dos feldspatos, como o aluminossilicato de sódio (NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>), que normalmente são encontrados em pegmatitos e rochas ígneas félsicas, como os granitos e também em rochas metamórficas de baixo grau e em rochas sedimentares. A mesma possui o formato definido por cristais frágeis e vítreos que apresentam aspectos lamelares que tem boa aplicação no setor vítreo, na fabricação de peças de vidro e cerâmica (TANNER,2006).

A Albita é comumente encontrada em granitos, sienitos, riolitos e traquitas, sendo comum em pegmatitos, a troca da microclina anteriormente formada para a cleavelandita, e encontrá-las em rochas metamórficas de baixa qualidade que variam de zeólita a xisto-verde (LIRA e NEVES, 2013). Na Figura (18), observa-se a albita.

**Figura 18 – Albita**



Fonte: PEIXOTO, FERREIRA e MATTOS, 2016.

O Brasil tem utilizado os feldspatos na indústria do vidro e cerâmica principalmente, esse segmento consome cerca de 88% de todo o mineral extraído, onde os mesmos variam de acordo com suas características granulométricas e nos teores de K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (LUZ *et al.*, 2005).

A Albita possui características semelhantes a da Biotita, onde o seu aspecto vítreo e lamelar pode causar a dificuldade de incorporação desse mineral presente nos agregados ao concreto.

De acordo com Benedet e Souza (2021), comumente é encontrada albita contaminada por biotita e minerais de lítio, onde uma melhor classificação é realizada através de separação magnética, que possibilita a obtenção dos teores dos minerais de forma específica.

## **5 MATERIAIS E ENSAIOS REALIZADOS**

### **5.1 Seleção e caracterização dos materiais empregados**

Os métodos aplicados para realizar a caracterização dos materiais, produção e controle das características do concreto, foram empregados de acordo com os requisitos da Associação Brasileira de Normas Técnicas, tendo utilizado equipamentos disponíveis no laboratório da Concreteira Mix Mattar em Teófilo Otoni.

A caracterização dos agregados e do cimento foram determinadas conforme as normas vigentes da ABNT. Para a dosagem do material foi empregado o método ACI (American Concrete Institute), sendo os materiais medidos e pesados com o auxílio de balanças de precisão e dosadores. Como forma de corrigir a umidade dos materiais, foi realizada a secagem dos agregados antes da produção do concreto e realizados ensaios de umidade antes de depois da secagem.

Para a pesquisa foram utilizados os seguintes materiais: cimento Portland CPIII RS Intercement, areia artificial VSI da Pedreira Mattar, brita 1 da Pedreira Mattar, água advinda de poço artesiano, aditivos aceleradores e retardadores de fornecidos pela empresa Aditibras, localizada no Rio de Janeiro. As amostras de aditivos foram fornecidas em embalagens de 250 ml.

Diante do exposto e das informações obtidas, foram convergidos os esforços da pesquisa na verificação das alterações de propriedades ocorridas no concreto diante a presença dos aditivos acelerados e retardadores de pega. Após a dosagem e definição dos materiais, confeccionou concreto referência e concreto com aditivos aceleradores e retardadores produzindo-se corpos de prova que foram utilizados para a realização dos ensaios.

### **5.2 Caracterização dos Materiais**

Os materiais empregados na pesquisa foram fornecidos pela Pedreira Mix Mattar de Teófilo Otoni, exceto os aditivos que são da empresa Aditibras. Os materiais

foram submetidos a ensaios prescritos em normas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, sendo os materiais coletados, preparados e caracterizados para a realização dos experimentos.

Os ensaios e desenvolvimento do trabalho foi realizado no Laboratório da Concreteira Mix Mattar, situado na cidade de Teófilo Otoni. Os procedimentos de dosagem foram feitos seguindo o método ACI (American Concrete Institute) de dosagem.

### 5.2.1 Caracterização do cimento

O cimento utilizado para o experimento trata-se de um cimento Portland de alto forno (CPIII) da marca Cauê, fornecido pela concreteira Mix Mattar que segue as especificações da NBR 16697:2018 – Cimento Portland – Requisitos, quanto a resistência inicial necessária do cimento Portland. Na Figura (19) abaixo, pode-se verificar o cimento utilizado para a pesquisa e na Tabela (6) as especificações do produto de acordo com dados do fabricante.

**Figura 19 - Cimento Portland CPIII RS Intercement**



Fonte: INTERCEMENT, 2021.

**Tabela 6 - Propriedades do cimento Portland**

Propriedade	Valor
Índice de finura médio (%)	0,1
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	3,05

Fonte: INTERCEMENT, 2022.

### 5.2.2 Caracterização do agregado miúdo

Os agregados utilizados foram coletados na própria concreteira de forma natural. Considerando que as características dos agregados variam em função do lote, foram realizados ensaios de caracterização e secagem desses materiais para a realização

das amostras, sendo posteriormente armazenado em tambores. Os ensaios de caracterização foram realizados conforme NBR 7211:2009 (Errata 1:2019). A Figura (20) apresenta uma amostra da areia industrial (artificial).

**Figura 20 - Areia artificial VSI da Pedreira Mattar**



Fonte: Autora, 2022.

O agregado miúdo utilizado foi a areia artificial VSI, sem matéria orgânica com 32% de material fino de acordo com dados do Grupo Pedreira Mattar (2019).

A areia industrial lavada e sem matéria orgânica que tem grande aplicação em concretos estruturais tendo como granulometria de 84% de material fino no passante da peneira de 4,5 mm.

A) Composição Granulométrica: O ensaio para determinação da composição granulométrica foi realizado de acordo com a ABNT NBR 17054:2022 – Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio e a ABNT NBR 7211:2009 (Errata 1:2019).

O ensaio consistiu em primeiramente na secagem das amostras e posteriormente peneirou-se conforme definido pela norma da ABNT, a massa retida em cada uma delas foi pesada separadamente. Com os valores das massas retidas em cada peneira, faz-se a soma das porcentagens retidas acumuladas e determina-se o módulo de finura.

Para a realização do ensaio foi utilizada uma amostra de 500 gramas de areia artificial VSI da Pedreira Mattar. O ensaio foi realizado no laboratório da Concreteira Mix Mattar em Teófilo Otoni, a Tabela (7) apresenta a quantidade de amostras retidas em cada peneira, a acumulação média, módulo de finura, teor de pulverulento, massa específica e dimensão máxima.

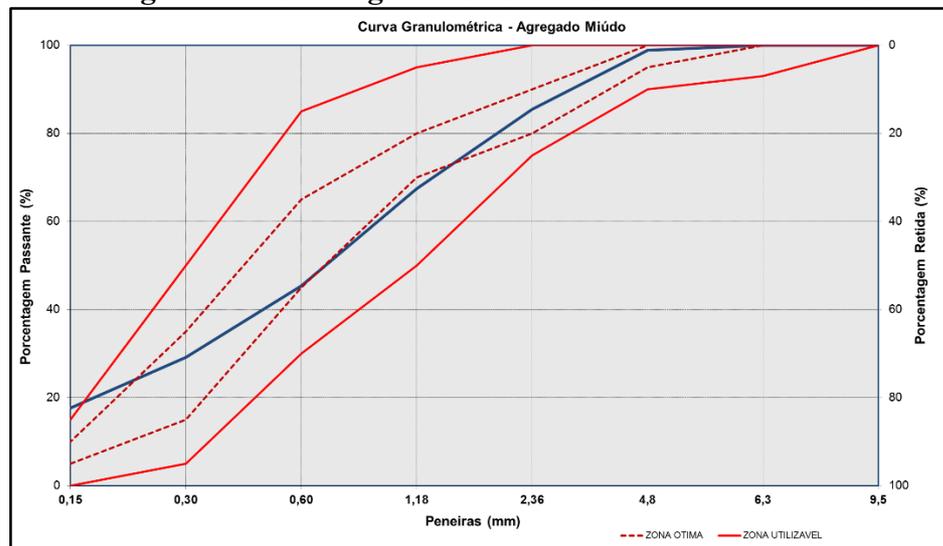
**Tabela 7 - Análise granulométrica areia**  
**Análise granulométrica dos agregados NBR – 7211:2009 (Errata 1:2019)**

Peneira (mm)	Areia artificial VSI – Amostra I			Areia artificial VSI – Amostra II			% Acumulada Média	
	Retido (g)	% Ret.	% Acumul.	Retido (g)	% Ret.	% Acumul.	Retida	Passante
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	100,0
6,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	100,0
4,75	4,8	1,0	1,0	3,8	0,8	0,8	0,9	99,1
2,36	69,9	14,0	15,0	57,0	11,5	12,2	13,6	86,4
1,18	85,7	17,2	32,2	86,1	17,3	29,5	30,9	69,1
0,6	113,6	22,8	54,9	120,1	24,2	53,7	54,3	45,7
0,3	76,1	15,3	70,2	78,3	15,7	69,4	69,8	30,2
0,15	44,6	8,9	79,1	58,1	11,7	81,1	80,1	19,9
Fundo	104,0	20,9	100,0	93,8	18,9	100,0	100,0	0,0
TOTAL	498,7			497,2				
<b>Módulo de finura:</b>			2,50	<b>Teor de pulverulento</b>		7,19%		
<b>Dimensão máxima (mm):</b>			4,750	<b>Massa espec.(kg/dm<sup>3</sup>)</b>		2,646		

Fonte: Autora, 2022.

Com base nos dados coletados e demonstrados na tabela acima foi possível determinar a faixa granulométrica em que se encontra a areia.

**Figura 21 - Curva granulométrica da areia artificial VSI**



Fonte: Autora, 2022.

Na Figura (21) pode-se observar que a curva apresentada em vermelho demonstra a distribuição da areia, como pode ser observado essa distribuição ficou dentro das curvas de zona ótima para uso da dosagem do concreto com módulo de finura de 2,50.

A Figura (22), apresenta a realização do ensaio de granulometria da areia artificial VSI.

**Figura 22 - Granulometria da areia artificial VSI**



Fonte: Autora, 2022.

B) Massa unitária: Determinou-se a massa unitária da areia no estado solto e compactado conforme NBR 16972:2021 – Agregados – Determinação da massa unitária e do índice de vazios. A Tabela (8) e (9) apresenta a massa unitária.

**Tabela 8 - Massa unitária do agregado miúdo no estado solto**

Tara (kg)	Volume (m³)	Amostra 1 (kg)	Amostra 2 (kg)	Média das amostras (kg/m³)	Densidade média (g/cm³)
7,04	15,00	25,72	18,68	19,07	1,27
		26,04	19,00		
		26,56	19,52		

Fonte: Autora, 2022.

**Tabela 9 - Massa unitária do agregado miúdo no estado compactado**

Tara (kg)	Volume (m³)	Amostra 1 (kg)	Amostra 2 (kg)	Média das amostras (kg/m³)	Densidade média (g/cm³)
7,04	15,00	27,60	20,56	21,24	1,42
		28,30	21,26		
		28,98	21,91		

Fonte: Autora, 2022.

C) Massa Específica: Para determinação da massa específica da areia foram utilizadas as diretrizes da ABNT NBR NM 52:2009 – Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Inicialmente foi pesada uma amostra de 500 gramas de areia artificial VSI seca, logo após foi colocado o volume de 200 mL de água no Chapman e inserido as 500 gramas de areia para posteriormente ser realizada a leitura no Chapman.

Após a leitura foi realizado o cálculo de massa específica utilizando a equação (1).

$$\text{massa específica} = \frac{\text{massa da amostra}}{(\text{leitura do frasco} - \text{volume do frasco})} \quad \text{Eq. (1)}$$

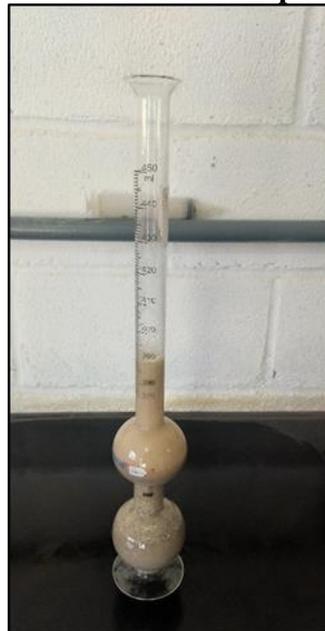
**Tabela 10 – Determinação da massa específica real**  
**Massa específica real**

Massa da amostra (g)	500,0 g
Leitura no frasco	388 mL
Volume (mL) de água no frasco	200 mL
Leitura – Volume no frasco	388 mL
Massa da amostra / (leitura – volume)	$500/(388-200) =$ $2,6595745 \text{ g/cm}^3$

Fonte: Autora, 2022.

A areia artificial VSI da Pedreira Mattar apresentou massa específica de  $2,66 \text{ g/cm}^3$  no lote secado para a produção dos traços de concreto da pesquisa. Na Figura (23) é possível observar o ensaio de massa específica da areia.

**Figura 23 - Ensaio de massa específica da areia**



Fonte: Autora, 2022.

D) Teor de finos: O teor de finos é a porcentagem de material que passa pela peneira ABNT  $75\mu\text{m}$ . A NBR 16973:2021 – Agregados – determinação do material fino que passa através da peneira  $75\mu\text{m}$ , por lavagem.

Realizou-se a pesagem do material seco, depois sua lavagem foi feita utilizando água até que a cor da água ficasse clara. Após este procedimento a areia foi novamente secada na panela e pesada novamente.

**Tabela 11 - Teor de finos agregado miúdo**

<b>Massa amostra seca (g)</b>	<b>Massa amostra seca após a lavagem (g)</b>	<b>Teor de finos (%)</b>
100	92,81	7,19

Fonte: Autora, 2022.

Através dos dados obtidos conforme Tabela (11) determinou-se o teor de finos utilizando através da equação (2).

$$T = \frac{M1-M2}{M1} \times 100 \quad \text{Eq. (2)}$$

T = Teor de finos (%)

M1 = Massa amostra seca (g)

M2 = Massa amostra seca após lavagem (g)

### **5.2.3 Caracterização do agregado graúdo**

O agregado graúdo utilizado foi a Brita 1, que é comumente utilizada nos mais variados tipos de processos da construção civil e possui excelente qualidade técnica. A realização dos ensaios de caracterização realizou-se de acordo com a NBR 7211/2009 (Errata 1:2019), estabelecendo as dimensões características máximas de 12,5 mm e 19 mm. A concreteira trabalha com esse material normalmente em percentual de material fino de 5,83% de acordo com dados do Grupo Pedreira Mattar (2019), que dessa forma contribuirá para o aumento da resistência do concreto. A Figura (24) apresenta uma amostra de brita 1.

**Figura 24 - Brita 1 da Pedreira Mattar**

Fonte: Autora, 2022.

A) Composição granulométrica: A mesma metodologia utilizada para determinação da composição granulométrica do agregado miúdo foi aplicada para o agregado graúdo, seguindo as especificações das normas da ABNT 7211:2009 (errata 1:2019). Utilizando-se as peneiras estabelecidas pela NBR, realizou-se o ensaio de granulometria da amostra de brita 1, sendo possível determinar o módulo de finura do agregado da região com base no lote separado para a realização do estudo. Através dos dados obtidos foi possível estabelecer a Tabela (12), que apresenta a análise granulométrica da brita 1 e a faixa granulométrica onde se encontra a brita coletada para o estudo.

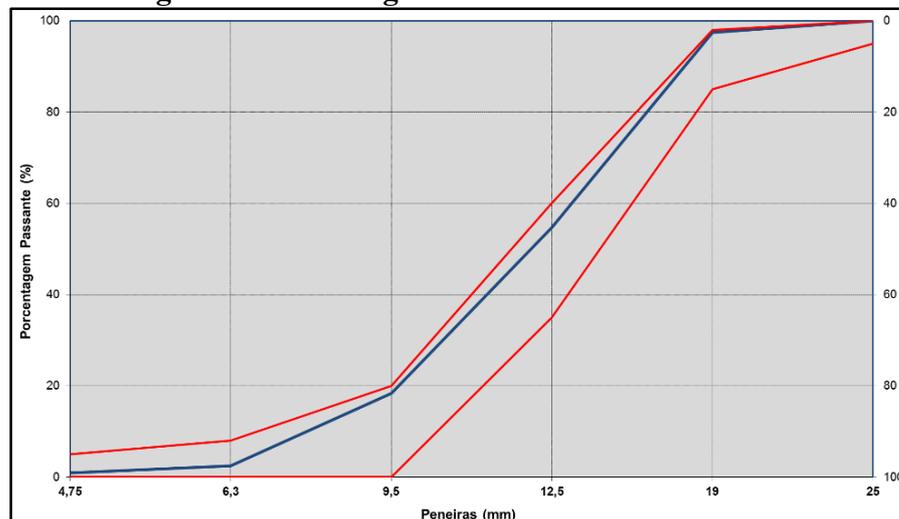
**Tabela 12 - Análise granulométrica da brita 1**  
**Análise granulométrica dos agregados NBR – 7211:2009 (Errata 1:2019)**

Peneira (mm)	Brita 1 – Amostra I			Brita 1 – Amostra II			% Acumulada Média	
	Retido (g)	% Ret.	% Acumul.	Retido (g)	% Ret.	% Acumul.	Retida	Passante
32	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
19	129,2	2,6	2,6	118,4	2,4	2,4	2,5	97,5
12,5	2127,0	42,7	45,3	2136,0	42,7	45,1	45,2	54,8
9,5	1806,9	36,3	81,6	1868,9	37,4	82,5	82,1	17,9
6,3	792,4	15,9	97,6	754,0	15,1	97,6	97,6	2,4
4,75	75,9	1,5	99,1	62,8	1,3	98,8	99,0	1,0
2,36	0,0	0,0	99,1	0,0	0,0	98,8	99,0	1,0
Fundo	45,7	0,9	100,0	57,6	1,2	100,0	100,0	0,0
TOTAL	4977,1			4997,7				
<b>Módulo de finura:</b>			6,82	<b>Teor de pulverulento</b>		0,33%		
<b>Dimensão máxima:</b>			19,0	<b>Massa espec.(kg/dm<sup>3</sup>)</b>		2,632		

Fonte: Autora, 2022.

Com base nos dados coletados e demonstrados na Tabela (12) acima foi possível determinar a faixa granulométrica em que se encontra a brita 1, conforme Figura (25).

**Figura 25 - Curva granulométrica da brita 1**



Fonte: Autora, 2022.

A Figura (25) apresenta a curva granulométrica da brita 1, sendo que em em vermelho está a distribuição do material. Na Figura (26), é possível observar a realização do ensaio de granulometria da brita 1.

**Figura 26 - Ensaio de granulometria da Brita 1**



Fonte: Autora, 2022.

B) Massa unitária: Para determinar a massa unitária solta e compacta da brita, foram seguidas as prescrições da ABNT NBR 16972:2021. Na Tabela (13) e (14) apresenta-se a massa unitária.

**Tabela 13 - Massa unitária do agregado graúdo no estado solto**

Tara (kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Amostra 1 (kg)	Amostra 2 (kg)	Média das amostras (kg/m <sup>3</sup> )	Densidade média (g/cm <sup>3</sup> )
7,04	15,00	28,67	21,63	21,54	1,44
		27,89	20,85		
		29,18	22,14		

Fonte: Autora, 2022.

**Tabela 14 - Massa unitária do agregado graúdo no estado compactado**

Tara (kg)	Volume (m <sup>3</sup> )	Amostra 1 (kg)	Amostra 2 (kg)	Média das amostras (kg/m <sup>3</sup> )	Densidade média (g/cm <sup>3</sup> )
7,04	15,00	31,46	24,42	23,72	1,58
		30,67	23,63		
		30,15	23,11		

Fonte: Autora, 2022.

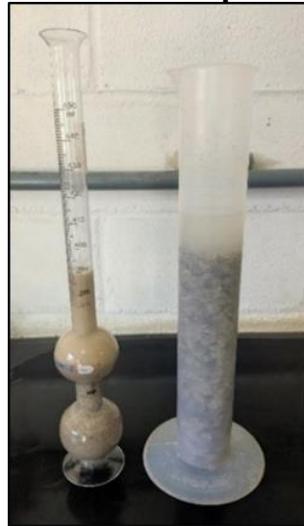
C) Massa específica: A massa específica do agregado graúdo foi determinada conforme norma brasileira ABNT NBR 53:2009 – Agregado graúdo – Determinação da massa específica aparente e absorção de água. A Tabela (15) apresenta a massa específica do agregado.

**Tabela 15 - Determinação da massa específica real**

<b>Massa específica real</b>	
Massa da amostra (g)	1000,0 g
Leitura no frasco	880 mL
Volume (mL) de água no frasco	500 mL
Leitura – Volume no frasco	880 mL
Massa da amostra / (leitura – volume)	$1000/(880-500) = 2,63157895 \text{ g/mL}$

Fonte: Autora, 2022.

A brita 1 da Pedreira Mattar apresentou massa específica de 2,63 g/mL no lote secado para a produção dos traços de concreto da pesquisa. Na Figura (27) é possível observar o ensaio de massa específica da brita 1.

**Figura 27- Ensaio massa específica da brita 1**

Fonte: Autora, 2022.

D) Teor de finos: Para determinar o teor de finos do agregado graúdo, foi utilizado as mesmas prescrições normativas da ABNT NBR 16973:2021 – Agregados – Determinação do material fino que passa pela peneira de 75  $\mu\text{m}$  por lavagem e a equação (02) e exposto na Tabela (16).

**Tabela 16 - Teor de finos agregado miúdo**

<b>Massa amostra seca (g)</b>	<b>Massa amostra seca após a lavagem (g)</b>	<b>Teor de finos (%)</b>
2500	2491,75	0,33

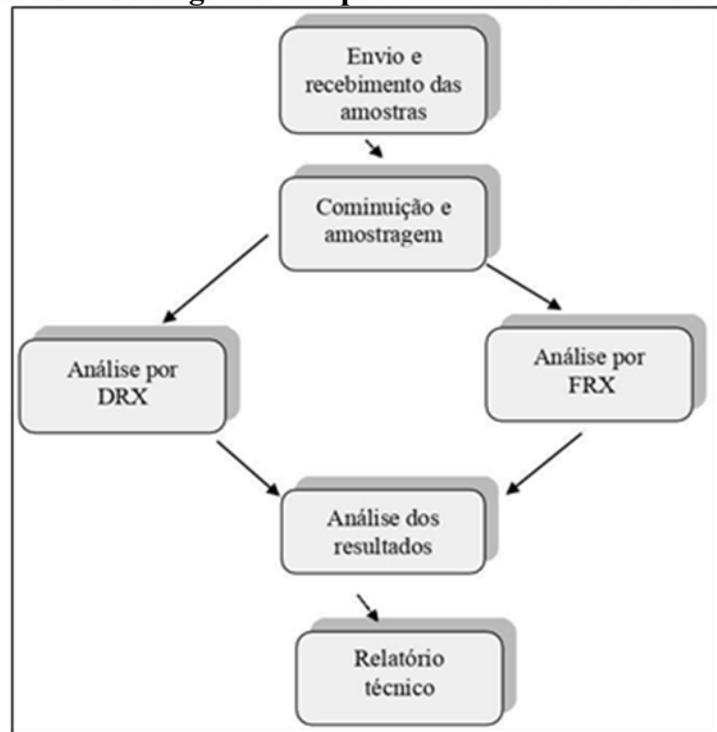
Fonte: Autora, 2022.

### 5.3 Caracterização mineralógica

#### 5.3.1 Ensaios de DRX e FRX

Foram enviadas ao laboratório da Minas JR duas amostras de 200g de brita zero para a realização de ensaios de Difratomia de Raios-X (DRX) e Fluorescência de Raios-X (FRX) para a obtenção de dados acerca da composição química e mineralógica da amostra de rocha, a fim de possibilitar um maior conhecimento sobre o material e a quantificação de biotita presente na amostra. Através do Figura (28), é possível o fluxograma com os processos desenvolvidos no projeto.

**Figura 28 - Fluxograma dos processos de ensaios DRX e FRX**



Fonte: Autora, 2022.

Como método de determinação específica dos minerais nos agregados da cidade de Teófilo Otoni, foi realizada uma análise química na amostra de brita zero pela empresa Minas Jr Consultorial Mineral, que atua há mais de 10 anos no mercado e trabalha em parceria com os cursos de Geologia e Engenharia de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, conforme Anexo B.

Os métodos aplicados para a caracterização mineralógica foram definidos pela Minas Jr, onde foi realizado o recebimento da amostra de 200 gramas de brita zero para o seu posterior encaminhamento ao laboratório. Anteriormente ao ensaio de DRX e FRX, foi realizado a cominuição e amostragem, onde a primeira consiste na redução granulométrica do material para a realização dos ensaios e a segunda na separação das

amostras para os ensaios.

Após a homogeneização das amostras, foram separadas pela amostragem em duas: a primeira 15 gramas (Ensaio DRX) e a segunda 60 gramas (Ensaio FRX). Tendo as amostras as especificações necessárias para os ensaios, seguiram os mesmos para o ensaio de DRX que compreende na identificação mineralógica das amostras através de equipamentos de raios X, como o Difratorômetro de PANalytical que foi utilizado pelo laboratório.

Para a realização do ensaio de FRX, a Minas Jr encaminhou a amostra de 60 gramas para a SGS GEOSOL Laboratórios Ltda que realizou o teste.

O ensaio de FRX permite a identificação dos elementos químicos presentes na amostra, sendo possível determinar a concentração dos minerais identificados através de um equipamento que emite feixes de raios X “fluorescentes” e permite a estabelecer a quantidade de cada elemento da amostra. Após os ensaios a empresa enviou o relatório do teste a Minas Jr para a confecção do relatório final.

A partir dos dados estabelecidos por meio dos ensaios de DRX e FRX, foi possível estabelecer a porcentagem de cada elemento encontrado na amostra de Brita 0, principalmente no referente a presença do mineral biotita nos agregados da região.

### ***5.3.1 Difratomia de Raios-X (DRX)***

A análise química semiquantitativa por Difratomia de Raios-X é uma técnica que visa a identificação da mineralogia do material por meio da forma que os raios-x se difratam ao passar pela estrutura cristalina dos minerais.

O procedimento foi realizado em um Difratorômetro da PANalytical, utilizando radiação  $\text{CuK}\alpha$  e cristal monocromador de grafita.

O método de análise consiste na comparação dos valores das distâncias interplanares e das intensidades dos picos nos difratogramas da amostra analisada e de uma amostra de referência, utilizando o padrão do banco de dados PDF-2 do ICDD – International Centre for Diffraction Data.

Vale ressaltar que cada mineral possui um conjunto de distâncias interplanares específico, o que possibilita sua identificação.

Na Figura (29), é possível observar o equipamento utilizado para o ensaio de DRX, o Difratorômetro PANalytical.

**Figura 29 - Difratorômetro PANalytical**



Fonte: MINAS JR, 2021.

### **5.3.2 Fluorescência de Raios-X (FRX)**

A análise química por Fluorescência de Raios-X (FRX) permite a identificação dos elementos químicos presentes em uma amostra. É uma análise quantitativa, ou seja, ela consegue determinar a concentração dos elementos identificados.

O procedimento consiste na irradiação da amostra por um feixe de raios-X que excita os átomos ali presentes e, então, raios-X “fluorescentes” característicos são emitidos do material. Esses raios apresentam um comprimento de onda e uma energia específicos de cada elemento. A partir disso, realiza-se a medição da quantidade desses raios de cada elemento para obter a concentração de cada um. Essa análise fez-se essencial para auxiliar a análise por DRX a diferenciar a biotita das outras micas por meio de sua composição química. . Na Figura (30), é possível observar o equipamento utilizado para o ensaio de DRX, o Difratorômetro PANalytical.

**Figura 30 - Fluorescência de raios-X ZSXMini II – Rigaku**



Fonte: MINAS JR, 2021.

## 5.4 Água

A água utilizada na produção das amostras de concreto foi proveniente do poço artesiano da concreteira.

## 5.5 Aditivos

### 5.5.1 Aditivo Acelerador e Retardador de pega

Para esta pesquisa foram utilizados 2 tipos aditivos, sendo eles o acelerador de pega da Aditibras (RAP-BRAS 150) e o retardador de pega da Aditibras (RECON BRAS C).

O RAP- BRAS 150 é ideal para promover o aumento da resistência inicial e acelerar o endurecimento do concreto, principalmente em regiões de clima frio, sendo isento de cloretos.

O retardador RECON BRAS C da Aditibras, é destinado ao controle do processo de hidratação do cimento em concretos e conseqüentemente do retardo da pega. A Figura (31) apresenta os aditivos utilizados na pesquisa.

**Figura 31 - Aditivos**



Fonte: Autora, 2022.

A dosagem dos aditivos utilizados nesta pesquisa foram baseados em um cálculo da dosagem do aditivo sobre o peso do cimento, utilizado como referência a ABNT NBR 11768:1/2019 e 11768:2/2019 e as recomendações do fabricante.

As principais especificações dos aditivos como: aparência, composição química básica, pH, peso específico, porcentagem de cloretos e função, se encontram disponibilizadas na Tabela (17) abaixo.

**Tabela 17 - Especificações dos aditivos**

ENSAIOS	RAP-BRAS 150	RECON BRAS C
<i>Aparência</i>	Líquido castanho escuro de baixa viscosidade	Líquido azul de baixa viscosidade
<i>Composição básica</i>	Cloretos de cálcio	Carboidratos isentos de cloretos
<i>pH a 25°C</i>	10,5 ± 1,0	9,5 ± 1,0
<i>Peso específico (g/cm<sup>3</sup>)</i>	1,250 ± 0,020	1,100 ± 0,020
<i>Cloretos (%)</i>	Isento	-
<i>Função</i>	Acelerador de pega	Retardador de pega

Fonte: ADITIBRAS, 2021. Adaptado.

A Tabela (18) apresenta a dosagem recomendada dos aditivos segundo o fabricante.

**Tabela 18 - Dosagem dos aditivos – (Segundo recomendação do fabricante)**

<i>Tipo de aditivo</i>	<i>Marca</i>	<i>Porcentagem mínima</i>	<i>Porcentagem máxima</i>
<i>Acelerador</i>	<b>RAP BRAS 150</b>	1 L a cada 100 kg de cimento	6 L a cada 100 kg de cimento
<i>Retardador</i>	<b>RECON BRAS C</b>	100 ml a cada 100 kg de cimento	700 ml a cada 100 kg de cimento

Fonte: ADITIBRAS, 2021. Adaptado.

## 6 ENSAIOS EXPERIMENTAIS

Nos próximos itens serão descritos os métodos e os procedimentos experimentais utilizados para a condução da pesquisa.

### 6.1 Método de dosagem do concreto da ACI ( American Concrete Institute)

O método utilizado para a dosagem dos materiais foi estabelecido de acordo com ACI 211.1-81 (Standart Practice for Selecting Proportion for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete – 1985, que estabelece gráficos e tabelas com determinações do concreto a partir de informações experimentais, utilizando-se de agregados que se enquadrem na ABNT NBR 7211:2009 (Errata 1:2019) - Agregados para concretos. A dosagem dos traços de concreto foi definido pelo método ACI, onde a

relação de agregado graúdo e miúdo é realizada em função das massas específicas aparente secas dos agregados que são determinadas através de ensaios. Nesse método o traço está relacionado com o consumo de água/cimento diante de uma trabalhabilidade fixada.

De acordo com Rodrigues (1998), esse método é usualmente empregado para a produção de concretos fluídos devido ao fato de que esse método permite a obtenção de misturas plásticas com um baixo teor de areia.

Para a fabricação dos corpos de prova de concreto utilizados, primeiramente foi estabelecida uma relação de água/cimento (a/c) para os traços fabricados sendo baseado no método ACI, onde definiu os a/c's 0,50 (concreto rico em percentual de ligante), 0,70 (concreto médio em percentual de ligante), 0,90 (concreto pobre em percentual de ligante). Este parâmetro é baseado nos critérios de durabilidade e resistência mecânica dos concretos nas referidas idades de rompimento, sendo utilizado os valores da relação água/cimento estabelecido pela NBR 6118:2014. Após a etapa de fixação da relação água/cimento (a/c) foi realizada uma estimativa de consumo de água do concreto, para posteriormente ocorrer a determinação do teor de argamassa do concreto, cálculo do consumo de cimento, realização dos ensaios de densidade dos materiais, cálculo do consumo de agregados do concreto, para posteriormente apresentar o traço, confeccionar e realizar os ajuste experimentais.

O método ACI sugere que a mistura de concreto seja feita para fins experimentais, onde diante de um abatimento fixado foi sendo realizado ajustes até se obter a trabalhabilidade esperada através das devidas alterações no traço de concreto.

A Tabela (19) abaixo mostra os valores baseados para a dosagem dos traços, estabelecendo a classe de abatimento e slump, teor de argamassa, relação de água/cimento, materiais empregados, variação percentual do volume de concreto e teor de ar incorporado.

**Tabela 19 - Dosagem ACI (American Concrete Institute)**

<b>DOSAGEM ACI</b>				
<b>Classe: S160–Slump 190 mm</b>		<b>Teor de argamassa: 53%</b>		<b>A/C's: 0,50; 0,70; 0,90</b>
<b>Areia VSI</b>	<b>Brita 1</b>	<b>Cimento CII RS</b>	<b>Variação volume</b>	<b>Ar incorporado</b>
$\mu= 2,646$	$\mu=2,632$	$\mu=3,150$	$< \pm 2,5\%$	$\leq 3\%$

Fonte: Autora, 2022.

Os traços de concreto foram definidos após os ajustes e a determinação do a/c final da mistura, que teve todos os materiais secos e pesados em laboratórios conforme previsto na ABNT NBR 12655:2015 (Emenda 1:2022).

A trabalhabilidade do concreto foi verificada pelo ensaio de abatimento no

tronco de cone (slump test), que foi fixado em 190 Mm. A fixação da relação de água/cimento foi baseada na Curva de Abrams, que após determinado considera o valor do abatimento e dimensões dos agregados na mistura. Após os ajustes experimentais chega-se ao a/c final e o traço foi apresentado.

## 6.2 Procedimentos de dosagem do concreto

Os procedimentos para a dosagem do concreto expressa em proporção de massa para esta pesquisa baseou-se no método ACI. A seguir são apresentados as etapas realizadas.

### 6.2.1 Dosagem do concreto – Determinação da resistência

A primeira etapa consiste na determinação da resistência da dosagem ( $F_{cj}$ ) do concreto, que depende do valor da média e do desvio padrão. A resistência característica a compressão do concreto ( $F_{ck}$ ) obtida é o valor que representa 95% da resistência que pode ser alcançada pelo concreto. A Tabela (20) apresenta os parâmetros estabelecidos:

**Tabela 20 - Valores de Sd para cada condição de preparo do concreto**

<b>Condição de preparo do concreto</b>	<b>Descrição</b>	<b>Valor de Sd a ser adotado</b>
Condição “A “	Aplicável às classes C10 até C80: O cimento e os agregados são medidos em massa, a água de amassamento é medida em massa ou volume com dispositivo dosador e corrigida em função da umidade dos agregados.	Sd = 4,0 MPa
Condição “B “	Aplicável às classes C10 até C25: o cimento é medido em massa, a água de amassamento é medida em volume mediante dispositivo dosador e os agregados medidos em massa combinada com volume. Aplicável às classes C10 até C20: o cimento é medido em massa, a água de amassamento é medida em volume mediante dispositivo dosador e os agregados medidos em volume. A umidade do agregado miúdo é determinada pelo menos três vezes durante o serviço do mesmo turno de concretagem. O volume de agregado miúdo é corrigido através da curva de inchamento estabelecida especificamente para o material utilizado.	Sd = 5,5 MPa
Condição “C “	Aplicável apenas aos concretos de classes C10 e C15: o cimento é medido em massa, os agregados são medidos em volume, a água de amassamento é medida em volume e a sua quantidade é corrigida em função da estimativa da umidade dos agregados e da determinação da consistência do concreto, conforme disposta na NBR 7273, ou outro método normatizado.	Sd = 7,0 MPa

Fonte: ABNT NBR 12655:2020 (Emenda 1:2022).

A fórmula abaixo expressa o valor de resistência à compressão médio do concreto:

$$F_{cj} = F_{ck} + 1,65S_d$$

Onde:

$f_{ck}$ : Resistência característica à compressão do concreto (MPa)

$f_{cj}$ : Resistência à compressão média do concreto obtida a  $j$  dias de idade (MPa)

$S_d$ : Desvio-padrão do processo de produção e ensaio de resistência do concreto obtido de uma ou mais amostras, a  $j$  dias de idade (MPa).

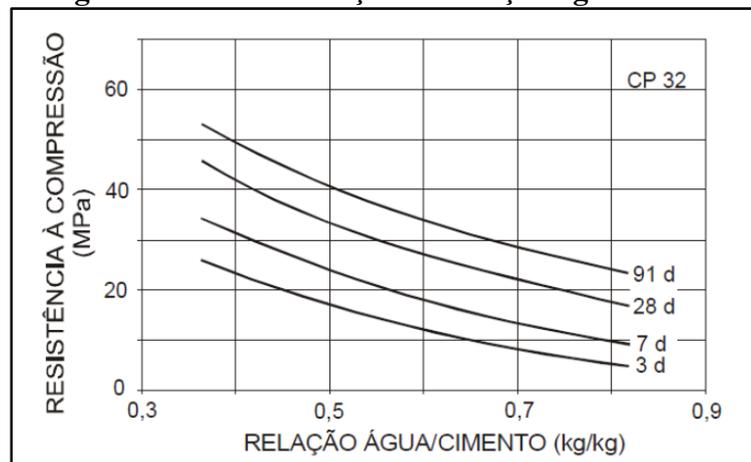
O desvio padrão ( $S_d$ ) do concreto, conforme exposto na Tabela (20), verifica as alterações que podem ocorrer durante as etapas de produção do concreto, de modo a proporcionar um grau de confiabilidade as amostras fabricadas, sendo normatizadas pela ABNT NBR 12655:2015 (Emenda 1:2022).

### **6.2.2 Determinação da relação água/cimento em função da resistência à compressão do concreto**

A determinação da resistência do concreto é dada em função da relação de água/cimento ( $a/c$ ) do traço, sendo que os valores obtidos a partir desta relação possibilita a formação de curva determinadas pelos experimentos para mostrar a variação da resistência em função de vários fatores de  $a/c$  (HELENE E TERZIAN, 1992).

A Figura (32), mostram as curvas que relacionam a resistência média a compressão em função de diversos fatores de água/cimento ( $a/c$ ).

**Figura 32 - Determinação da relação água/cimento**



Fonte: HELENE E TERZIAN, 1992.

### 6.2.3 Determinação da relação água/cimento em função da durabilidade do concreto

A durabilidade do concreto é definida como a sua capacidade de resistir aos processos de deterioração ao qual se encontra exposto, podendo ser por questões climáticas, físicas, químicas ou de causa diversa (RODRIGUES, 1998).

A ABNT NBR 6118:2014 especifica a classe de agressividade do meio ambiente de acordo com parâmetros físicos e químicos de modo a classificar as estruturas de a depender do meio em que se encontra.

A ABNT NBR 6118:2014, recomenda a utilização de uma relação água/cimento (a/c) máxima a partir da relação de água/cimento, resistência e durabilidade do concreto, respeitando o consumo mínimo de cimento por metro cúbico.

Conhecendo-se as condições ao qual o concreto será exposto pode-se determinar a classe de agressividade de acordo com a Tabela (21).

**Tabela 21 - Classes de agressividade ambiental**

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Urbana	
II	Moderada	Urbana	Pequeno
III	Forte	Marinha	Grande
		Industrial	
IV	Muito Forte	Industrial	Elevado
		Respingos de maré	

Fonte: ABNT NBR 6118:2014.

Na Tabela (22) se encontra a relação de água/cimento e classe de agressividade do concreto.

**Tabela 22 - Relação água/cimento e classe de concreto conforme agressividade**

Concreto	Tipo	Classe de agressividade Concreto			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto	CA	$\geq C 20$	$\geq C 25$	$\geq C 30$	$\geq C 40$
	CP	$\geq C 25$	$\geq C 30$	$\geq C 35$	$\geq C 40$
Consumo de Cimento Portland por metro cúbico de concreto kg/m <sup>3</sup>	CA e CP	$\geq 260$	$\geq 280$	$\geq 320$	$\geq 360$

CA: Corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado

CP: Corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido

Fonte: ABNT NBR 12655:2020 (Emenda 1:2022).

#### 6.2.4 Estimativa do consumo de água e determinação do teor de argamassa

Rodrigues (1998), afirma que a determinação do consumo de água do concreto tem como fator relevante principalmente a dimensão característica máxima do agregado graúdo.

A equação (3) abaixo estima o consumo de água por metro cúbico de concreto.

$$Car = Cai \times \left( \frac{STr}{STi} \right)^{0,1} \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde:

Car: Consumo de água requerida

Cai: Consumo de água inicial

STr: Abatimento requerido

STi: Abatimento Inicial

A Tabela (23), apresenta a determinação do consumo de água de acordo com a dimensão máxima característica do agregado graúdo.

**Tabela 23 - Determinação do consumo de água pela dimensão do agregado graúdo**

Abatimento do tronco de cone	Dimensão máxima característica do agregado graúdo				
	9,5 mm	19,0 mm	25,0 mm	32,0 mm	38,0 mm
40 a 60 mm	220 l/m <sup>3</sup>	195 l/m <sup>3</sup>	190 l/m <sup>3</sup>	185 l/m <sup>3</sup>	180 l/m <sup>3</sup>
60 a 80 mm	225 l/m <sup>3</sup>	200 l/m <sup>3</sup>	195 l/m <sup>3</sup>	190 l/m <sup>3</sup>	185 l/m <sup>3</sup>
80 a 100 mm	230 l/m <sup>3</sup>	200 l/m <sup>3</sup>	205 l/m <sup>3</sup>	200 l/m <sup>3</sup>	190 l/m <sup>3</sup>

Fonte: RODRIGUES, 1998.

O teor de argamassa é estimado através da equação (4).

$$\% \text{ arg.} = \frac{(1+A)}{(1+A+P)} \quad \text{Eq. (4)}$$

Onde:

% arg = Teor de argamassa

A= agregado miúdo

P = agregado graúdo

#### 6.2.5 Estimativa do consumo de cimento

A estimativa do consumo de cimento é realizada após estabelecer a relação de água/cimento e do consumo de água por metro cúbico. Através da equação (5) pode

ser obtida o consumo.

$$C = \frac{Cag}{(a/c)} \quad \text{Eq. (5)}$$

Onde:

$C$  = Consumo de cimento por metro cúbico de concreto ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$Cag$  = Consumo de água por metro cúbico de concreto ( $\text{l}/\text{m}^3$ )

$a/c$  = Relação água/cimento ( $\text{kg}/\text{kg}$ )

### 6.2.6 Estimativa do consumo de agregados

A estimativa do consumo de agregados é determinada pela proporção adequada de agregado graúdo/miúdo por metro cúbico. Na equação (6), observa-se a equação dessa estimativa:

$$Cp = Vpc * MUc \quad \text{Eq. (6)}$$

Onde:

$Cp$  = Consumo do agregado graúdo por metro cúbico do concreto ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$Vp$  = Volume compactado seco do agregado graúdo por  $\text{m}^3$  de concreto

$MUc$  = Massa unitária compactada do agregado graúdo por  $\text{m}$  de concreto ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

### 6.2.6 Apresentação do traço de concreto e determinação do abatimento

Após as etapas acima o traço de concreto é apresentado, sendo utilizado o traço em massa, conforme pode-se observar na Tabela (24). A determinação do abatimento (slump) consiste no abatimento desejado para o ensaio de tronco de cone, sendo que o escolhido foi o de classe S160 de abatimento de  $160 \leq a \leq 220$  mm, sendo fixado o slump de 190 mm. De acordo com NBR 16889:2020, esse abatimento fornece um concreto para elementos estruturais com lançamento bombeado do concreto.

**Tabela 24 - Traços em massa utilizados para fabricação dos corpos de prova**

Composições	Fck (MPa)	Consumo de cimento ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )	Fator a/c (l/Kg)	Traço em volume	Traço em massa
T1	18	256	0,90	1: 3 1/5 : 5	1: 4,03: 4,46
T2	25	329	0,70	1: 2 1/5 : 3	1: 2,90: 3,46
T3	40	460	0,50	1: 1 1/5 : 2	1: 1,79: 2,47

Fonte: Autora, 2022.

### 6.2.6 Ajustes na mistura experimental

O método ACI sugere que os ajustes experimentais sejam realizados no concreto de modo a possibilitar a verificação da trabalhabilidade do concreto, em casos em que a quantidade de água para o amassamento do concreto não seja suficiente podendo ser acrescentada água desde que mantida a relação de água/cimento.

### 6.3 Fabricação dos concretos

Para a fabricação dos concretos utilizados na pesquisa, foi definido o método de dosagem ACI (American Concrete Institute), realizada a caracterização dos materiais conforme as normas técnicas e posteriormente a fabricação dos concretos.

A fabricação do concreto ocorreu inicialmente com a secagem dos agregados miúdos e graúdos conforme Figuras (33), (34) e (35), para posteriormente estocado em tambores para a realização dos traços de concreto.

**Figura 33 - Secagem da areia VSI**



Fonte: Autora, 2022.

**Figura 34 - Secagem da brita 1**



Fonte: Autora, 2022.

**Figura 35 - Secagem dos agregados**

Fonte: Autora, 2022.

O material foi separado e pesado de acordo com cada a/c definido, sendo utilizado balanças da marca Solotest do laboratório da concreteira, sendo a primeira para pesos acima de 20 kilogramas e a segunda para pesos inferiores. Na Figura (36), observa-se os materiais para a curva pesados e na Figura (37), observa-se a pesagem da água e do aditivo dos traços de concreto fabricados.

**Figura 36 - Pesagem dos materiais**

Fonte: Autora, 2022.

**Figura 37 - Pesagem da água**

Fonte: Autora, 2022.

Para cada a/c foi reservado 1 litro da água do traço para realizar o ajuste do concreto até obter-se o abatimento estabelecido.

Na Figura (38), observa-se a pesagem dos aditivos incorporados ao concreto, onde na esquerda têm-se o aditivo retardador de pega e na direita o acelerador de pega.

**Figura 38 - Pesagem dos aditivos**



Fonte: Autora, 2022.

Posteriormente a separação e pesagem dos materiais, foi ligada a betoneira sendo adicionados os agregados graúdos (brita 1), miúdos (areia artificial VSI), cimento e a água sendo adicionada entre cada material, para em seguida após homogeneizado inserir o aditivo ao concreto, exceto no concreto referência. Após a mistura com 1 litro de água do traço retida foi realizada a dosagem do concreto de modo a observar a sua trabalhabilidade, para em seguida misturar na betoneira por 5 minutos.

Em seguida, foi realizado o primeiro ensaio de abatimento do concreto após os 5 minutos de mistura para verificar a sua trabalhabilidade, devendo o mesmo estar acima do slump esperado antes de ser devolvido a betoneira e misturado novamente por 15 minutos. Na Figura (39), observa-se o ensaio de abatimento do concreto.

**Figura 39 - Ensaio de abatimento do concreto**



Fonte: Autora, 2022.

Logo após o concreto ser misturado por 15 minutos é realizado outro ensaio de abatimento, sendo que este simula a condição do concreto durante o trajeto para uma obra. Nesse estágio do 2º slump o concreto obtendo abatimento de 19 cm o mesmo foi moldado, em caso contrário foi feito ajustes de água para o concreto chegar no slump fixado e posteriormente moldado nos corpos de prova. Na Figura (40), pode-se observar o concreto sendo misturado.

**Figura 40 - Concreto na betoneira**



Fonte: Autora, 2022.

Em seguida, o concreto é retirado da betoneira e colocado em um carrinho de mão onde é misturado com a concha para posteriormente realizar a moldagem dos corpos de prova e o ensaio de ar incorporado. Na Figura (41), é possível observar o concreto pronto para a moldagem.

**Figura 41 - Confeccção do concreto**



Fonte: Autora, 2022.

Durante a moldagem dos corpos de prova foi realizado o ensaio de determinação do teor de ar em concreto fresco como forma de controle de qualidade do concreto através da verificação de teores de vazios no concreto.

A ABNT NBR 16887:2020 – Determinação do teor de ar em concreto fresco – Método pressométrico, estabelece os procedimentos para a realização do ensaio. Na Figura (42), pode-se observar o ensaio de determinação do teor de ar no concreto, tendo do lado esquerdo o aparelho medidor do teor de ar e na direita a leitura do teor de ar.

**Figura 42 - Ensaio de determinação do teor de ar no concreto fresco**



Fonte: Autora, 2022.

Para a realização do ensaio de determinação do teor de ar no concreto foi feito o preenchimento da panela com o concreto fabricado em três camadas, sendo que a cada camada teve 12 golpeamentos com a haste.

Após o preenchimento, as bordas foram limpas e adensadas de modo a facilitar a fechar o equipamento e realizar o ensaio. Através dos orifícios existentes no recipiente é injetado água, de modo a expulsar o ar do concreto. Com a saída de ar, o manômetro detecta o teor de ar liberado e verifica o percentual de ar existente no concreto, sendo importante não ultrapassar o teor de 3%, pois esse teor já indica um concreto de baixa qualidade e com uma maior quantidade de vazios.

Finalizando o ensaio de determinação do ar no concreto e a moldagem dos corpos de prova é verificada a variação no volume final do concreto, sendo necessário obter um percentual de  $< \pm 2,5\%$  de perda do concreto fabricado. A medição é realizada através do uso de uma trena para encontrar a altura da sobra e realizar o cálculo do volume.

Na Figura (43), observar-se a realização da determinação da sobra e variação de perda do concreto.

**Figura 43 - Sobra do concreto**

Fonte: Autora, 2022.

#### **6.4 Ensaio de Abatimento do concreto (Slump Test)**

O método utilizado para verificar a trabalhabilidade do concreto foi o ensaio de abatimento de tronco de cone realizado de acordo com as especificações previstas na ABNT NBR 16889:2020. Para realização do ensaio a NBR exige: a concha, molde do tronco de cone (forma cônica e funil), haste de ferro para adensamento, chapa de base, régua e a trena.

O ensaio de slump test (abatimento de cone), foi executado da seguinte maneira: após misturar o concreto fabricado também com uma concha metálica, foi posicionado a chapa de base e o tronco de cone, sendo inserido uma primeira camada de concreto para posteriormente ser efetuado 25 golpes com a haste de ferro. Em seguida repetiu-se o processo com a segunda e terceira camada de concreto. Na terceira camada a norma recomenda que se ultrapasse a quantidade de concreto do limite do molde para que com a régua se retire o excesso. Logo após o completo adensamento do concreto levantou-se o molde lentamente, colocando-o ao lado do concreto para realizar a medição do abatimento do concreto. O ensaio foi realizado conforme Figura (38).

#### **6.5 Moldagem dos corpos de provas**

Os corpos de prova confeccionados foram moldados de acordo com as instruções na ABNT NBR 5738:2015 (Errata 1:2016) – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, que determina o procedimento de moldagem e cura de corpos de provas cilíndricos e prismáticos de concreto.

A moldagem dos corpos de prova ocorreram em moldes cilíndricos de

10x20 cm, utilizando-se de haste de ferro para adensamento, pincel e desmoldante para os recipientes.

Para a realização do ensaio de moldagem dos corpos de provas, em um primeiro momento foi realizada a limpeza e aplicação do desmoldante nos moldes, para assegurar que não houvesse acúmulo de concreto na fundo das formas de modo a dificultar o desmolde. A Tabela (25) apresenta o número de golpes para adensamento segundo a ABNT NBR 5738:2015 (Errata 1:2016).

**Tabela 25 - Número de camadas para adensamento corpos de prova**

Tipos de corpos de prova	Dimensão básica (mm)	Nº de camadas necessárias em função do tipo de adensamento		Nº de golpes para adensamento manual
		Mecânico	Manual	
<b>Cilíndrico</b>	100	1	2	12
	150	2	3	25
	200	2	4	50
	250	3	5	75
	300	3	6	100
	450	5	9	225
<b>Prismático</b>	150	1	2	75
	250	2	3	200
	450	3	---	---

Fonte: ABNT NBR 5738:2015 (Errata 1:2016).

Logo após, com o auxílio de uma concha foi inserida a quantidade de concreto no molde cilíndrico, de modo a assegurar uma distribuição simétrica do concreto no recipiente. Devido a fixação do abatimento de 19 cm, o concreto foi adensado com 12 golpes com a haste de ferro, tendo posteriormente a borda nivelada com uma trolha (colher de pedreiro).

Na Figura (44), observa-se o procedimento de moldagem dos corpos de prova de concreto.

**Figura 44 - Moldagem corpos de prova de concreto**



Fonte: Autora, 2022.

O procedimento de moldagem foi realizados para todos os traços de concretos referência e com aditivo acelerador e retardador de pega. Após a moldagem

os mesmos foram devidamente identificados e levados para um local coberto para evitar perda ou excesso de água, conforme a Figura (45) abaixo.

**Figura 45 - Corpos de prova de concreto moldados**



Fonte: Autora, 2022.

Finalizada a moldagem dos corpos de prova de concreto, os mesmos foram colocados em ambiente coberto e com superfície plana de modo a evitar qualquer tipo de vibração no concreto. A realização do desmolde dos corpos de prova de concreto ocorreram 24 horas após a moldagem, onde posteriormente foram devidamente identificados de acordo com o traço, composição e a idade de rompimento e colocados em uma câmara úmida de modo a se evitar a perda de água do concreto durante a cura.

Na Figura (46), observa-se os corpos de prova imersos na câmara úmida para cura.

**Figura 46 - Cura úmida por imersão dos concretos**



Fonte: Autora, 2022.

## 6.6 Ensaio de resistência à compressão

Os ensaios de resistência à compressão axial dos corpos de provas foram determinados pela norma da ABNT NBR 5739:2018 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Esta norma determina os aparelhos necessários para a realização do ensaio, o posicionamento correto dos corpos de prova e o intervalo de aplicação de cargas.

O rompimento dos corpos de prova de acordo com suas idades e tolerâncias, sendo que a idade do concreto se inicia a partir do momento em que o cimento é colocado em contato com a água.

Na Figura (47), observa-se o processo de retificação dos corpos de prova.

**Figura 47 - Retificação dos corpos de prova de concreto**



Fonte: Autora, 2022.

Para a realização da retificação, os corpos de prova de concreto foram retirados da cura úmida, posteriormente retificados em equipamento específico e levados para a realização do ensaio de compressão.

Para o ensaio foi utilizada uma prensa elétrica digital da Solocap, onde antes da realização do teste foi verificado se o equipamento se encontrava totalmente limpo e seco. Depois disso, os corpos de provas devidamente identificados foram posicionados de forma individual no centro do prato inferior da prensa de forma, ajustando o encaixe da prensa. Após o devido posicionamento, aplicou-se o carregamento durante o ensaio até o rompimento do corpo de prova. Os rompimentos dos corpos de provas nos ensaios à compressão ocorreram nas idades de 7, 14 e 28 dias.

Na Figura (48), pode-se observar o rompimento dos corpos de prova na prensa elétrica digital, modelo CI de 100/200 toneladas da Solocap.

**Figura 48 - Ensaio de resistência à compressão dos concretos**



Fonte: Autora, 2022.

Após a realização dos rompimentos foi coletado os resultados da resistência à compressão dos traços de concretos referência, com aditivos aceleradores e retardadores de pega.

O ensaio determinado pela ABNT NBR 16607:2018 - Cimento Portland – Determinação dos tempos de pega, que estabelece o método para a determinação do concreto com a utilização do aparelho Vicat não foi possível devido ao fato do laboratório não possuir esse equipamento para a realização do ensaio. Realizou-se apenas observação do comportamento da pega dos aditivos. Na próxima seção serão dispostos os resultados obtidos no ensaio.

## **7 RESULTADOS OBTIDOS**

A seguir são apresentados os resultados dos ensaios da análise de minerais e da resistência à compressão axial do concreto convencional, concreto com aditivo acelerador de pega da Aditibras (Rap-Bras 150) e o concreto com aditivo retardador de pega da Aditibras (Recon Bras C).

Os traços utilizados para esta pesquisa foram realizados de acordo com o método ACI (American Concrete Institute).

De forma a organizar e facilitar a compreensão, determinou-se as seguintes composições dos concretos: TSA (sem aditivo), TAA1 (com acelerador Aditibras com a dosagem mínima do Rap-Bras 150 – sendo 1L a cada 100kg de cimento), TAA6 (com acelerador da Aditibras com a dosagem máxima do Rap-Bras 150 – sendo 6L a cada 100kg de cimento), TAR1 (com aditivo retardador da Aditibras com a dosagem mínima do Recon-Bras 150 – sendo 100ml a cada 100kg de cimento) e o TAR7 (com retardador

da Aditibras com a dosagem máxima de aditivo retardador do Recon-Bras 150 – sendo 700ml a cada 100kg de cimento).

A definição da resistência característica do concreto à compressão ou Feature Compression Know (FCK) foi de 18, 25 e 40 MPa, definida na relação água/cimento (a/c) com a obtenção de um a/c inicial e a/c final. Sendo estabelecida para esta pesquisa de acordo com a curva de Abrams os seguintes a/c's : 0,50 (a/c rico em cimento), 0,70 (a/c médio em cimento) e 0,90 (a/c pobre em cimento).

Todos os resultados obtidos em kN (quilonewton) para o ensaio de compressão realizado aos 7, 14 e 28 dias foram convertidos em MPa (Mega Pascal).

## 7.1 Resultado da análise mineral

A partir da amostra de brita zero, a empresa Minas JR Consultoria Mineral realizou os ensaios de FRX e DRX.

### 7.1.1 Resultado da análise por Fluorescência de Raios-X (FRX)

O ensaio por Fluorescência de Raios-X (FRX) foi realizado com repetição para se obter uma maior confiabilidade dos resultados apresentados.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela (26), podemos observar a concentração dos minerais presentes na amostra da brita zero, onde através de uma média da duplicata dos ensaios foi estabelecido o teor dos minerais.

**Tabela 26 - Valores obtidos pela análise por FRX da amostra**

Óxidos	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MnO	LOI
<b>Unidade</b>	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
<b>1º</b>	74,7	14,4	1,57	0,91	<0,1	0,1	0,09	3,57	5,39	<0,01	0,55
<b>2º</b>	74,5	14,2	1,57	0,89	0,11	0,11	0,09	3,63	5,31	<0,01	-
<b>Média</b>	74,6	14,3	1,57	0,9	<0,105	0,105	0,09	3,6	5,35	<0,01	0,55

Fonte: MINAS JR, 2021.

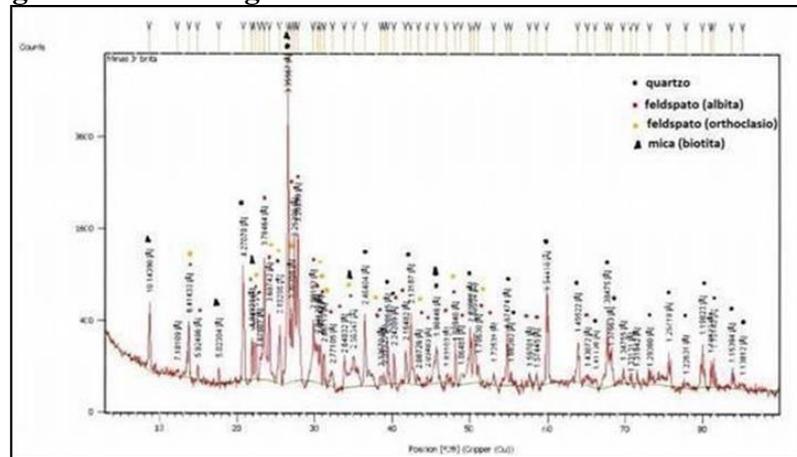
Através da quantificação dos minerais (FRX), foi possível obter os teores de cada óxido, para posteriormente evidenciar a biotita dos outros minerais dos grupos das micas nos ensaios de DRX.

Os óxidos encontrados foram: óxido de silício (SiO<sub>2</sub>) com 74,6% de concentração, óxido de alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) em 14,3%, óxido de ferro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) em 1,57%, óxido de cálcio (CaO) em 0,9%, óxido de magnésio (MgO) em teores menores que 0,105%, óxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) em 0,105%, óxido de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) em 0,09%, óxido de sódio (Na<sub>2</sub>O) em 3,6%, óxido de potássio (K<sub>2</sub>O) em 5,35%, óxido de manganês (MnO) em teores menores que 0,01% e óxido de (LOI) em 0,55%.

### 7.1.2 Resultado da análise por Difratomia de Raios-X (DRX)

O ensaio por Difratomia de Raios-X (DRX) obtido através da brita zero, possibilitou a identificação mineralógica, sendo possível detectar as seguintes fases cristalinas no material: quartzo, feldspato (albita), feldspato (orthoclásio) e mica (biotita). Na Figura (49), pode-se observar o difratograma de raios-x da amostra de brita de zero.

**Figura 49 - Difrátograma de Raios X da amostra de brita zero**



Fonte: MINAS JR, 2021.

Através do Difrátograma é possível identificar as principais fases do material, pois analisando uma amostra é possível encontrar diferentes elementos em sua composição. Esse difratograma consiste na superposição dos padrões de difração das diversas fases cristalinas da amostra. A variação do gráfico da figura ocorre entre a intensidade (u.a) e o  $\Delta\theta$  (sec).

Diante da identificação das fases cristalinas do material pela difração, é possível obter a quantificação das fases, conforme pode-se observar na Tabela (27) abaixo.

<b>Tabela 27 - Semiquantificação de fases presentes pelo Método Rietveld</b>		
<b>FASE CRISTALINA</b>	<b>QUANTIDADE QUALITATIVA</b>	<b>FASE CRISTALINA EM %</b>
<b>Quartzo</b>	abundante	35,3%
<b>Feldspato (albita)</b>	abundante	32,0%
<b>Feldspato (orthoclásio)</b>	mediana	22,7%
<b>Biotita</b>	baixa	10,0%

Fonte: MINAS JR, 2021.

Com relação a utilização do Método Rietveld, foi possível quantificar o

teor de cada fase cristalina do material, sendo: quartzo encontrado de forma abundante em teores de 35,3%, Feldspato (albita) em teores de 32%, Feldspato (orthoclasio) em teores medianos de 22,7% e a biotita em 10%. A partir dessa quantificação podemos estabelecer a relação desses minerais com o concreto de modo a verificar sua influência.

## 7.2 Resultados do ensaio de compressão dos concretos

Após a realização do estudo de dosagem do concreto para esta pesquisa foi estabelecido uma relação de água/cimento (a/c) e fck de 18, 25 e 40 MPa para a produção de corpos de prova de concreto sem a presença de aditivos (referência) e com a presença de aditivo acelerador e retardador de pega. Determinou-se os a/c's: 0,50 (concreto rico em cimento), 0,70 (concreto médio em cimento), 0,90 (concreto pobre em cimento).

Para a verificação da resistência dos concretos foi realizado a moldagem dos corpos de prova de modo padronizados de acordo com as normas brasileiras dos ensaios realizados.

Foram produzidos 135 corpos de prova de concreto, com cimento CP III 40 RS Intercement. Para cada tipo de concreto foi confeccionado 27 corpos de prova, tendo três amostras para cada idade de rompimento do concreto referência, o concreto com aditivo retardador de pega (em dosagem mínima e máxima) e o concreto com aditivo acelerador de pega (em dosagem mínima e máxima). O rompimento dos corpos de prova de concreto ocorreu nas idades de cura de 7 dias, 14 dias e 28 dias. Na Figura (50) observa-se os corpos de prova fabricados.

**Figura 50 - Corpos de prova**



Fonte: Autora, 2022.

Os corpos de prova foram identificados de acordo com a composição do

concreto e com a relação água/cimento (a/c) do traço. Na Tabela (28), pode-se observar a nomenclatura dos traços de concreto da pesquisa, de modo a facilitar a compreensão dos resultados obtidos.

**Tabela 28 - Nomenclatura dos concretos**

<b>COMPOSIÇÃO DO CONCRETO</b>	<b>A/C 0,90 (T1)</b>	<b>A/C 0,70 (T2)</b>	<b>A/C 0,50 (T3)</b>
Concreto referência	T1SA	T2SA	T3SA
Concreto com aditivo acelerador da Aditibras – 1L a cada 100kg de cimento	T1AA1	T2AA1	T3AA1
Concreto com aditivo acelerador da Aditibras – 6L a cada 100kg de cimento	T1AA6	T2AA6	T3AA6
Concreto com aditivo retardador da Aditibras – 100ml a cada 100kg de cimento	T1AR1	T2AR1	T3AR1
Concreto com aditivo retardador da Aditibras – 700ml a cada 100kg de cimento	T1AR7	T2AR7	T3AR7

Fonte: Autora, 2022.

Através da Tabela (28), a identificação das composições do concreto estabelecendo de acordo com os fck's 18, 25 e 40 MPa e a relação água/cimento (a/c) estabelecida, sendo: T1 (A/C 0,90), T2 (A/C 0,70) e T3 (A/C 0,50).

### 7.3 Resistência à compressão dos concretos produzidos (Referência)

A seguir serão expostos os resultados dos ensaios de abatimento e de resistência à compressão axial no concreto convencional sem a presença de aditivos.

#### 7.3.1 Ensaio de abatimento (slump test)

De acordo com o ensaio de abatimento do concreto realizado obteve-se os dados presentes na Tabela (29), na qual são apresentados os resultados do slump test realizados antes da moldagem dos corpos de prova do concreto referência.

**Tabela 29 - Resultado do ensaio de abatimento do concreto referência**

<b>Composição</b>	<b>Abatimento (mm)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>Ar incorporado (%)</b>
T1SA	195	24	57%	0,80%
T2SA	195	26	48%	0,7%
T3SA	190	22	65%	0,975%

Fonte: Autora, 2022.

### 7.3.2 Resistência à compressão axial do concreto referência

Com a realização do ensaio de resistência à compressão axial no concreto referência foi obtido os resultados apresentados nas Tabelas (30) e (31), sendo expostas as resistências do concreto referência nas idades de rompimento de 7, 14 e 28 dias, assim como a relação existente entre as resistências na idade do ensaio e a resistência aos 28 dias como um comparativo. A Tabela apresenta a idade de rompimento, a composição e nomenclatura do traço, a relação água/cimento correspondente, valor em KN das três amostras de cada concreto, diâmetro, altura e área dos corpos de prova, o  $F_{cm}$  (resistência média das amostras),  $F_{ck}$  (resistência característica à compressão do concreto).

**Tabela 30 - Resistências do concreto referência**

Idade	Composição	A/C	Amostra I (KN)	Amostra II (KN)	Amostra III (KN)	Ø (cm)	h (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	> $F_{cm}$ (MPa)	$F_{ck}$ (MPa)
7 dias	T1SA	0,90	114,97	103,39	107,48	10,0	20,0	78,54	14,64	8,04
	T2SA	0,70	149,26	144,76	149,0				19,0	12,4
	T3SA	0,50	242,24	223,86	236,17				30,84	24,24
14 dias	T1SA	0,90	165,69	163,68	162,71	10,0	20,0	78,54	21,10	14,5
	T2SA	0,70	215,15	193,41	226,43				28,83	22,23
	T3SA	0,50	313,04	316,55	320,21				40,77	34,17
28 dias	T1SA	0,90	168,56	177,41	169,91	10,0	20,0	78,54	22,59	15,99
	T2SA	0,70	257,89	256,21	251,63				32,84	26,24
	T3SA	0,50	348,31	344,05	341,70				44,35	37,75

Fonte: Autora, 2022.

**Tabela 31 - Resistência à compressão axial concreto referência**

Composição	Resistência (MPa)			Relação entre as resistências (%)		
	$F_{c7}$	$F_{c14}$	$F_{c28}$	$F_{c7}/F_{c28}$	$F_{c14}/F_{c28}$	$F_{c28}/F_{c28}$
-						
T1SA	14,64	21,10	22,59	69,38%	92,25%	100%
T2SA	19,0	28,83	32,84	65,90 %	87,78%	100%
T3SA	30,84	40,77	44,35	75,64%	91,92%	100%

Fonte: Autora, 2022.

Os resultados obtidos através do ensaio de resistência à compressão axial no concreto referência demonstrou que a composição T1SA (a/c 0,90) apresentou resistência à compressão de 22,59 MPa aos 28 dias. A composição T2SA (a/c 0,70) obteve resistência de 32,84 MPa apresentando um aumento de 87,78% na sua resistência de 14 e 28 dias e a composição T3SA (a/c 0,50) apresentou desempenho de 44,35 MPa, atingindo um crescimento de 91,92% na resistência entre os 14 a 28 dias.

O controle tecnológico do concreto realizado por meio dos ensaios laboratoriais confirma que o concreto atingiu o  $f_{ck}$  definido em projeto.

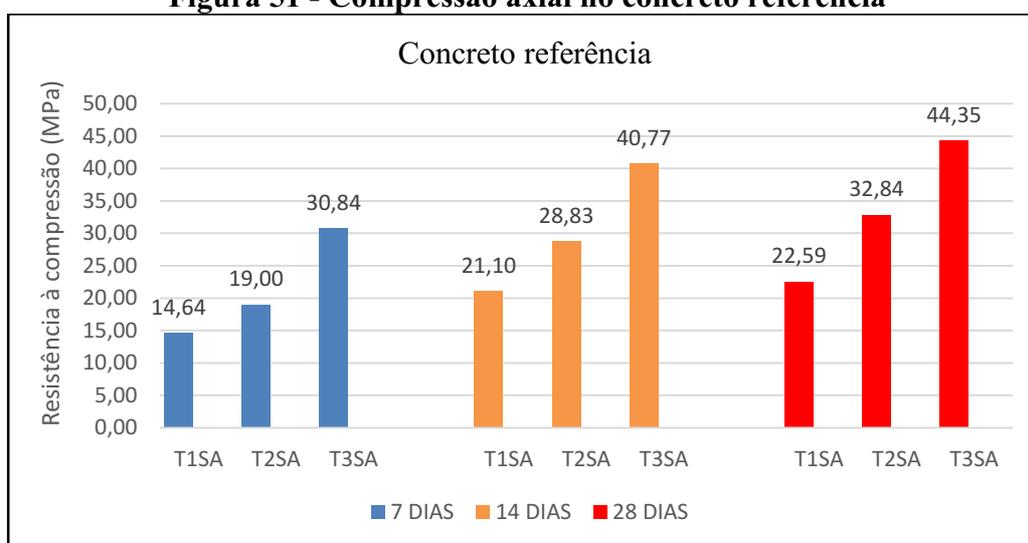
De acordo com Oliveira *et. al.*, (2018), os concretos com areia média e de

rio da região de Teófilo Otoni apresenta valores de resistências médias mais próximos a realidade dos agregados da região.

A abundância de quartzo nos agregados da região de Teófilo Otoni pode ter contribuído com o desempenho satisfatório do concreto referência aos 28 dias. Segundo Frasca e Sartori (1998), a presença de quartzo possibilita um aumento na resistência mecânica nas rochas.

Através dos dados apresentados na Tabela (30), foi possível estabelecer o gráfico de resistência à compressão axial do concreto convencional em função da idade, conforme a Figura (51) abaixo.

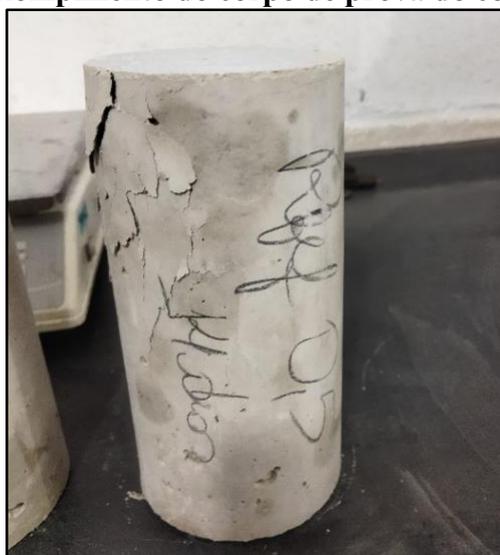
**Figura 51 - Compressão axial no concreto referência**



Fonte: Autora, 2022.

A Figura (52), apresenta o rompimento do corpo de prova de concreto referência (sem a presença de aditivo).

**Figura 52 - Rompimento do corpo de prova do concreto referência**



Fonte: Autora, 2022.

## 7.4 Resistência à compressão dos concretos produzidos com aditivo retardador de pega

A seguir serão expostos os resultados dos ensaios de abatimento e de resistência à compressão axial nos concretos com aditivo retardador de pega da Aditibras (Recon Bras C).

### 7.4.1 Ensaio de abatimento (*Slump Test*)

O ensaio de perda de abatimento do concreto realizado anteriormente à moldagem dos corpos de provas nos concretos com a presença do aditivo retardador de pega (Recon Bras C) da marca Aditibras na dosagem mínima – TAR1 (100 mL a cada 100 kg de ligante) e na dosagem máxima – TAR7 (700 mL a cada 100 kg de ligante), ambas dosagens recomendadas pelo fabricante, apresentaram os resultados conforme exposto na Tabela (32) abaixo.

**Tabela 32 - Resultado do ensaio de abatimento do concreto com aditivo retardador**

<i>Composições</i>	<i>Abatimento (mm)</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Umidade (%)</i>	<i>Ar incorporado (%)</i>
T1AR1	187	22	59%	0,90%
T2AR1	190	19	69%	1,10%
T3AR1	190	22	57%	0,90%
T1AR7	190	23	65%	0,80%
T2AR7	195	25	55%	0,85%
T3AR7	190	21	73%	0,90%

Fonte: Autora, 2022.

### 7.4.2 Resistência à compressão axial do concreto com aditivo retardador

Os ensaios de resistência à compressão axial no concreto com aditivo retardador de pega da Aditibras na dosagem mínima (TAR1) e máxima (TAR7) conforme apresentado nas Tabelas (33) e (34), de acordo com as idades de rompimento de 7, 14 e 28 dias sendo feita a relação de cada idade de rompimento com a idade ideal de cura de 28 dias.

A Tabela (33), apresenta os resultados da resistência do concreto com aditivo retardador em sua dosagem mínima, o  $F_{cm}$  (resistência média das amostras de concreto),  $F_{ck}$  (resistência característica à compressão) e a relação água/cimento das composições dos concretos.

**Tabela 33 - Resistências do concreto com aditivo retardador (dosagem mínima)**

Idade	Composição	A/C	Amostra I (KN)	Amostra II (KN)	Amostra III (KN)	Ø (cm)	h (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	> F <sub>cm</sub> (MPa)	F <sub>ck</sub> (MPa)
7 dias	T1AR1	0,90	139,23	135,12	138,71	10,0	20,0	78,54	17,73	10,73
	T2AR1	0,70	183,32	179,40	182,47				23,34	17,04
	T3AR1	0,50	265,81	262,77	259,83				33,84	26,94
14 dias	T1AR1	0,90	194,70	192,67	189,01	10,0	20,0	78,54	24,79	18,19
	T2AR1	0,70	252,68	248,99	248,57				32,17	25,57
	T3AR1	0,50	338,19	329,10	334,09				43,06	36,43
28 dias	T1AR1	0,90	243,25	239,90	241,22	10,0	20,0	78,54	30,97	24,67
	T2AR1	0,70	304,26	301,30	299,64				38,74	32,14
	T3AR1	0,50	389,65	385,72	381,89				49,61	43,01

Fonte: Autora, 2022.

Na Tabela (34) abaixo, pode-se observar as resistências do concreto com aditivo retardador em sua dosagem máxima.

**Tabela 34 - Resistências do concreto com aditivo retardador (dosagem máxima)**

Idade	Composição	A/C	Amostra I (KN)	Amostra II (KN)	Amostra III (KN)	Ø (cm)	h (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	> F <sub>cm</sub> (MPa)	F <sub>ck</sub> (MPa)
7 dias	T1AR7	0,90	142,41	139,32	141,50	10,0	20,0	78,54	18,13	11,53
	T2AR7	0,70	191,68	189,02	188,87				24,41	18,11
	T3AR7	0,50	267,51	265,01	253,62				34,06	27,46
14 dias	T1AR7	0,90	198,57	192,70	195,06	10,0	20,0	78,54	25,28	18,68
	T2AR7	0,70	308,77	305,94	280,26				39,31	32,71
	T3AR7	0,50	345,94	339,60	332,72				44,05	37,45
28 dias	T1AR7	0,90	256,90	244,65	253,27	10,0	20,0	78,54	32,71	26,11
	T2AR7	0,70	347,31	331,50	344,87				44,22	37,62
	T3AR7	0,50	402,71	389,27	395,22				51,27	44,67

Fonte: Autora, 2022.

Os dados apresentados na Tabela (35) demonstram a resistência dos traços de concretos com o aditivo retardador de pega da Aditibras (Recon Bras C).

**Tabela 35 – Resultados do ensaio de resistência à compressão axial**

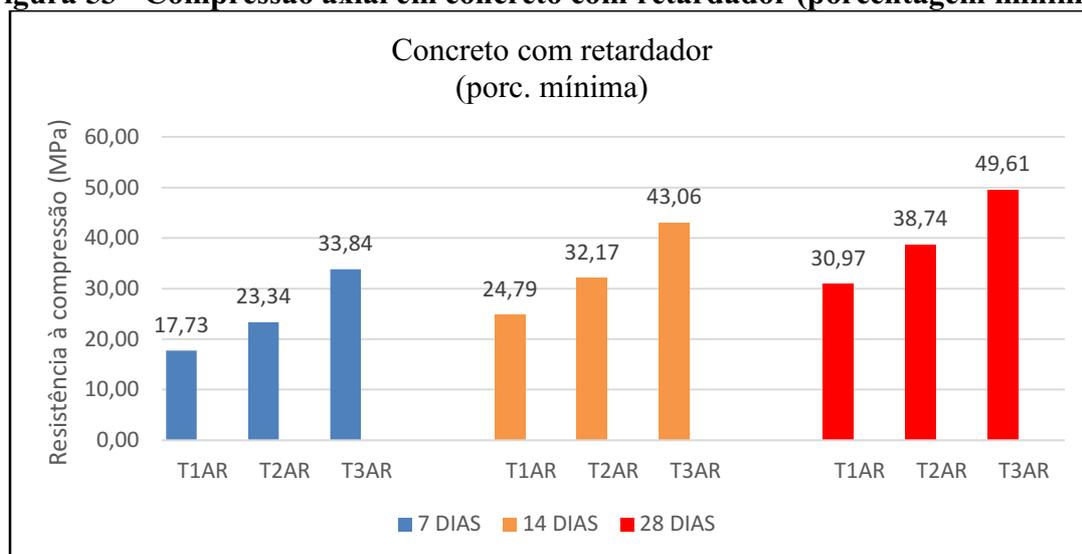
Composições	Resistência (MPa)			Relação entre as resistências (%)		
	FC7	FC14	FC28	FC7/FC28	FC14/FC28	FC28/FC28
T1AR1	17,73	24,79	30,97	71,52%	80,04%	100%
T2AR1	23,34	32,17	38,74	72,55%	83,04%	100%
T3AR1	33,84	43,06	49,61	78,58%	86,79%	100%
T1AR7	18,13	25,28	32,71	71,71%	77,28%	100%
T2AR7	24,41	39,31	44,22	62,09%	88,89%	100%
T3AR7	34,06	44,05	51,27	77,32%	85,91%	100%

Fonte: Autora, 2022.

As composições com a dosagem mínima do aditivo retardador de pega como o T1AR1 (a/c 0,90) apresentaram resistência de 30,97 MPa aos 28 dias, alcançando um aumento de 80,04% quando comparado os rompimentos entre 14 e 28 dias.

A composição do T2AR1 (a/c 0,70) obteve resistência de 38,74 MPa obtendo um aumento de resistência de 83,04% na relação  $f_{c14/28}$  dias e a composição T3AR1 (a/c 0,50) teve desempenho à compressão axial de 49,61 MPa aos 28 dias, com um desempenho 86,79% na relação  $f_c$  14/28 dias. Na Figura (53) abaixo podemos observar o desempenho dos concretos com aditivo acelerador da Aditibras.

**Figura 53 - Compressão axial em concreto com retardador (porcentagem mínima)**



Fonte: Autora, 2022.

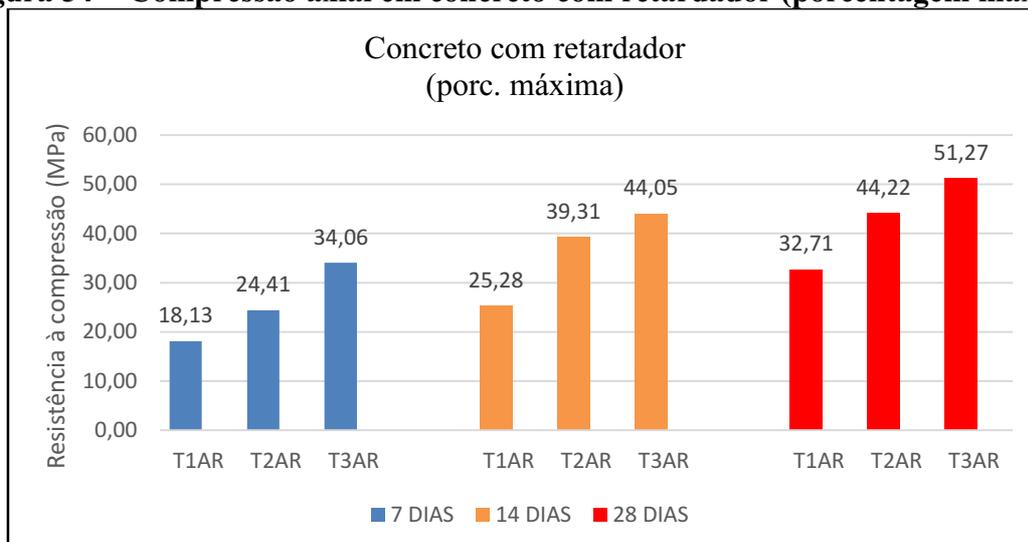
Os concretos com aditivo retardador em sua dosagem mínima e máxima atendeu os requisitos estabelecidos pela ABNT 11768-1:2019, prevê que o IM (Índice de multiplicação) aos 28 dias o retardador é  $> 1,05$ , sendo que no estudo o IM apresentou-se superior a esse requisito em todas as composições.

A composição com porcentagem máxima do aditivo retardador da Aditibras apresentaram as seguintes resistências: T1AR7 (a/c 0,90) apresentando resistência característica de 32,71 MPa, obtendo um aumento de 77,28% na relação  $f_{c14/28}$  dias.

A composição do T2AR7 (a/c 0,70) obteve resistência de 44,22 MPa que apresentou e a composição do T3AR7 (a/c 0,50) atingiu resistência de 51,27 MPa tendo desempenho 85,91% na relação  $f_{c14/28}$  dias.

Na Figura (54), pode-se observar que o traço de concreto com aditivo retardador de pega da Aditibras (Recon Bras C) que apresentou o melhor desempenho aos 7 dias foi a composição T3AR7 que atingiu 34,06 MPa. Aos 14 e 28 dias o T3AR7 também obteve o melhor desempenho alcançando 44,05 MPa e 51,27 MPa respectivamente.

A Figura (54), apresenta a resistência à compressão axial dos concretos com aditivo retardador (dosagem máxima).

**Figura 54 - Compressão axial em concreto com retardador (porcentagem máxima)**

Fonte: Autora, 2022.

A Figura (55), apresenta o rompimento do corpo de prova do concreto com retardador de pega.

**Figura 55 - Rompimento do corpo de prova do concreto com retardador**

Fonte: Autora, 2022.

## 7.5 Resistência à compressão dos concretos produzidos com aditivo acelerador

A seguir serão expostos os resultados dos ensaios de abatimento e de resistência à compressão axial nos concretos com aditivo acelerador de pega da Aditibras (Rap – Bras 150).

### 7.5.1 Ensaio de abatimento (Slump Test)

O resultado do ensaio abatimento do concreto (slump test) no concreto com a presença do aditivo acelerador de pega (Rap-Bras 150) da marca Aditibras na

dosagem mínima – TAA1 (1L a cada 100 kg de ligante) e na dosagem máxima – TAA6 (6L a cada 100 kg de ligante), ambas dosagens recomendadas pelo fabricante, apresentaram os resultados conforme exposto na Tabela (36) abaixo.

**Tabela 36 - Resultado do ensaio de abatimento do concreto com aditivo acelerador**

<i>Composições</i>	<i>Abatimento (mm)</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>Umidade (%)</i>	<i>Ar incorporado (%)</i>
T1AA1	195	24	62%	1,10%
T2AA1	195	26	51%	0,60%
T3AA1	190	22	77%	1,25%
T1AA7	195	21	77%	1,8%
T2AA7	195	21	80%	1,7%
T3AA7	195	26	49%	2,1%

Fonte: Autora, 2022.

### 7.5.2 Resistência à compressão axial dos concretos com aditivo acelerador

Mediante o ensaio de resistência à compressão axial realizado com os concretos com aditivos aceleradores de pega da Aditibras (Rap-Bras 150), em dosagem mínima (1L a cada 100kg de ligante) e em dosagem máxima de (6 L a cada 100kg de ligante) foram expostos na Tabela (37). Os resultados das resistências dos concretos foram expostos de acordo com as idades de rompimento de 7, 14 e 28 dias, sendo apresentado as composições, relação água/cimento, valor em KN das amostras, o Fcm (resistência média das amostras de concreto), Fck (resistência característica à compressão) e a relação água/cimento das composições dos concretos.

**Tabela 37 - Resistências do concreto com aditivo acelerador (dosagem mínima)**

<b>Idade</b>	<b>Composições</b>	<b>A/C</b>	<b>Amostra I (KN)</b>	<b>Amostra II (KN)</b>	<b>Amostra III (KN)</b>	<b>Ø (cm)</b>	<b>h (cm)</b>	<b>A (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>&gt; Fcm (MPa)</b>	<b>Fck (MPa)</b>
7 dias	T1AA1	0,90	138,6	146,79	162,89	10,0	20,0	78,54	20,74	14,44
	T2AA1	0,70	181,93	182,45	183,41				23,35	16,75
	T3AA1	0,50	278,89	291,43	300,14				38,21	31,61
14 dias	T1AA1	0,90	182,96	179,08	183,31	10,0	20,0	78,54	23,34	16,74
	T2AA1	0,70	207,54	268,54	269,67				34,34	28,04
	T3AA1	0,50	331,65	330,76	328,86				42,23	35,63
28 dias	T1AA1	0,90	207,67	218,29	216,58	10,0	20,0	78,54	27,79	21,49
	T2AA1	0,70	264,82	282,40	248,29				35,96	29,36
	T3AA1	0,50	360,39	349,24	333,09				45,89	39,29

Fonte: Autora, 2022.

Na Tabela (38) abaixo, pode-se observar as resistências do concreto com aditivo retardador em sua dosagem máxima.

**Tabela 38 - Resistências do concreto com aditivo acelerador (dosagem máxima)**

Idade	Composições	A/C	Amostra I (KN)	Amostra II (KN)	Amostra III (KN)	Ø (cm)	h (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	> F <sub>cm</sub> (MPa)	F <sub>ck</sub> (MPa)
7 dias	T1AA7	0,90	179,93	181,42	187,12	10,0	20,0	78,54	23,82	17,22
	T2AA7	0,70	201,69	223,72	238,04				30,31	23,71
	T3AA7	0,50	303,16	336,48	317,36				42,84	36,54
14 dias	T1AA7	0,90	189,17	187,82	186,26	10,0	20,0	78,54	24,09	17,49
	T2AA7	0,70	268,05	284,50	273,92				36,22	29,62
	T3AA7	0,50	317,43	328,13	353,49				45,01	38,41
28 dias	T1AA7	0,90	203,16	228,86	240,41	10,0	20,0	78,54	30,61	24,01
	T2AA7	0,70	282,52	264,57	294,95				37,55	30,95
	T3AA7	0,50	338,56	360,48	376,06				47,88	41,28

Fonte: Autora, 2022.

Os dados apresentados na Tabela (39) demonstram a resistência dos traços de concretos com o aditivo retardador de pega da Aditibras (Recon Bras C).

**Tabela 39 - Resultados do ensaio de resistência à compressão axial**

Composições	Resistência (MPa)			Relação entre as resistências (%)		
	F <sub>c7</sub>	F <sub>c14</sub>	F <sub>c28</sub>	F <sub>c7</sub> /F <sub>c28</sub>	F <sub>c14</sub> /F <sub>c28</sub>	F <sub>c28</sub> /F <sub>c28</sub>
-						
T1AA1	20,74	23,35	38,21	88,82%	61,10%	100%
T2AA1	23,34	34,34	42,23	67,96%	81,31%	100%
T3AA1	27,79	35,96	45,89	77,28%	78,36%	100%
T1AA6	23,82	30,31	42,84	78,58%	70,75%	100%
T2AA6	24,09	36,22	45,01	66,51%	66,15%	100%
T3AA6	30,61	37,55	47,88	54,51%	78,42%	100%

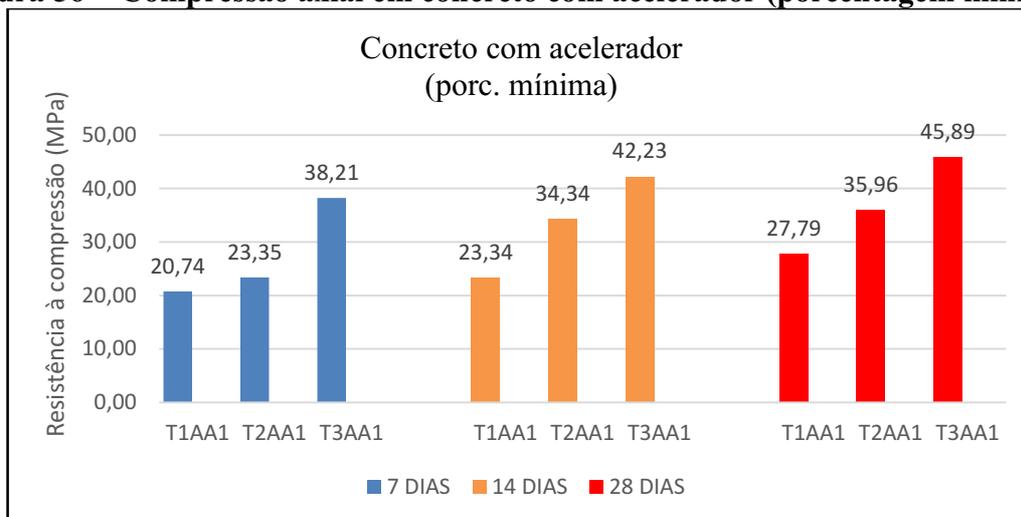
Fonte: Autora, 2022.

Os resultados da Tabela (38) apresentam as resistências à compressão axial do concreto com aditivo acelerador de pega em dosagem mínima (1L a cada 100kg de ligante) e em dosagem máxima (6 L a cada 100kg de ligante). As composições com dosagem mínima do Rap-Bras 150: o T1AA1 (a/c 0,90) apresentou resistência de 38,21 MPa aos 28 dias. O T2AA1 (a/c 0,70) obteve resistência de 42,23 MPa e o T3AA1 (a/c 0,50) resistência à compressão de 45,89 MPa.

Os concretos com aditivo acelerador de pega na dosagem mínima das composições T1AA1, T2AA1 e T3AA1 obteve 88,82%, 67,96% e 77,28%, respectivamente, na relação das resistências de 7 e 28 dias. Em sua dosagem máxima obteve 78,58%, 66,51% e 54,51% para T1AA6, T2AA6 e T3AA6.

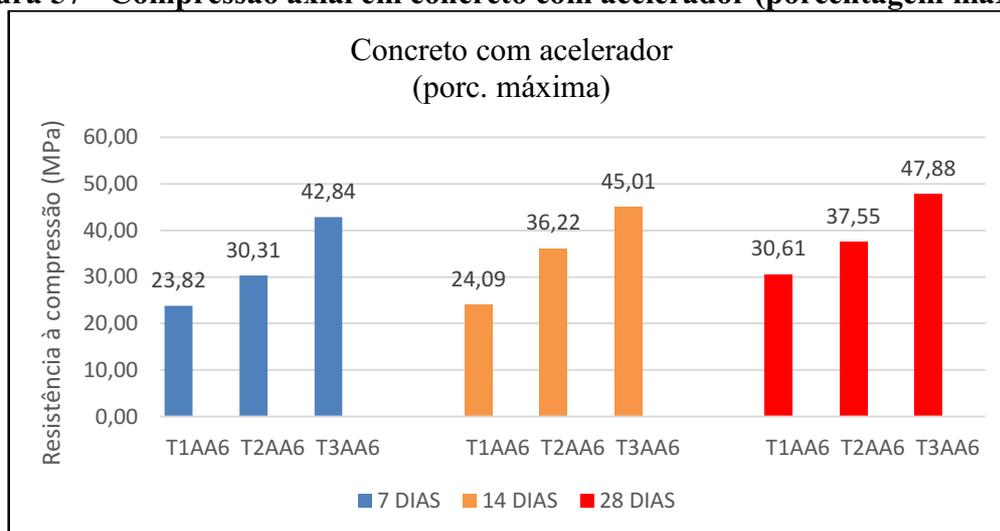
Na Figura (56) pode-se observar o desempenho do concreto com aditivo acelerador da Aditibras na dosagem mínima.

Com relação as composições de concreto com aditivo acelerador da Aditibras (Rap - Bras 150) em dosagem máxima (6 L a cada 100 kg de ligante), o T1AA6 (a/c 0,90) atingiu resistência à compressão de 38,21 MPa aos 28 dias.

**Figura 56 - Compressão axial em concreto com acelerador (porcentagem mínima)**

Fonte: Autora, 2022.

A composição T2AA6 (traço de 25 MPa) alcançou a resistência de 42,23 MPa aos 28 dias obtendo um desempenho superior em cerca de 60% ao fck esperado e a composição T3AA6 (traço de 40 MPa) que aos 28 dias atingiu uma resistência de 45,89 MPa. Na Figura (57), podemos observar o desempenho dos concretos com aditivos aceleradores da Aditibras na dosagem máxima.

**Figura 57 - Compressão axial em concreto com acelerador (porcentagem máxima)**

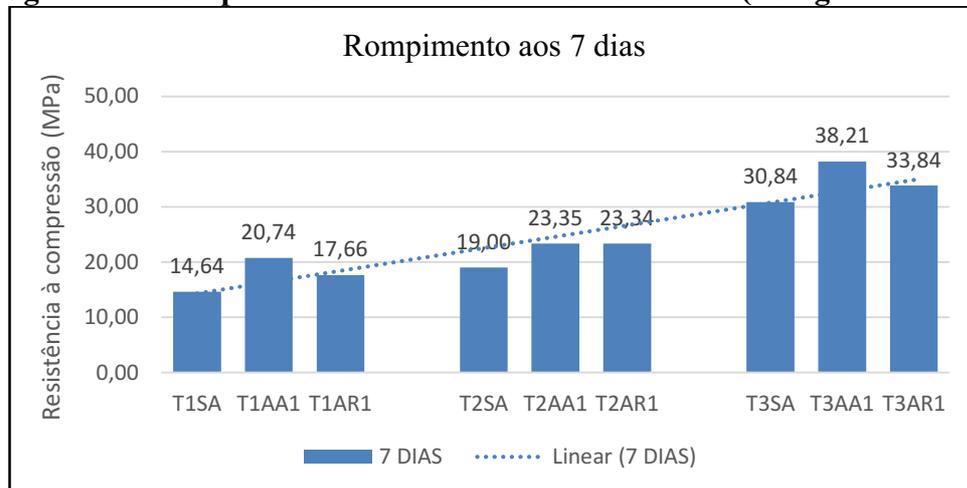
Fonte: Autora, 2022.

A partir dos resultados obtidos foi possível observar o desempenho do concreto referência, concreto com aditivo acelerador e retardador (dosagem mínima) nas idades de 7, 14 e 28 dias.

Os concretos com aditivo acelerador de pega se manteve dentro dos requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 11768-1:2019, que prevê IM (Índice de multiplicação) aos 28 dias  $\geq 0,90$ , pois todas as composições apresentaram IM acima do valor estabelecido.

Nas Figuras (58) e (59), observa-se o desempenho dos concretos aos 7 dias.

**Figura 58 - Compressão axial dos concretos aos 7 dias (dosagem mínima)**

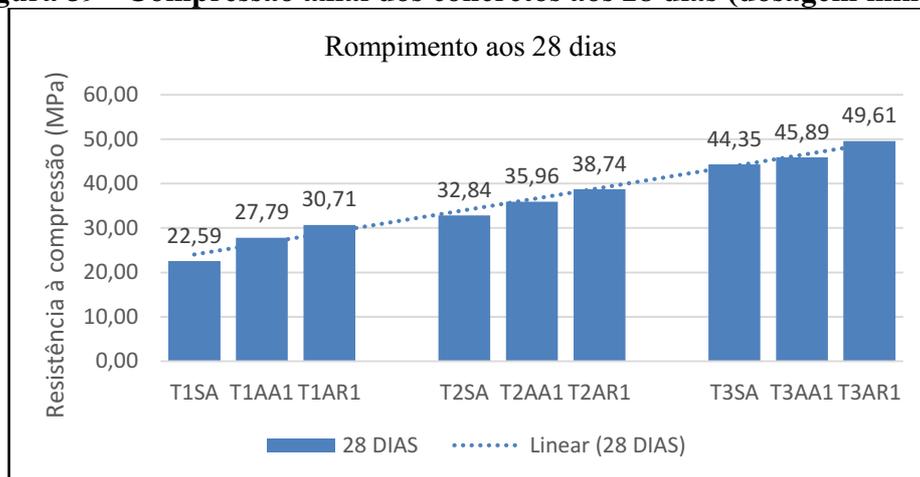


Fonte: Autora, 2022.

A Figura (58) apresenta o desempenho do concreto referência, aditivo acelerador e retardador em sua dosagem mínima aos 7 dias. Observa-se que os traços de concreto com aditivo acelerador obtiveram um melhor desempenho em relação aos demais. Mehta (1994), afirma que os aditivos aceleradores proporcionam ao concreto um ganho de resistência nas idades iniciais de 50 a 70%, podendo manter um crescimento constante ao longo da cura.

Na Figura (59), observa-se o comportamento dos traços de concreto aos 28 dias.

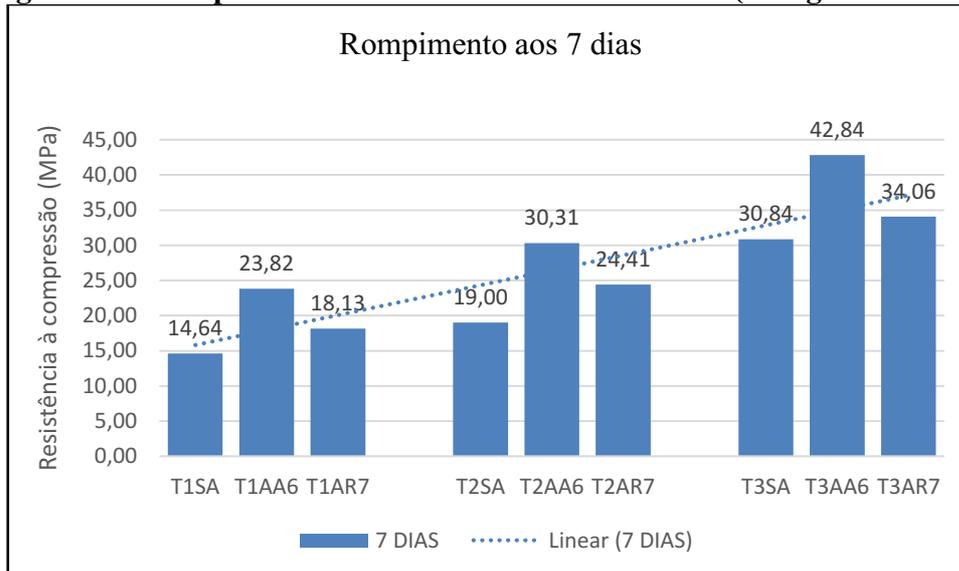
**Figura 59 - Compressão axial dos concretos aos 28 dias (dosagem mínima)**



Fonte: Autora, 2022.

Conforme Figura (59), as composições de concreto com aditivo retardador de pega em sua dosagem mínima obtiveram um desempenho superior ao concreto referência de cerca 18,72% para o Traço 1, de 8,68% no Traço 2 e 3,47%.

Na Figura (60), observa-se os resultados do concreto referência e dos concretos com aditivos em sua dosagem máxima.

**Figura 60 - Compressão axial dos concretos aos 7 dias (dosagem máxima)**

Fonte: Autora, 2022.

Os concretos com a dosagem máxima dos aditivos quando comparados com o concreto referência aos 7 dias alcançaram resultados superiores, sendo que o concreto com aditivo acelerador apresentou um melhor desempenho em todos os traços, tendo um aumento de resistência de 38,54% na composição T1AA6 que atingiu 23,82 MPa, 37,52% no T2AA6 que alcançou 30,31 MPa e 28,01% no traço T3AA6.

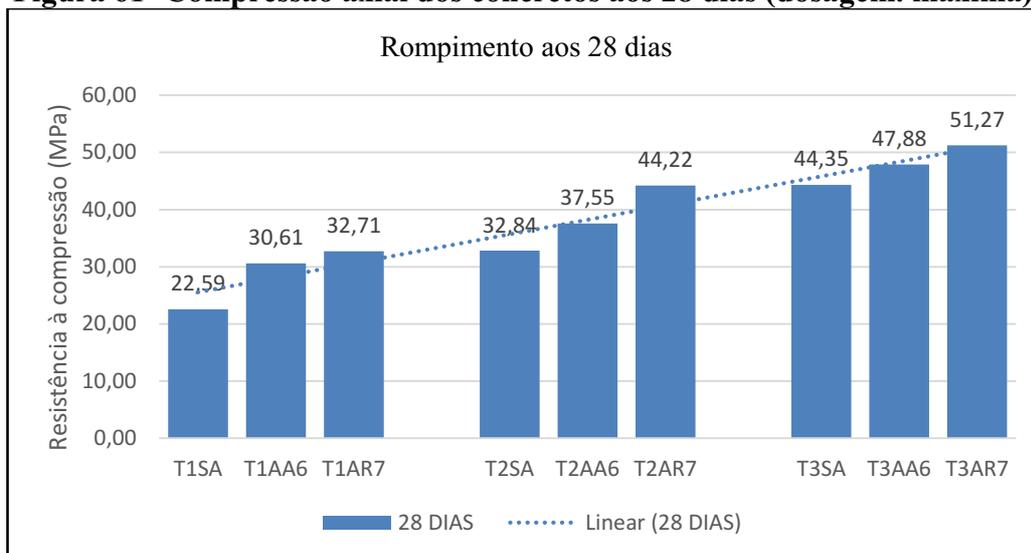
O aumento de resistência ocorrido com a presença do aditivo acelerador ocorre devido a influência da rápida hidratação do cimento que proporciona resistências maiores nas idades iniciais do concreto, sendo muito empregado para proporcionar uma rápida liberação de formas e ideal para pré-moldados.

No entanto como o aditivo retardador por possuir uma função oposta ao acelerador, obteve um desempenho superior ao concreto referência devido a melhor hidratação que proporciona ao concreto, mas apresentou inferiores ao do acelerador em idades iniciais.

Na Figura (61), observa-se o desempenho do concreto referência e dos concretos com aditivo acelerador e retardador de pega, na dosagem máxima recomendada pelo fabricante aos 28 dias.

Através da Figura (61), observa-se o desempenho dos concretos rompidos aos 28 dias, sendo que a composição T3AR7 obteve o maior desempenho alcançando 51,27 MPa de resistência. Quando comparado ao referência houve um aumento de 15,60% quando comparado ao concreto referência.

Na composição 1 houve um ganho de resistência de 8,02 MPa com o aditivo acelerador e de 10,12 MPa com o aditivo retardador. A composição 2 obteve 4,71 MPa de aumento com o acelerador e 11,38 MPa com o retardador e na composição 3 elevou a resistência em 3,53 MPa (acelerador) e 6,92 MPa (retardador).

**Figura 61- Compressão axial dos concretos aos 28 dias (dosagem. máxima)**

Fonte: Autora, 2022.

A incorporação do aditivo retardador de pega, possibilitou uma redução na quantidade de água do traço e uma melhor hidratação do cimento que por ocorrer de forma mais lenta contribui para que ocorra um melhor ajuste das partículas do concreto e consequentemente um aumento em sua resistência.

A partir dos dados da Figura (61) observa-se que os maiores ganhos de resistência dos concretos com aditivos ocorreram nos traços com menores teores de cimento, o que pode ser explicado pela presença da areia VSI que contém alto teor de pó de quartzo que preenche um maior número de vazios do concreto juntamente com o aditivo retardador que proporciona a redução de água e menores teores de ar incorporado.

## 8 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir dos resultados obtidos dos traços de concreto referência, dos concretos com aditivo acelerador de pega da Aditibras (dosagem mínima e máxima) e aditivo retardador de pega (dosagem mínima e máxima), analisou-se o comportamento dos concretos quanto a resistência à compressão de acordo com as idades de rompimento de 7, 14 e 28 dias.

### 8.1 Abatimento do concreto

O método de dosagem ACI permitiu fixar um slump determinado para o ensaio de abatimento dos concretos confeccionados. O slump definido foi o da classe S160, com abatimento de  $160 \leq 220$  mm, que tem aplicação em elementos estruturais com o lançamento bombeado do concreto de acordo com a ABNT NBR 8953:2015.

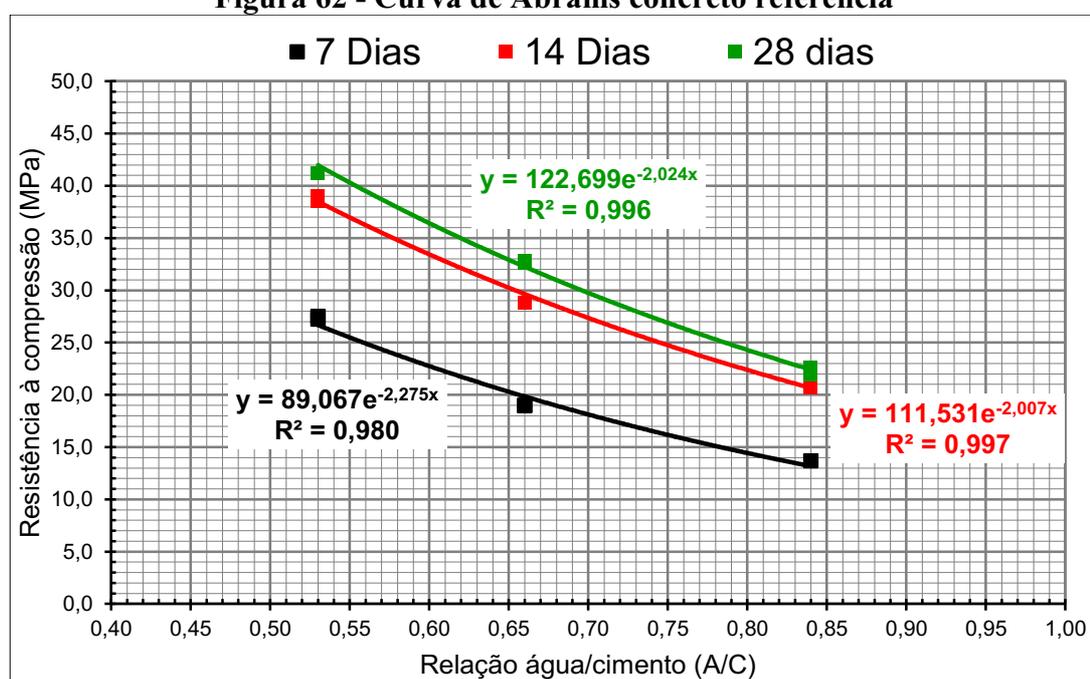
## 8.2 Resistência à compressão axial dos concretos

A partir dos ensaios realizados em laboratório com os concretos realizou-se a confecção da curva de Abrams para as idades de 7, 14 e 28 dias dos concretos. Na curva os valores são as médias aritméticas de três amostras de cada concreto.

## 8.3 Resistência à compressão axial do concreto referência

Através dos dados obtidos nos ensaios de laboratório foi possível gerar a curva de Abrams do concreto referência conforme observa-se na Figura (62) abaixo.

Figura 62 - Curva de Abrams concreto referência



Fonte: Autora, 2022.

Analisando os dados da curva de Abrams percebe-se que há um crescimento exponencial do concreto referência, tendo as amostras alcançado um percentual de 98 a 99% de confiabilidade nos resultados. Na Tabela (40), pode-se observar os dados da confecção do concreto referência.

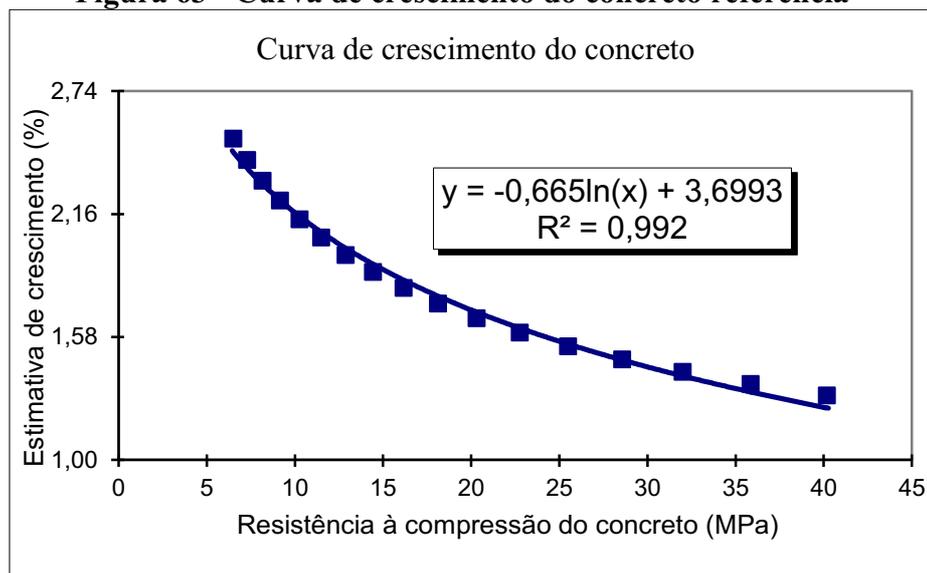
Tabela 40 - Dados do concreto referência  
Concreto Referência

Composições	A/C Fixado	A/C Real	Sobra de água (mL)	Teor de argamassa (%)	Varição concreto (%)	Teor de ar incorporado (%)
T1SA	0,90	0,84	- 450	53%	1,94%	0,80%
T2SA	0,70	0,66	- 400	53%	2,30%	0,70%
T3SA	0,50	0,53	+ 350	53%	1,17%	0,975%

Fonte: Autora, 2022.

A variação do a/c fixado ocorreu de acordo com a sobra de água do ajuste experimental necessária para se atingir o abatimento de 19 cm do concreto, e atingir a determinação do a/c real para a curva de Abrams. Pode-se afirmar que a redução da água nas composições T1SA e T2SA proporcionou uma elevação na resistência do concreto referência aos 28 dias.

**Figura 63 - Curva de crescimento do concreto referência**



Fonte: Autora, 2022.

A Figura (63), apresenta a curva de crescimento do concreto referência a partir dos dados obtidos nos ensaios e do a/c real determinado, obtendo a equação de crescimento deste concreto. Na Tabela (41), pode-se verificar a estimativa de crescimento do concreto referência.

**Tabela 41 - Resultado da equação da curva de crescimento**  
**CURVA DE CRESCIMENTO**

A/C	7 DIAS (MPa)	28 DIAS (MPa)	CRESCIMENTO (%)
<b>1,000</b>	9,2	20,4	2,23
<b>0,950</b>	10,3	21,9	2,14
<b>0,900</b>	11,5	23,6	2,05
<b>0,850</b>	12,9	25,4	1,97
<b>0,800</b>	14,4	27,3	1,89
<b>0,750</b>	16,2	29,3	1,81
<b>0,700</b>	18,1	31,5	1,74
<b>0,650</b>	20,3	33,9	1,67
<b>0,600</b>	22,7	36,4	1,60
<b>0,550</b>	25,5	39,2	1,54
<b>0,500</b>	28,6	42,1	1,48
<b>0,450</b>	32,0	45,3	1,42

Fonte: Autora, 2022.

A partir dos dados obtidos pela equação da curva de Abrams pode-se obter a estimativa de crescimento do concreto referência, conforme Tabela (41). O a/c 0,90 (T1SA) atinge 11,5 MPa aos 7 dias e 23,6 MPa aos 28 dias, com uma estimativa de crescimento de 2,05%. O a/c 0,70 (T2SA) atinge 18,1 MPa aos 7 dias e 31,5 MPa aos 28 dias tendo um crescimento de 1,74% e o a/c 0,50 (T3SA) atinge 28,6 MPa aos 7 dias e 42,1 MPa aos 28 dias com um crescimento de 1,48%.

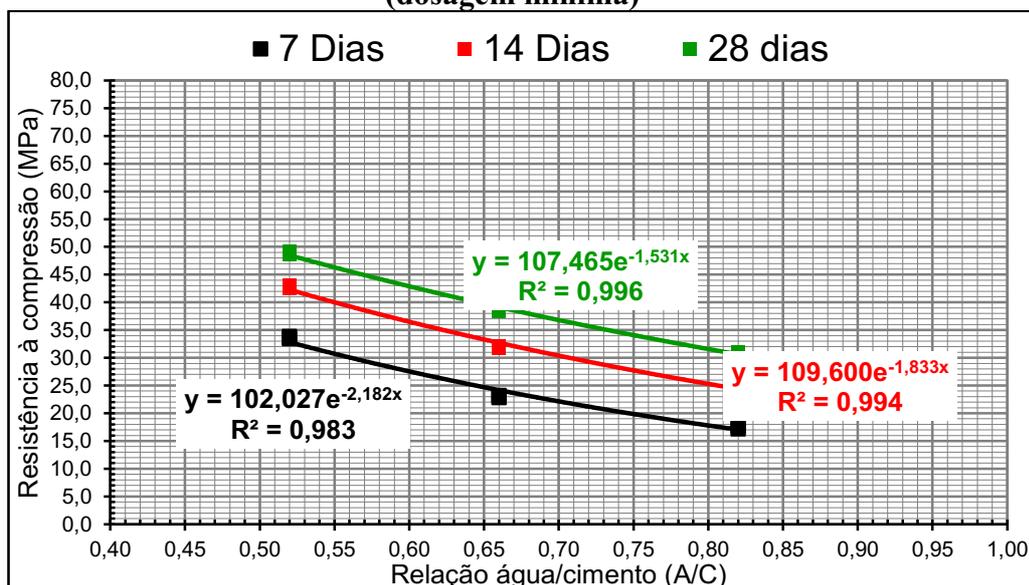
A análise percentual da curva de crescimento aponta que houve um ganho de resistência à compressão de forma homogênea: onde o a/c real 0,53 (T3SA) alcançou 44,35 MPa, a/c 0,66 (T2SA) atingiu 32,84 e o a/c 0,90 (T3SA) atingiu 22,59 MPa aos 28 dias.

Segundo Oliveira *et. al*, (2018), as composições de concreto em massa referência, utilizando a areia média artificial de Teófilo Otoni, que passa pelo processo de britagem, e possui um menor teor de matéria orgânica, apresenta resultados superiores nos ensaios de resistência à compressão axial.

#### 8.4 Resistência à compressão axial do concreto com aditivo retardador de pega

Através dos dados obtidos pelas amostras de concreto com aditivo retardador de pega da Aditibras com os a/c's fixados: 0,50 (rico em cimento), 0,70 (intermediário) e 0,90 (pobre em cimento), com a presença de aditivo retardador na dosagem mínima e máxima recomendada pelo fabricante. A partir dos a/c's fixados foi determinado o a/c real para gerar a curva de Abrams. Na Figura (64) , observa-se a curva de Abrams do concreto com a presença do aditivo retardador de pega da Aditibras em sua dosagem mínima.

**Figura 64 - Curva de Abrams concreto com aditivo retardador de pega (dosagem mínima)**



Fonte: Autora, 2022.

A Figura (64) demonstra o ganho de resistência à compressão das amostras de concreto em função das idades de rompimento. A confiabilidade das amostras variou entre 98 a 99% sendo um elevado percentual para o concreto com retardador.

Conforme a variação de a/c ocorrida pôde-se observar que o concretos com aditivo retardador de pega em sua dosagem mínima apresentou uma elevação na resistência considerável, tendo o a/c real 0,82 (T1AR1) alcançado um aumento de 31,78% aos 28 dias, o a/c 0,66 (T2AR1) de 39,75% e o a/c 0,52 (T3AR1) de 31,78%, sendo que todos as composições de a/c's obtiveram um desempenho superior a 50% da sua resistências aos 7 dias. Assim pode-se verificar que o aditivo retardador influenciou de forma positiva o concreto, elevando a sua resistência final.

A Tabela (42) apresenta dados da confecção do concreto com aditivo retardador de pega da Aditibras em sua dosagem mínima.

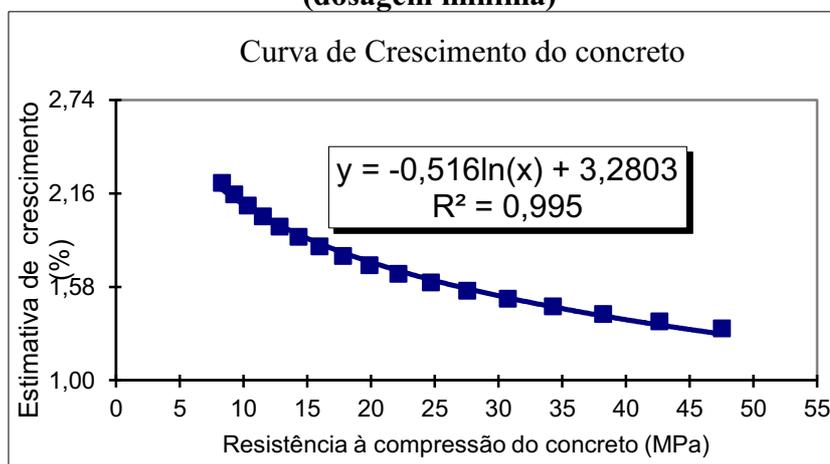
**Tabela 42 - Dados do concreto com retardador de pega (dosagem mínima)  
Concreto retardador de pega (dosagem mínima)**

Composições	A/C Fixado	A/C Real	Sobra de água (mL)	Teor de argamassa (%)	Varição concreto (%)	Teor de ar incorporado (%)
T1AR1	0,90	0,82	- 400	53%	2,34%	0,90%
T2AR1	0,70	0,66	- 400	53%	1,88%	1,10%
T3AR1	0,50	0,52	+ 250	53%	1,61%	0,90%

Fonte: Autora, 2022.

O a/c real dos concretos com aditivo retardador de pega foi determinado de acordo com a ajuste experimental de água, sendo que a sobra de água do traço influenciou no a/c final e conseqüentemente na resistência do concreto. Na Figura (65) observa-se a curva e equação de crescimento do concreto com retardador.

**Figura 65 - Curva de crescimento do concreto com retardador (dosagem mínima)**



Fonte: Autora, 2022.

As composições de a/c 0,82 (T1AR1) e 0,66 (T2AR2) obtiveram uma redução de água no traço que conseqüentemente acarretou no aumento da resistência dos concretos de 42,75% e 39,75% respectivamente aos 28 dias.

**Tabela 43 - Resultado da equação da curva de crescimento retardador (dosagem mínima)**

<b>CURVA DE CRESCIMENTO</b>			
<b>A/C</b>	<b>7 DIAS (MPa)</b>	<b>28 DIAS (MPa)</b>	<b>CRESCIMENTO (%)</b>
<b>1,000</b>	11,5	23,2	2,02
<b>0,950</b>	12,8	25,1	1,95
<b>0,900</b>	14,3	27,1	1,89
<b>0,850</b>	16,0	29,2	1,83
<b>0,800</b>	17,8	31,6	1,77
<b>0,750</b>	19,9	34,1	1,72
<b>0,700</b>	22,1	36,8	1,66
<b>0,650</b>	24,7	39,7	1,61
<b>0,600</b>	27,6	42,9	1,56
<b>0,550</b>	30,7	46,3	1,51
<b>0,500</b>	34,3	50,0	1,46
<b>0,450</b>	38,2	54,0	1,41

Fonte: Autora, 2022.

Na Tabela (43), observa-se a curva de crescimento do concreto com aditivo retardador de pega na porcentagem mínima para os a/c's fixados, sendo que o a/c 0,90 atinge 14,3 MPa aos 7 dias e 27,1 MPa aos 28 dias, com um crescimento de 1,89%. O a/c 0,70 alcança 22,1 MPa aos 7 dias e 36,8 MPa aos 28 dias, tendo um crescimento de 1,66% e o a/c 0,50 obtém 34,3 MPa aos 7 dias e 50,0 MPa aos 28 dias, com um crescimento de 1,46%.

A análise percentual do desempenho do concreto com a dosagem mínima do aditivo retardador aponta um ganho exponencial de resistência ao longos das idades de rompimento, sendo o concreto beneficiado pelo aditivo com a redução de água proporcionada pelo mesmo apresentando um aumento de resistência em mais de 40% aos 28 dias.

Portanto ao analisar as composições de concreto intermediário de a/c 0,70 (T2AR1) apresentou um consumo de cimento de 329 kg/m<sup>3</sup>, concreto pobre de a/c 0,90 (T1AR1) apresentou consumo de 256 kg/m<sup>3</sup> e o concreto rico de a/c 0,50 (T3AR1) apresentou consumo de 460 kg/m<sup>3</sup>.

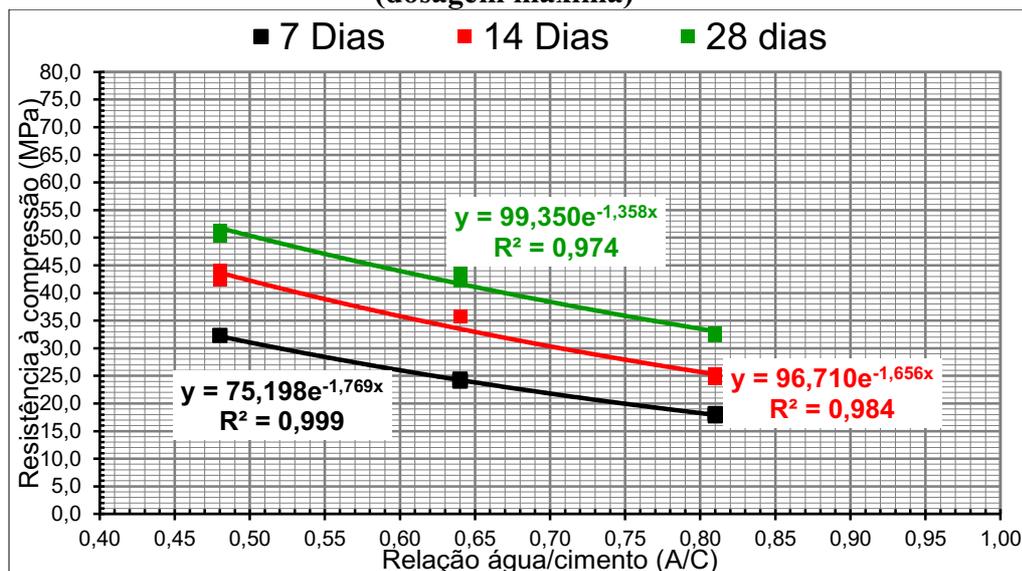
Entre as composições de a/c 0,50 e a/c 0,70 houve um aumento no consumo de cimento de 131 kg/m<sup>3</sup> ocasionando em um aumento na resistência de 10,87 MPa aos 28 dias.

Com relação as composições de concreto intermediário de a/c 0,70

(T2AR1) e de a/c 0,90 (T2AR1), há um diferença de 73 kg/m<sup>3</sup> em consumo de cimento, que acarreta em uma diferença de 8,03 MPa na resistência final dos concretos 28 dias.

Na Figura (66) abaixo observa-se a curva de Abrams do concreto com aditivo retardador de pega da Aditibras em sua dosagem máxima.

**Figura 66 - Curva de Abrams concreto com aditivo retardador de pega (dosagem máxima)**



Fonte: Autora, 2022.

A Figura (66), apresenta o ganho de resistência nas composições de concretos com aditivo retardador de pega em sua dosagem máxima, de acordo com os a/c's fixados em função das idades de rompimento. A confiabilidade das amostras variou de 97% a 99%, apresentando um alto grau de credibilidade.

A variação do a/c nos concretos com aditivo retardador de pega em sua dosagem máxima apresentou uma elevação na resistência considerável, tendo sido o a/c real os seguintes: 0,81 (T1AR7) alcançou uma resistência de 32,71 MPa aos 28 dias, o a/c 0,64 (T2AR7) atingiu 44,22 MPa e o a/c 0,48 (T3AR1) obteve uma resistência de 51,27 MPa, sendo que todas as composições de a/c's obtiveram um desempenho superior a 50% da sua resistências aos 7 dias. De modo geral, o aditivo retardador de pega em sua dosagem máxima proporcionou uma redução maior na quantidade de água no concreto, possibilitando um aumento na resistência característica.

A Tabela (44) apresenta dados da confecção do concreto com aditivo retardador de pega da Aditibras em sua dosagem máxima. Na Tabela (44), pode-se observar que o traços de a/c real 0,81 (T1AR7) e 0,64 (T2AR7) obtiveram uma redução de água do traço superior a 500 mL, mantendo o teor de ar incorporado no concreto entre 0,80% a 0,90%, que indica a viabilidade da utilização da dosagem testada.

**Tabela 44 - Dados do concreto com retardador de pega (dosagem máxima)**  
**Concreto retardador de pega (dosagem máxima)**

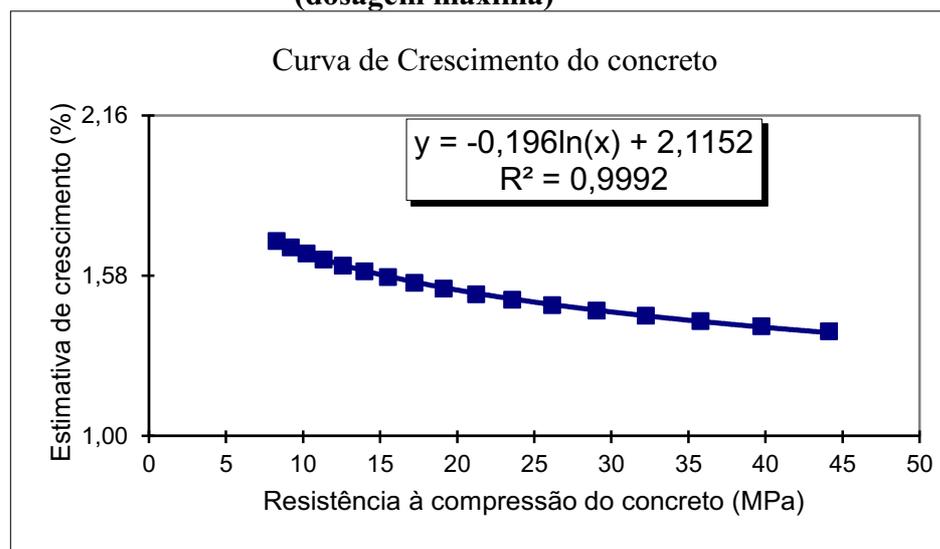
Composições	A/C Fixado	A/C Real	Sobra de água (mL)	Teor de argamassa (%)	Varição concreto (%)	Teor de ar incorporado (%)
T1AR7	0,90	0,81	- 700	53%	2,34%	0,80%
T2AR7	0,70	0,64	- 600	53%	2,34%	0,85%
T3AR7	0,50	0,48	- 250	53%	2,40%	0,90%

Fonte: Autora, 2022.

O desempenho final do concreto depende do comportamento do cimento e dos agregados e do vínculo gerado entre os dois. De acordo com Mehta e Monteiro (2008), o teor de ar incorporado nos concretos tende a variar de 1% a 3%, sendo esse teor influenciado principalmente pelas características dos agregados.

A ABNT NBR 1176-1:2019, estabelece que os concretos com aditivo retardador o teor de ar incorporado deve ser < 2,0%. No estudo os concretos com retardador em sua dosagem mínima e máxima apresentaram teores de ar incorporado entre 0,80% a 1,10%, mantendo-se dentro do estabelecido em norma.

**Figura 67 - Curva de crescimento concreto com retardador de pega (dosagem máxima)**



Fonte: Autora, 2022.

Na Figura (67) acima, pode-se observar a equação da curva de crescimento do concreto com aditivo retardador de pega em sua dosagem máxima.

A Tabela (45), apresenta os dados da curva de crescimento do concreto com aditivo retardador de pega na porcentagem máxima para os a/c's fixados, sendo que o a/c 0,90 atinge 15,3 MPa aos 7 dias e 29,3 MPa aos 28 dias, com um crescimento de 1,91%. O a/c 0,70 alcança 21,8 MPa aos 7 dias e 38,4 MPa aos 28 dias, tendo um crescimento de 1,76% e o a/c 0,50 obtém 31,1 MPa aos 7 dias e 50,4 MPa aos 28 dias, com um crescimento de 1,62%.

**Tabela 45 - Resultado da equação da curva de crescimento retardador (dosagem máxima)**

<b>CURVA DE CRESCIMENTO</b>			
<b>A/C</b>	<b>7 DIAS (MPa)</b>	<b>28 DIAS (MPa)</b>	<b>CRESCIMENTO (%)</b>
<b>1,000</b>	12,8	25,6	1,99
<b>0,950</b>	14,0	27,3	1,95
<b>0,900</b>	15,3	29,3	1,91
<b>0,850</b>	16,7	31,3	1,87
<b>0,800</b>	18,3	33,5	1,84
<b>0,750</b>	20,0	35,9	1,80
<b>0,700</b>	21,8	38,4	1,76
<b>0,650</b>	23,8	41,1	1,73
<b>0,600</b>	26,0	44,0	1,69
<b>0,550</b>	28,4	47,1	1,66
<b>0,500</b>	31,1	50,4	1,62
<b>0,450</b>	33,9	53,9	1,59

Fonte: Autora, 2022.

O desempenho do concreto com aditivo retardador em sua dosagem máxima se manteve em um crescimento exponencial em suas idades de rompimento e superior ao concreto referência.

De acordo com Storck (2018), os concretos com dosagens superiores de aditivo retardador de pega apresenta variação significativa na resistência mecânica final quando comparado ao concreto referência, atingindo cerca de 8% com utilização de areia média.

A presença da areia VSI, pode ter influenciado no alto desempenho proporcionado pelo aditivo retardador de pega do estudo, que obteve um aumento em torno de 20% ao referência.

De acordo com Fabro *et al.*, (2011), o formato dos grãos do agregado britado, granulometria, teor de pulverulento interfere na resistência mecânica dos concretos. Sendo que, a areia VSI é proveniente da britagem no britador do tipo giroférico, apresentando grãos mais arredondados do que o da areia natural de forma a possibilitar uma maior fluidez do concreto.

### **8.5 Resistência à compressão axial do concreto com aditivo acelerador de pega**

Os resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão axial possibilitaram a confecção da curva de Abrams do concreto com aditivo acelerador de pega em sua dosagem mínima e máxima.

Através da curva de Abrams é possível estabelecer uma curva de crescimento da mesma composição de concreto variando de acordo com o fator

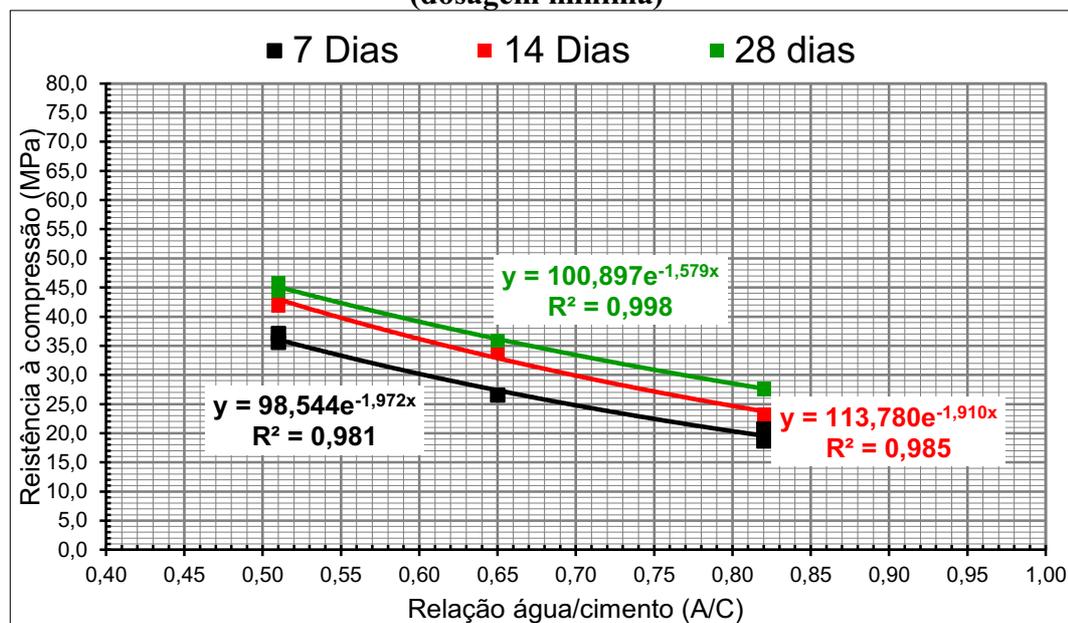
água/cimento (a/c), possibilitando uma analisar o crescimento de determinado traço de concreto de acordo com a idade de rompimento estabelecida.

De acordo com a curva de Abrams do concreto com aditivo acelerador na dosagem mínima, a confiabilidade das amostras variou entre 97% a 99%, apresentando um bom índice de credibilidade para as estimativas da curva de crescimento que pode ser realizada através da equação da curva de Abrams.

O aditivo acelerador proporciona rapidez no início do tempo de pega do concreto e conseqüentemente resistências iniciais mais altas. O concreto com aditivo acelerador de pega em sua dosagem mínima apresentou uma elevação na resistência considerável principalmente nas idades iniciais tendo sido o a/c real os seguintes: 0,82 (T1AA1) alcançou uma resistência de 27,79 MPa aos 28 dias, o a/c 0,65 (T2AA1) atingiu 35,96 MPa e o a/c 0,51 (T3AA1) obteve uma resistência de 45,89 MPa.

Na Figura (68) observa-se a curva de Abrams do concreto com aditivo acelerador de pega em sua dosagem mínima.

**Figura 68 - Curva de Abrams do concreto com aditivo acelerador de pega (dosagem mínima)**



Fonte: Autora, 2022.

A Tabela (46) apresenta dados da confecção do concreto com aditivo acelerador de pega da Aditibras em sua dosagem máxima.

A partir dos dados expostos na Tabela (46), percebe-se que o concreto com aditivo acelerador de pega apresentou uma redução na água na composição nos a/c's 0,82 e 0,65 e um aumento no a/c 0,50, sendo esse explicado devido a maior dosagem de aditivo nesse traço por ser o com o maior teor de cimento.

**Tabela 46 - Dados do concreto com acelerador de pega (dosagem mínima)  
Concreto com acelerador de pega (dosagem mínima)**

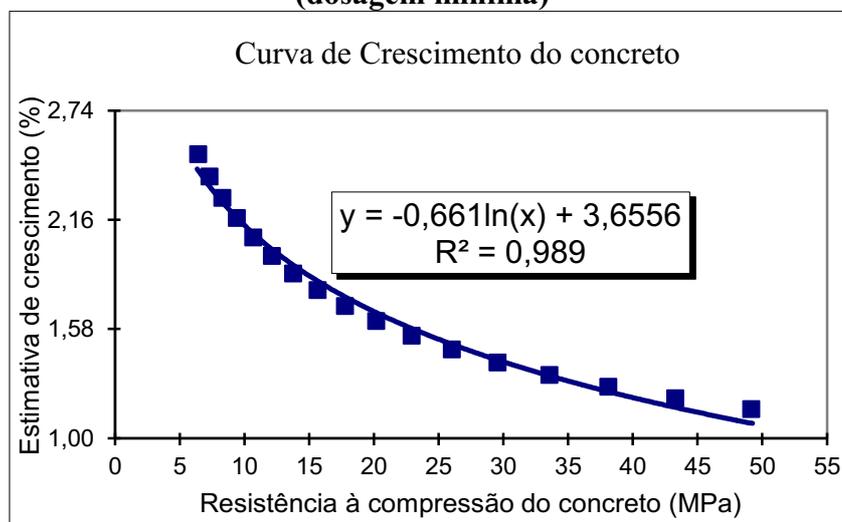
Composições	A/C Fixado	A/C Real	Sobra de água (mL)	Teor de argamassa (%)	Varição concreto (%)	Teor de ar incorporado (%)
T1AA1	0,90	0,82	- 650	53%	2,17%	1,10%
T2AA1	0,70	0,65	- 450	53%	1,82%	0,60 %
T3AA1	0,50	0,51	+ 100	53%	1,78%	1,25%

Fonte: Autora, 2022.

Observa-se que os traços com aditivo acelerador de pega apresentaram um aumento no teor de ar incorporado, o que pode ser explicado pelo fato do aditivo ter proporcionado um aumento na temperatura do concreto levando ao aumento de vazios no concreto e uma maior incorporação de ar.

A Figura (69) apresenta a curva de crescimento do concreto com aditivo acelerador de pega na dosagem mínima.

**Figura 69 - Curva de crescimento do concreto com aditivo acelerador de pega (dosagem mínima)**



Fonte: Autora, 2022.

A Tabela (47), expõe o resultado da equação da curva de crescimento do concreto com aditivo acelerador de pega em sua dosagem máxima.

A partir da Tabela (47), utilizando a equação da curva de Abrams obteve-se os valores das resistências do concreto com acelerador em sua dosagem mínima dos a/c's fixados, sendo: a/c 0,90 (T1AA1) apresentando resistência de 15,3 MPa aos 7 dias e 29,3 MPa aos 28 dias tendo um crescimento de 1,91%. O a/c 0,70 (T2AA1) atinge 21,8 MPa aos 7 dias e 38,4 MPa aos 28 dias com um crescimento de 1,76% e o a/c 0,50 (T3AA1) que atinge 31,1 MPa aos 7 dias e 50,4 MPa aos 28 dias.

**Tabela 47 - Resultado da equação da curva de crescimento acelerador (dosagem mínima)**

<b>CURVA DE CRESCIMENTO</b>			
<b>A/C</b>	<b>7 DIAS (MPa)</b>	<b>28 DIAS (MPa)</b>	<b>CRESCIMENTO (%)</b>
<b>1,000</b>	12,8	25,6	1,99
<b>0,950</b>	14,0	27,3	1,95
<b>0,900</b>	15,3	29,3	1,91
<b>0,850</b>	16,7	31,3	1,87
<b>0,800</b>	18,3	33,5	1,84
<b>0,750</b>	20,0	35,9	1,80
<b>0,700</b>	21,8	38,4	1,76
<b>0,650</b>	23,8	41,1	1,73
<b>0,600</b>	26,0	44,0	1,69
<b>0,550</b>	28,4	47,1	1,66
<b>0,500</b>	31,1	50,4	1,62
<b>0,450</b>	33,9	53,9	1,59

Fonte: Autora, 2022.

O crescimento da resistência do concreto com acelerador na dosagem mínima ao longo da cura de 28 dias apresenta um aumento de 38,29% no a/c 0,50 (T3AA1), de 43,22% no a/c 0,70 (T2AA1) e 47,78% no a/c 0,90 (T3AA1) apontando que houve um crescimento significativo na resistência mesmo nos concretos com um menor teor de cimento.

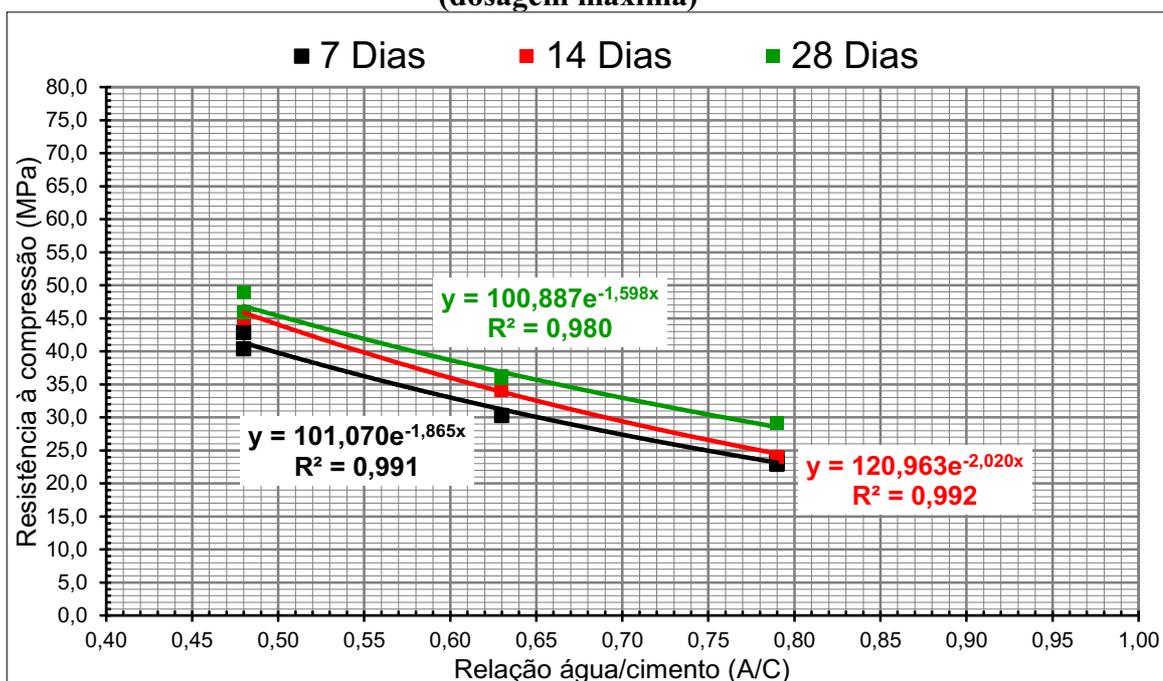
O aumento da resistência, principalmente nas idades iniciais, ocorre devido a presença do aditivo acelerador que acelera o processo de hidratação do concreto, e pela ajuste de dosagem que possibilitou uma redução do a/c estabelecido o que conseqüentemente levou ao ganho de aumento de resistência do concreto com acelerador de pega nas dosagens mínimas.

O concreto com aditivo acelerador de pega em sua dosagem mínima apresentou uma elevação na resistência considerável principalmente nas idades iniciais tendo sido o a/c real os seguintes: 0,82 (T1AA6) alcançou uma resistência de 27,79 MPa aos 28 dias, o a/c 0,65 (T2AA6) atingiu 35,96 MPa e o a/c 0,51 (T3AA6) obteve uma resistência de 45,89 MPa.

A Figura (70), apresenta a curva de Abrams do concreto com aditivo acelerador de pega na dosagem máxima, para os a/c's 0,50, 0,70 e 0,90. A porcentagem de confiabilidade variou entre 98% a 99%, apresentando um alto grau de confiabilidade das amostras ensaiadas.

A partir da curva de Abrams é possível estabelecer resistências dos concretos com outras variações na relação água/cimento, dentre as situações possíveis com os mesmos materiais utilizados.

**Figura 70 - Curva de Abrams do concreto com aditivo acelerador de pega (dosagem máxima)**



Fonte: Autora, 2022.

A Tabela (48) apresenta dados da confecção do concreto com aditivo acelerador de pega da Aditibras em sua dosagem máxima. Os dados expostos na Tabela (48) apontam que houve um aumento no teor de ar incorporado do concreto na proporção de aumento da quantidade de aditivo acelerador, sendo que os teores de ar incorporado variaram entre 1,7% a 2,1% .

**Tabela 48 - Dados do concreto com acelerador de pega (dosagem máxima)**  
**Concreto com acelerador de pega (dosagem máxima)**

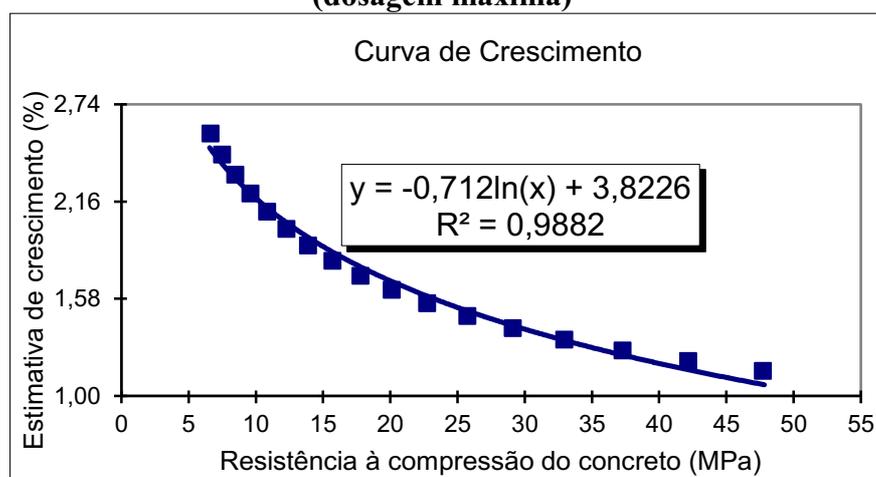
Composições	A/C Fixado	A/C Real	Sobra de água (mL)	Teor de argamassa (%)	Variação concreto (%)	Teor de ar incorporado (%)
T1AA6	0,90	0,79	- 850	53%	0,67%	1,8%
T2AA6	0,70	0,63	- 700	53%	1,99 %	1,7%
T3AA6	0,50	0,48	- 250	53%	0,71%	2,1%

Fonte: Autora, 2022.

O comportamento do aditivo acelerador contribuiu para a redução de água nos traços, possibilitando a dispersão das partículas de cimento em fase de hidratação, possibilitando um concreto mais fluido e com melhor trabalhabilidade.

Na Figura (71), observa-se a curva de crescimento do concreto com a presença do aditivo acelerador de pega em sua dosagem máxima.

**Figura 71 - Curva de crescimento do concreto com aditivo acelerador de pega (dosagem máxima)**



Fonte: Autora, 2022.

A curva de crescimento do concreto com aditivo acelerador (dosagem máxima), apresenta uma estimativa de crescimento exponencial a variar de acordo com os a/c's. A curva apresentou uma confiabilidade de 98,82% nas amostras.

Mediante os dados obtidos pela equação da curva de Abrams pode-se obter a estimativa de crescimento do concreto com aditivo acelerador em sua dosagem máxima, conforme observa-se na Tabela (49).

A Tabela (49), expõe o resultado da equação da curva de crescimento do concreto com aditivo acelerador de pega em sua dosagem máxima.

**Tabela 49 - Resultado da equação da curva de crescimento acelerador (dosagem máxima)**

CURVA DE CRESCIMENTO			
A/C	7 DIAS (MPa)	28 DIAS (MPa)	CRESCIMENTO (%)
<b>1,000</b>	9,6	21,2	2,21
<b>0,950</b>	10,9	22,8	2,10
<b>0,900</b>	12,3	24,6	2,00
<b>0,850</b>	13,9	26,4	1,90
<b>0,800</b>	15,7	28,4	1,81
<b>0,750</b>	17,8	30,6	1,72
<b>0,700</b>	20,1	32,9	1,64
<b>0,650</b>	22,8	35,4	1,56
<b>0,600</b>	25,7	38,1	1,48
<b>0,550</b>	29,1	41,0	1,41
<b>0,500</b>	33,0	44,1	1,34
<b>0,450</b>	37,3	47,4	1,27

Fonte: Autora, 2022.

Pode-se observar que o a/c 0,90 (T1AA6) atinge 12,3 MPa aos 7 dias e 24,6 MPa aos 28 dias, com uma estimativa de crescimento de 2,00%. O a/c 0,70 (T2AA6)

atinge 20,1 MPa aos 7 dias e 32,9 MPa aos 28 dias tendo um crescimento de 1,64% e o a/c 0,50 (T3AA6) atinge 33,0 MPa aos 7 dias e 44,1 MPa aos 28 dias com um crescimento de 1,34%.

Analisando a curva de crescimento do concreto observa-se que ocorreu um ganho na resistência à compressão de forma homogênea: onde o a/c real 0,48 (T3AA6) alcançou 47,88 MPa, a/c 0,63 (T2AA6) atingiu 37,55 MPa e o a/c 0,79 (T1AA6) atingiu 30,61 MPa aos 28 dias. As amostras ensaiadas de concreto apresentaram um crescimento de cerca de 1,65% na relação de cura nas idades de 7 e 28 dias.

## **9 COMPARATIVO ENTRE OS TRAÇOS DE CONCRETO**

A partir dos resultados obtidos dos traços de concreto referência e dos concretos com aditivo retardador e acelerador de pega, observou-se que a resistência à compressão axial variou de forma significativa de acordo com as idades de rompimento devido a manutenção da trabalhabilidade apropriada ao concreto pelo emprego do aditivo acelerador (Rap-Bras 150) e retardador de pega da Aditibras (Recon Bras C).

### **9.1 Comparativo entre o concreto referência e o concreto com aditivo retardador**

Através dos resultados do ensaio de compressão axial dos concretos foi possível estabelecer um comparativo entre o concreto referência e o concreto com aditivo retardador de pega em sua dosagem mínima e máxima.

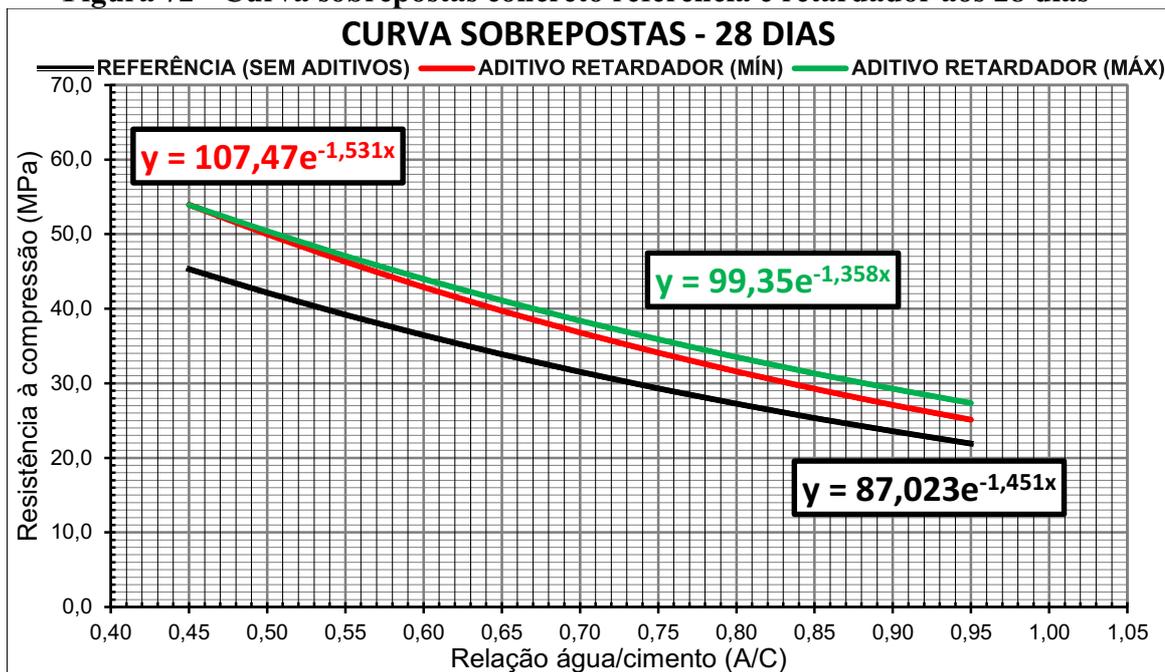
Na Figura (72), pode ser analisado comparativamente os dados da resistência à compressão axial na idade de rompimento de 28 dias.

Os dados apresentados demonstram que para todos os fatores de água/cimento e as idades de rompimento analisadas o uso do aditivo retardador de pega em sua dosagem mínima e máxima quando comparado ao concreto referência apresentou um desempenho satisfatório, sendo associado o ganho de resistência do concreto.

Os resultados obtidos apontam que os resultados obtidos com os a/c's reais demonstraram que o concreto com aditivo retardador em dosagem mínima apresentou um desempenho médio de 5,32 MPa acima do concreto referência, ou seja, um ganho de resistência médio de 16,05%.

A partir da análise percentual dos traços de concreto observa-se que no comparativo do concreto referência e do aditivo retardador em porcentagem mínima houve um aumento uniforme da resistência ao longo dos a/c's reais, sendo: de 11,86% para o a/c 0,50 (T3AR1), de 17,96% para o a/c 0,70 (T2AR1) e de 18,34% para o a/c 0,90 (T1AR1).

Figura 72 - Curva sobrepostas concreto referência e retardador aos 28 dias



Fonte: Autora, 2022.

Dessa forma, pode-se concluir que o maior ganho de resistência do retardador (dosagem mínima) quando comparado ao referência ocorreu no a/c 0,90, que pode ter ocorrido pela maior sobra de água no traço reduzindo a relação de água/cimento e do menor teor de ar incorporado neste a/c que obteve 0,90% de teor de ar incorporado.

O teor de ar incorporado afeta diretamente a qualidade do concreto devido ao fato de que o aumento da presença de bolhas de ar ocasiona no aumento de vazios no concreto que tendência a elevação da porosidade do concreto e consequentemente a redução na resistência concretos.

No entanto, analisando as composições do concreto referência e o concreto com aditivo retardador em sua dosagem máxima, observa-se que para os a/c's reais houve um ganho de resistência médio de 8,28 MPa nos concretos, ou seja, houve um ganho de resistência médio de 25,08% aos 28 dias.

O concreto com retardador (dosagem máxima), apresentou os seguintes percentuais de ganho resistência de acordo com os a/c's aos 28 dias, sendo: de 15,60% no a/c 0,50 (T3AR7), de 34,65% no a/c 0,70 (T2AR7) e de 24,99% no a/c 0,90 (T1AR7).

Sendo assim, o a/c 0,70 apresentou o melhor desempenho entre os a/c's do aditivo retardador (dosagem máxima), alcançando um ganho de resistência de cerca de 35,65% superior ao concreto referência de mesmo a/c.

O aumento na dosagem do aditivo retardador elevou a resistência dos concretos devido a fator do aditivo ter proporcionado uma melhor hidratação do cimento e preenchimento de uma maior quantidade de vazios concreto, possibilitando um aumento de resistência aos 28 dias mesmo em concreto com teores menores de cimento.

A curva sobrepostas com rompimento aos 28 dias Figura (72), mostra que o concreto com aditivo retardador na dosagem máxima se encontra superior ao referência e ao retardador em sua dosagem mínima, sendo nesse último superior principalmente em a/c's mais pobres de cimento, ou seja, sendo uma opção para elevar o ganho de resistência do concreto sem o acréscimo de cimento.

Ainda na Figura (72), observa-se que houve um aumento significativo na resistência dos concretos com a presença de aditivo retardador de pega quando comparados ao referência, que pode ser explicado pelo fato de que o aditivo retardador funciona como um inibidor de hidratação, de modo a proporcionar uma hidratação lenta do cimento e uma melhor cristalização da pasta do cimento e conseqüentemente uma diminuição do número de vazios no concreto de forma a proporcionar uma elevação na resistência quando comparado ao concreto referência.

De acordo com Oliveira *et al.*, (2018), os agregados britados da região possuem uma boa qualidade de modo geral, no entanto apresenta uma variação significativa a depender dos lotes coletados.

## **9.2 Comparativo entre o concreto referência e o concreto com aditivo acelerador**

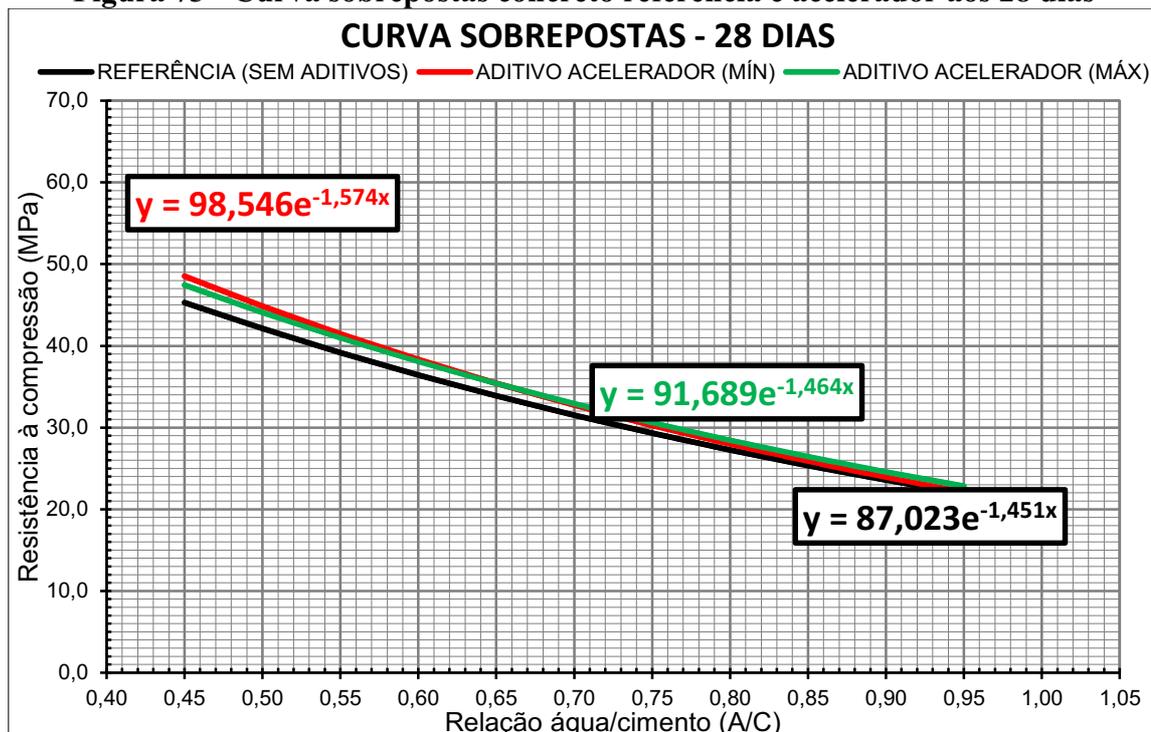
Mediante os resultados obtidos do concreto com o aditivo acelerador de pega em sua dosagem mínima e máxima foi possível estabelecer um comparativo com o concreto referência.

A Figura (73) apresenta a curva sobreposta do concreto referência e o concreto com aditivo acelerador de pega (dosagem mínima e máxima). A curva aponta que o concreto com o acelerador na dosagem mínima obteve um desempenho superior ao referência, apresentando uma média de aumento de 1,43 MPa nas amostras.

A presença do aditivo acelerador em sua dosagem mínima aponta que houve uma aceleração no processo de hidratação do cimento no concreto, sendo este responsável pelo aumento das resistências em todos os a/c's. O percentual de crescimento da resistência das amostras ocorreu de modo homogêneo, sendo eles: 3,47% para o a/c 0,50, 3,41% para o a/c 0,70 e 6,19% para o a/c 0,90 no rompimento aos 28 dias.

Através desses dados observa-se que o concreto com aditivo acelerador na dosagem mínima que apresentou o melhor desempenho quanto a ganho de resistência e teor de cimento foi o a/c 0,90, que mesmo sendo um a/c pobre em ligante obteve um desempenho satisfatório na sua resistência final. A Figura (73), apresenta a curva sobreposta do concreto referência e acelerador aos 28 dias.

**Figura 73 - Curva sobrepostas concreto referência e acelerador aos 28 dias**



Fonte: Autora, 2022.

O concreto com acelerador (dosagem máxima), apresentou os seguintes percentuais de ganho resistência de acordo com os a/c's aos 28 dias, sendo: de 10,21% no a/c 0,50 (T3AA6), de 9,89% no a/c 0,70 (T2AA6) e de 16,96% no a/c 0,90 (T1AA6). Sendo que, o a/c 0,90 apresentou o melhor desempenho entre os a/c's do aditivo acelerador (dosagem máxima), alcançando um ganho de resistência de cerca de 35,65% superior ao concreto referência de mesmo a/c.

Realizando o comparativo entre o concreto referência e o concreto com aditivo acelerador em sua dosagem máxima, através da curva sobreposta aos 28 dias, observa-se que os maiores percentuais de resistência se encontram nas relações de a/c's ricos (maiores teores de cimento).

De acordo com Mehta (1994), o aditivo acelerador de pega pode proporcionar ao concreto um ganho de resistência inicial de cerca de 50 a 70%, levando a agilidade na fabricação desse tipo de concreto principalmente em pré-moldados.

A tensão média de compressão inicial foi igual em comparação aos relatos de Neville e Brooks (2013), sobre o uso do aditivo acelerador de pega que diz que a tensão inicial é maior comparado a outros concretos.

Apesar de proporcionar uma hidratação e cristalização do cimento, observa-se que o aditivo acelerador de pega da Aditibras apresentou valores de resistência aproximados entre si tanto em sua dosagem mínima quanto a máxima. Entretanto, quando analisado ao concreto referência obteve-se aumento de desempenho significativo nos

concretos com aditivo acelerador, principalmente em suas idades iniciais.

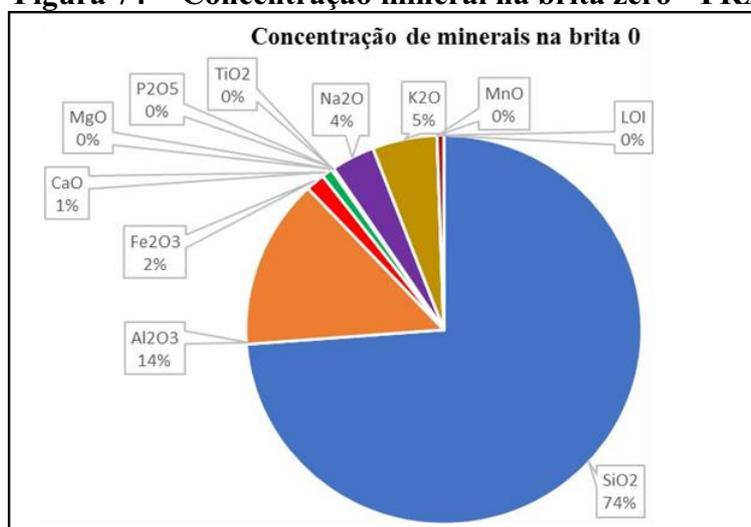
Quanto ao teor de ar incorporado o concreto com aditivo acelerador em sua dosagem máxima apresentou os maiores teores sendo: 2,1% para o a/c 0,50, 1,7% para o a/c 0,70 e 1,8% para o a/c 0,90. O aumento do teor de ar incorporado pode ter interferido no fato do percentual de aumento da resistência do aditivo acelerador ter se apresentado baixo. O aditivo acelerador de pega além de proporcionar um desempenho superior na resistência ao concreto referência, possibilitou uma melhor trabalhabilidade ao concreto em todas as amostras de forma a auxiliar a plasticidade, ressaltando a característica de que esse aditivo também se comportou como um plastificante.

De modo geral, o aditivo acelerador em sua dosagem mínima e máxima contribuiu com o aumento de resistência dos concretos quando comparado ao referência, principalmente nos traços com um menor consumo de cimento.

### 9.3 Interferência dos minerais nos concretos

Diante dos resultados obtidos na análise química por DRX e FRX na brita zero, expressos no Anexo A, foi possível verificar a presença de 10% de biotita na amostra, apresentando uma teor baixo em com comparação com os demais minerais presentes. Na Figura (74), observa-se a identificação e quantificação dos minerais presentes nas amostras de agregados da cidade de Teófilo Otoni.

**Figura 74 - Concentração mineral na brita zero - FRX**



Fonte: MINAS JR, 2021.

Na Figura (74), tem-se a representação do teor de minerais presentes na amostra, sendo: 74,6% de Dióxido de Silício, 14,3% de Óxido de Alumínio, 1,57% de Óxido de Ferro, 0,9% de Óxido de Cálcio, <0,105% de Óxido de Magnésio, 0,105% de Dióxido de Titânio, 0,09% de Óxido de Fósforo, 3,6% de Óxido de Sódio, 5,35% de Óxido de Potássio, <0,01% de Óxido de Manganês e 0,55% de LOI.

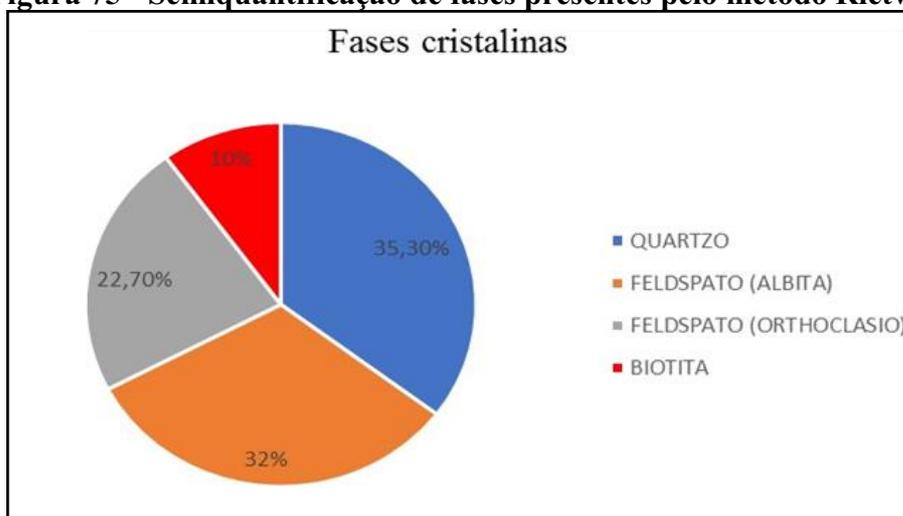
Os concretos têm em sua composição cerca de 85% de agregados (grãos e miúdos), tendo forte influência na qualidade final dos concretos (MEHTA E MONTEIRO, 1998). Dessa forma, o agregado a depender de sua granulometria e minerais presentes, afeta diretamente na resistência final dos concretos fabricados, sendo o conhecimento químico e mineralógico das rochas fundamental para o melhor direcionamento de seu uso e um maior aproveitamento dos produtos provenientes delas, como a brita.

Minerais como a biotita se encontram presentes principalmente nos gnaisses da região de Teófilo Otoni. De acordo com Parreira (2016), quando presentes em altos teores podem comprometer a qualidade dos concretos e argamassas, pois acarreta na redução da trabalhabilidade de modo que as partículas minerais perturbam o fluxo de escoamento, aumentando sua viscosidade.

Na Figura (75), pode-se observar a semiquantificação das fases cristalinas presentes na amostra analisada.

Analisando a Figura (75), é possível verificar que o teor de Biotita nos agregados da região apresenta uma porcentagem de 10%, que representa o menor teor quantificado nas fases cristalinas das rochas, sendo uma quantidade qualitativa baixa. No entanto, o maior teor é representado pela fase cristalina do Feldspato (Ortoclasio) com 35,30%, seguido do Feldspato (Albita) com 32% e o Quartzo com 22,70%.

**Figura 75 - Semiquantificação de fases presentes pelo método Rietveld**



Fonte: MINAS JR, 2021.

Diante da baixa porcentagem de Biotita na amostra, é possível afirmar que a interferência na perda da resistência característica dos concretos da região não é devido a esse mineral, que se apresenta em baixos teores que não influencia na trabalhabilidade dos concretos.

Por outro lado, a presença do Feldspato (Albita) em quantidade qualitativa

abundante de 32%, pode ter levado a interferência na resistência dos concretos, devido ao fato de que a Albita que é um mineral da família dos feldspato apresenta um formato lamelar de cristais frágeis e vítreos que possuem muita aplicabilidade na fabricação de vidros.

Segundo Parreira (2016), o aspecto lamelar dos minerais possuem influência deletéria na fabricação de concretos e armassas, devido ao fato que seu formato lamelar se incorpora de modo a formar uma estrutura espacial rígida que com apenas uma tensão mínima de cisalhamento tende a iniciar o rompimento. Uma das formas de minimizar os impactos é o aumento na quantidade de água do fator água/cimento de modo a proporcionar uma melhor homogeneização das partículas lamelares para preencher os vazios existentes no aglomerado do concreto, recobrando e separando as partículas de forma a deixar o concreto fluido.

No entanto, o aumento da quantidade de água em um concreto com determinada relação água/cimento acarreta na perda de resistência do concreto que quanto maior a água presente menor será a resistência característica desse concreto. Neville (2016), afirma que a resistência do concreto a uma determinada idade submetido a cura úmida e temperatura específica, depende principalmente de dois fatores: a relação água/cimento onde a água em quantidade excedente reduz a resistência do concreto e o grau de adensamento.

O aspecto lamelar da Albita pode influenciar diretamente na trabalhabilidade do concreto, devido ao fato de que grãos maiores de clivagem lamelar diminuem a fluidez dos concretos. Parreira (2016), ainda afirma que quanto mais lamelar o formato de um mineral, pior a trabalhabilidade do concreto, sendo que a redução da resistência ocorre devido ao alinhamento do eixo de compressão nos ângulos entre 30° e 60° com a partícula lamelar do mineral.

Outro fator que pode ter influenciado nos concretos é a presença da Hematita, que é um óxido que possui aproximadamente 70% de ferro (Fe) em sua composição e forma lamelar em suas maclas, muito presente na formação de solos avermelhados. A forte presença de ferro nesse mineral pode ter afetado a resistência dos concretos, que quando expostos a altos teores de ferro tendem a reduzir sua resistência característica.

No entanto, a forma dos agregados pode influenciar na resistência e fluidez do concreto, pois quanto maior o índice de irregularidade do agregado há uma maior demanda de água para manter a trabalhabilidade (FABRO *et al.*, 2011).

Devido ao processo de britagem pelo qual passa os agregados, caso apresente um alto índice de formas irregulares, as mesmas funcionam como uma barreira para a incorporação da pasta de cimento, podendo provocar uma perda na

qualidade dos concretos (FABRO *et al.*, 2011).

Sendo assim, os aditivos utilizados nas amostras de concretos desta pesquisa contribuíram para minimizar os efeitos dos minerais presentes nos agregados dos concretos e argamassas de forma a proporcionar uma resistência característica próxima ou superior ao esperado. No entanto, ainda há uma grande necessidade de realizar-se vários estudos referentes à índice de forma dos agregados e outros ensaios relacionados e a reatividade com os ligantes de cimento, de modo a compreender melhor o impacto dos agregados nas propriedades mecânicas e na durabilidade do concreto.

## 10 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos no programa experimental deste estudo, no qual avaliou-se o desempenho da resistência à compressão axial do concreto com aditivo acelerador e retardador de pega em relação ao concreto referência em concretos com agregados de Teófilo Otoni.

A presença dos aditivos nos concretos tem o intuito de promover alteração nos tempos de início e fim de pega, de modo a possibilitar melhorias em suas propriedades.

Foram obtidos os seguintes resultados com o concreto referência: T1SA alcançou resistência à compressão de 22,59 MPa, T2SA atingiu 32,84 MPa e T3SA alcançou 44,35 MPa.

Após a análise dos resultados pôde-se verificar que o concreto com a presença de aditivo acelerador e retardador de pega propiciou uma melhor trabalhabilidade e resistência ao concreto. As composições T1AR1, T2AR1 e T3AR1 com aditivo retardador na dosagem mínima atingiu resistências à compressão de 30,97 MPa, 38,74 MPa e 49,61 MPa.

As amostras de concreto com aditivo retardador apresentaram um desempenho superior ao referência em sua dosagem mínima, sendo 15,5% para o traço T1AR1, 15,23% para o traço T2AR1 e 10,61% para o traço T3AR1.

Os concretos com aditivo retardador na dosagem máxima T1AR7, T2AR7 e T3AR7 alcançaram 32,71 MPa, 44,22 MPa e 51,27 MPa.

Sendo assim, as composições de concreto com aditivo retardador em sua dosagem máxima obtiveram um aumento de resistência de 18,35% para o traço T1AR7, 25,74% para o traço T2AR7 e 13,70% para o traço T3AR7. Observa-se que houve um ganho de resistência maior nos concretos com um menor consumo de cimento, que pode ser justificado pela redução de água no traços proporcionado pelo aditivo

retardador e a presença da areia VSI no concreto, que possui um alto teor de pó de quartzo e contribui com o preenchimento dos vazios do concreto.

Verifica-se que presença da areia VSI, pode ter influenciado no alto desempenho proporcionado pelo aditivo retardador de pega do estudo, que obteve um aumento em torno de 20% ao referência.

De acordo com Fabro *et al.*,(2011), concretos confeccionados com VSI possui partículas mais arredondadas, o que contribui para a fluidez do concreto. Além disso, a forma dos grãos dos agregados obtidos no processo de britagem da VSI influência não apenas na consistência dos concretos, mas também na coesão e textura.

Dessa forma, o ganho de resistência dos concretos com aditivo retardador pode ser explicado pela presença da areia artificial VSI, mas também pelo fato de que os retardadores modificam o crescimento e a morfologia dos cristais do ligante de modo a retardar a hidratação inicial e proporcionar a formação de uma estrutura física melhor e com menor tendência à porosidade, retração, e baixa incorporação de ar no concreto, elevando o ganho das resistências nas idades finais.

No entanto, os traços de concreto com a presença do aditivo acelerador obteve um bom desempenho no quesito trabalhabilidade e resistência quando comparado ao concreto referência, comportando-se como um plastificante devido ao fato de possibilitar a redução de água do traço e plasticidade ao concreto. Os concretos com aditivo acelerador apresentaram um desempenho superior em torno de 41,56% superior ao concreto referência aos 7 dias, com um aumento médio de 5,94 MPa de resistência nos traços.

Os traços com aditivo acelerador de pega em sua dosagem mínima, T1AA1, T2AA1 e T3AA1 alcançaram resistência de 27,79 MPa, 35,96 MPa e 45,89 MPa. Analisando o desempenho geral do concreto com aditivo acelerador de pega aos 7 dias e o do concreto com aditivo retardador, observa-se um ganho de resistência do concreto com a presença do aditivo acelerador atingiu um aumento de resistência em torno de 11,38% a 21,59%, analisando a média em suas dosagens mínimas e máximas.

De acordo com Mehta e Monteiro (1994), os aditivos aceleradores podem proporcionar um aumento na resistência em suas idades de 50 a 70%, devido ao rápido processo de hidratação que proporciona as partículas do concreto. Porém quando analisado de forma geral com o retardador, por apresentar diferentes funções, o concreto com aditivo acelerador tende a incorporar mais ar ao concreto devido ao acelerar o processo de hidratação do cimento e podendo em alguns casos aumentar o calor de hidratação.

Os maiores teores de ar incorporado ao concreto observa-se nos traços com aditivo acelerador, variando entre 1,10% a 2,1%, o que evidencia uma tendência a se formar um maior número de vazios no concreto, acarretando em uma resistência inferior

ao concreto retardador que obteve teores menores de ar incorporado, ficando entre 0,80 a 1,10%. O processo de hidratação do cimento pode ter proporcionado ao concreto com aditivo retardador uma melhor cura e uma maior resistência, como observa-se no traço T3AR7 (a/c 0,50) que obteve desempenho de 51,27 MPa aos 28 dias, sendo o traço com a maior resistência obtida.

Comprovou-se que os aditivos químicos aceleradores e retardadores de pega pode ser utilizado nos concretos de modo a viabilizar a aplicação de concretos e argamassas em situações consideradas adversas, além de possibilitar uma maior variedade na composição da mistura e em redução de materiais. Os aditivos podem contribuir para a redução no custo da mão de obra necessária para o adensamento, no redução do consumo de cimento e na melhoria da trabalhabilidade, lançamento e adensamento do concreto.

A partir da análise estatística dos dados obtidos com o ensaio de compressão axial nos concretos, verificou-se que ocorreu uma baixa variação nos traços de concretos rompidos aos 28 dias de acordo com a curva de Abrams, estabelecendo-se em torno de 97 a 99%. O valor máximo alcançado foi com o traço T3AR7 que atingiu 51,27 MPa e o valor mínimo com o traço T1SA de 26,17 MPa aos 28 dias.

A presença de minerais como a Hematita, Albita e a Biotita nos agregados de Teófilo Otoni em teores de 22,7%, 32% e 10%, respectivamente, além da presença abundante de quartzo em teores de 35,3%, devem ser aprofundados em estudos futuros para que possa ser possível verificar a sua interferência nos concretos da região.

Recomenda-se que em pesquisas futuras com concretos com aditivos aceleradores e retardadores de bases químicas diferentes das utilizadas, a realização de ensaios de tempo de pega, rompimentos em 6h, 24h, 3 dias, 7 dias e 28 dias.

Sugere-se a realização de testes mineralógicos por Espectrometria de Emissão Óptica (ICP – OES) nas amostras de agregados, de forma a permitir a identificação de metais e elementos em concentrações menores presentes nas rochas e a quantificação dos teores de cada um, além disso se faz necessário a elaboração de uma tabela de traços concreto e argamassas em volume e em massa, baseada nas informações já obtidas em estudos realizados e específica para a região de Teófilo Otoni.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM DO BRASIL (ABESC). **Manual concreto dosado em central**. São Paulo, Abril, 2007. Disponível em: <[www.abesc.org.br/pdf/manual.pdf](http://www.abesc.org.br/pdf/manual.pdf)>. Acessado em: 25 de maio de 2019.

ADITIBRAS. **Aditivos para concretos**. 2021. Disponível em: <<https://aditibras.com.br/aceleradores-de-pega-e-de-resistencia-2/>>. Acesso em: 23 mar. 2021.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI. **Manual Of Concrete Practice Index**. 1. ed. United States of America: [s. n.], 2015. 172 p. ISBN 978-0-87031-990-7. Disponível em: [https://img.equipmentworld.com/files/base/randallreilly/all/migratedfiles/eqw/2015/05/ACI\\_MC\\_P\\_2015\\_Index.pdf](https://img.equipmentworld.com/files/base/randallreilly/all/migratedfiles/eqw/2015/05/ACI_MC_P_2015_Index.pdf). Acesso em: 7 ago. 2020.

AGUIAR, Victor Luiz Batista. **Análise de modelo conceitual de simulação de fluxo hidrogeológico por meio do método das diferenças finitas no município de Teófilo Otoni - MG**. 2017. 87 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia, Ambiente e Sociedade) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha Mucuri, Teófilo Otoni, 2017. Disponível em: [http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/bitstream/1/1660/1/victor\\_luiz\\_batista\\_aguiar.pdf](http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/bitstream/1/1660/1/victor_luiz_batista_aguiar.pdf). Acesso em: 18 set. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND.ABPC. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 7.ed. São Paulo, 2002. 28 f.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**: Ensaio de Abatimento de Concreto – Slump Test. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 137**: Argamassa e concreto – Água para amassamento e cura de argamassa e concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto- Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro. 2003.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118** – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9935**: Agregados-Terminologia. Rio de Janeiro. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768**: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ACI 212.3R-91**: Chemical admixtures for concrete. ACI Manual of Concrete Practice, Part 1, Materials and general properties of concrete. Farmington Hills, Michigan, 1996. 31 p.

AITCIN, P.C. e BARON, J. **Lês adjuvants normalisés pour béton. In: Les Bétons, Bases et données pour leur formulation.** Paris, Éditions Eyrolles, 1996, 522p.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de construção.** 5. ed. rev. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 490 p. v. 1. ISBN 978-85-216-1249-0.

BENEDET, ÁLVARO; SOUZA, G.; SMANIOTTO, A. L. **Beneficiamento de albita a partir de flotação reversa e separação magnética para remoção de minerais contaminantes.** Revista Vincci - Periódico Científico do UniSATC, v. 6, n. 1, p. 117-137, 27 abr. 2021.

BITENCOURT, D. P. R. **Biotita.** Universidade Federal da Bahia. Salvador. 2012. Disponível em: <<http://entendendoageologiaufba.blogspot.com/2012/03/biotita-recebendo-esse-nome-em.html>>. Acesso em 26/05/2019.

CAVALCANTE, P. M. T.; BALTAR, C. A. M.; SAMPAIO, J. A. **Mica. In: Rochas & minerais industriais: usos e especificações.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005. Parte II. Cap.25. p.531-544.

CARVALHO, J.D.N. **Sobre as origens e desenvolvimento do concreto.** Maringá/PR. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2008.

COMPANHIA MINERADORA DE MINAS GERAIS. COMIG. **Mapa Geológico de Minas Gerais.** Mapa na escala 1:1. 100.000, Governo de Minas Gerais, 2003.

CORRÊA, AUGUSTO CESAR ABDUCHE. **Estudo do desempenho dos aditivos plastificantes e polifuncionais em concretos de cimento portland tipo CPIII-40.** 2010. 149 f. Dissertação – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2010. Disponível em: <http://poscivil.sites.uff.br/wpcontent/uploads/sites/461/2018/10/definitivaabduche.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2020.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. CPRM. **Projeto Leste - Programa de Mapeamento Geológico.** 1996. Disponível em: <[http://www.codemig.com.br/site/content/parcerias/levantamento\\_aerogeofi30&idSubPrj=50&filhoId=52](http://www.codemig.com.br/site/content/parcerias/levantamento_aerogeofi30&idSubPrj=50&filhoId=52)>. Acesso em: 20 de maio de 2019.

CPRM. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Serviço Geológico do Brasil.** Projeto Leste: Folha SE 24 - V-CIV – Teófilo Otoni. Carta Geológica. Belo Horizonte: 1996. 1 mapa, color. Escala 1:100.000.

DMITRUK, Hilda Beatriz (Org.). **Cadernos Metodológicos: diretrizes do trabalho científico.** 6. ed. rev. ampl. e atual. Chapecó: Argos, 2004.

DNPM – DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Anuário Mineral Brasileiro.** Brasília: DNPM, 2009.

DUQUE, E.P. **Aditivos para Concreto.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 11, Vol. 07, pp. 14-24 novembro de 2018.

EDMEADES, R. M., HEWLETT, P. C., “**Cement Admixtures**”, In: Hewlett, P. C. (ed), *Lea’s Chemistry of Cement and Concrete*, Elsevier Science & Technology Books, 4th ed., pp. 841–905, 2004.

EFFTING, Carneane. **Aditivos.** 2014. Apresentação de slides (Disciplina de Materiais de Construção II) – Universidade Federal do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2014.

FERRAZ, C. M. L. **Inundações e escorregamentos em Teófilo Otoni, Minas Gerais: uma situação de risco ambiental em continuada construção, segundo indicadores geomorfológicos**. 2019. 202f. (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

FERRAZ, C. M. L.; VALADÃO, R. C.; ALMEIDA, R. de A.; SCHETINI, A. C. S.; GOMES, G. V. Expansão urbana de Teófilo Otoni/MG: aplicação de técnicas de geoprocessamento na contribuição para ordenamento territorial. *Revista Vozes dos Vales*. Teófilo Otoni, v. 1, p. 1-22, maio 2016.

FILHO, VALTER JUNIOR SOARES. Desempenho de concretos bombeáveis classe C 25 com aditivos plastificante e superplastificante. 2019. 94 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia, Campus Goiânia, [S. l.], 2019. Disponível em: <https://repositorio.ifg.edu.br/handle/prefix/359>. Acesso em: 21 ago. 2020.

FRACALOSSI, A. R. G. **Aditivos de base policarboxilatos: influência nos tempos de pega e na manutenção do abatimento em pastas de cimento Portland**. 70f. Trabalho de diplomação, Engenharia Civil, Universidade Federal Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

FRANÇA, Esdras Poty de. **Tecnologia Básica do Concreto**. In: Apostila Curso Engenharia de Produção Civil. Disciplina materiais de construção. CEFET. Belo Horizonte. 2004. p. 7-13.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GALINDO, A.C.; SILVA, F.C.A.; DE SOUZA, Z.S. 2013, **Química Mineral De Leucomicrogranitos Neoproterozóicos do Domínio Rio Grande do Norte (DRN)**. *Geochimica Brasiliensis*, v. 26, n. 1, p. 19.

GIAMUSSO, Salvador Eugenio. **Manual do Concreto**. São Paulo: Pini, 1992, 163 p.

GOMES, A. J. L.; SILVA, J. M. P ; GOMES, J. L. S. ; GOMES, P. S. **Gradiente Geotérmico do Município de Teófilo Otoni no Vale do Mucuri**. *Revista de Ciência e Tecnologia do Vale do Mucuri*. *Revista de Ciência e Tecnologia do Vale do Mucuri*. 2012.

GOMES, Antônio Jorge de Lima; FERREIRA, Bruna Eduarda; Sena, Bruno Alves; Guedes, Ellen Cristiane. **Levantamento de Áreas de Risco Geológico e Ambiental dos Bairros Ipiranga, Manoel Pimenta e São Jacinto em Teófilo Otoni – MG**. X Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, Poços de Caldas, 2013.

GOMES, J. L. S.; GOMES, A. J. L.; GOMES, P. S. **Planejamento ambiental com base na geologia e sua aplicação no desenvolvimento urbano do município de Teófilo Otoni**. XI Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas. 4p. Poços de Caldas. 2014.

GOMES, J.L.S; COLARES, L. F; GOMES, A. J. L. **Identificação das Formações Geológicas no Planejamento Ambiental da Bacia do Rio Mucuri**. UFVJM, Teófilo Otoni, 2015. GOVERNO FEDERAL. Portal da Transparência. Disponível em: <<http://portaldatransparencia.gov.br>>. Acesso em 19 de junho de 2019.

HAWLITSCHKE, G. 2014, **Caracterização das Propriedades de Agregados Miúdos Reciclados e a Influência no Comportamento Reológico de Argamassas**. Universidade de São Paulo, 295 p.. Tese de Mestrado.

HEILBRON, M. et al. **Síntese geológica do bloco oriental (Zona da Mata): Projeto Sul de Minas – etapa I**. Belo Horizonte: UFMG, 2003. p. 10 – 37.

HELENE, P.; ANDRADE, T. **Concreto de Cimento Portland**. In: **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência de Engenharia de Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007. p. 40.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2010. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 25 de setembro de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PERMEABILIZAÇÃO (BRASIL). **Armazenamento e dosagem**. 1ª. ed. [S. l.: s. n.], 2021. 10 p. Disponível em: [https://ibibrasil.org.br/wp-content/uploads/2018/03/IBI-Manual-Armazenamento\\_Dosagem\\_Aditivos.pdf](https://ibibrasil.org.br/wp-content/uploads/2018/03/IBI-Manual-Armazenamento_Dosagem_Aditivos.pdf). Acesso em: 19 mar. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PERMEABILIZAÇÃO (BRASIL). **Manual de utilização de aditivos para concretos dosados em central**. 1ª. ed. [S. l.: s. n.], 2021. 10 p. Disponível em: <https://ibibrasil.org.br/wp-content/uploads/2018/03/Manual-de-utiliza%C3%A7%C3%A3o-de-aditivos-para-concreto-dosado-em-central-IBI-1-edi%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2020.

ISAIA, G.C. **Concreto ciência e tecnologia**. 1. ed. São Paulo: IBRACON, 2012.

JÚNIOR, Tarley Ferreira de Souza. **Estruturas de concreto armado**. 2021. 23 f. Notas de aulas (Departamento de Engenharia) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, LAVRAS, 2021.

KNECHTEL, M. R. **Metodologia da pesquisa em educação: uma abordagem teórico-prática dialogada**. Curitiba, PR: Intersaberes, 2014.

LIRA, H. L.; NEVES, G. A. **Feldspatos; conceitos, estrutura cristalina, propriedades físicas, origem e ocorrências, aplicações, reservas e produção**. Revista eletrônica de materiais e processos, v.8.3, p.110-117. 2013. Disponível em: [www.dema.ufcg.edu.br](http://www.dema.ufcg.edu.br). Acesso em: 19 abr.2021.

LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. **Rochas e Minerais Industriais, usos e especificações – CETEM**, 2º ed rev. e ampl. p. 314-666. 2005.

MARTIN, J. F. M. **Aditivos para Concreto**. In: ISAIA, G. C(Ed). **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005. p. 381-397. v. 1.

MATTAR, G.P. **Grupo Pedreira Mattar**. Produtos e serviços. Teófilo Otoni. 2019. Disponível em: <http://grupopedreiramattar.com.br>>. Acesso em: 12 de agosto de 2019.

MEAGHER, T., SHANAHAN, N., BUIDENS, D., et al, “**Effects of chloride and chloride-free accelerators combined with typical admixtures on the early-age cracking risk of concrete repair slabs**”, *Construction and Building Materials*, v.94, pp. 270–279, 2018.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, 1994.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concrete Microstructure, Properties, and Materials** – Fourth Edition.1998.Ed.: McGraw Hill. ISBN.: 978-0-07-179787-0.

METZKER, M. C. R.; SAIS, A. C.; LEITE, J. A. O; FERRAZ, C. M. L. **Uso de geotecnologias na caracterização de áreas de risco na cidade de Teófilo Otoni**. Minas Gerais. *Revista Geonorte*, [S.l.], v. 4, n. 16, p. 324-328, jan. 2014.

- MINAS JR, CONSULTORIA. **Caracterização dos minerais**. UFMG. Belo Horizonte/MG. Disponível em: < <https://www.minasjr.com.br/caracterizacao-de-materiais/> >. Acesso em: 15 de setembro 2021.
- Museu de Minerais e Rochas "HEINZ EBERT". DNPM. **Minerais**. Unesp. Disponível em: < <http://www.rc.unesp.br/museudpm/banco/index.html> > Acesso em: 18 de agosto de 2020.
- NETO, Arnaldo Martin Nardy; CARDOSO, Glauber Moreira; CHALEGRE, José Marcos Vam Bastein De Lima; GRACIANO, Luís Fernando; PICARELLI, Ricardo Muzzetti. **Estudo da influência de aditivos em concreto**. 2018. 52 f. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - FAAT Faculdades, ATIBAIA, 2018. Disponível em: <http://186.251.225.226:8080/handle/123456789/149>. Acesso em: 15 maio 2019.
- NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2.ed. São Paulo: Ed. Pini, 1997.
- NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 5.ed. São Paulo: Bookman, 2016.
- NEVILLE, A. M. & BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. 2ª ed. 448 p. Porto Alegre: Bookman. 2013.
- NOCE, Carlos M. et. al. CPRM - **O Embasamento Arqueano e Paleoproterozóico Do Orógeno Araçuaí**. 2007. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/noce\\_17\\_23.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/noce_17_23.pdf)>. Acesso em: 15 de maio de 2019
- OTTO BAUMGART. **Aditivos para concretos, argamassas e calda de cimento**. 12ª edição. Salvador, 2020. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/profNICODEMOS/catlogo-sobre-aditivos-para-concretos-e-argamassas>.Acesso>. Acesso em: 15 de agosto de 2020.
- PAES, C. J. V. **Projeto Leste. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. Belo Horizonte. 2000.
- PARREIRA, H. M. T. B. **Remoção de Biotita em Areias de Brita Utilizando Separador Magnético de Alta Intensidade a Seco**. Rio de Janeiro. 2016.
- PEIXOTO, Amanda; FERREIRA, Diego; MATTOS, Irani. **Catálogo de minerais do laboratório de mineralogia**. FORTALEZA: [s.n.],2016.84p.Disponível em: <https://geologia.ufc.br/wp-content/uploads/2017/05/catalogo-mineralogia.pdf>.Acesso em:17jan.
- PRANDI, Jair. **Túnel de São Gotardo (Gotthard Base)**. Santa Catarina/SC. 2011.
- PRASETYO, B. H., & GILKES, R. (1994). **XRD analysis of minerals in some Indonesian red soils**. Hasil Penelitain Tanah dan Agroklimiat, 1, 73-78.
- RAMOS, J. O.; GOMES, A. J. L. **Estratégias para Prevenção de Riscos Ambientais e Geológicos nos Espaços Urbanos da Cidade de Teófilo Otoni**. Revista Científica Vozes dos Vales – UFVJM – MG – Brasil – Nº 09 – Ano V – 05/2017.
- RIBEIRO, C.C., PINTO, J. D.S., STARLING, T. **Materiais de Construção Civil** . 2. Ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2006, 99 p.
- RIXOM AND N. MAILVAGANAM. **Chemical admixtures for concrete**. CrcPress, 3 ed.,1999.
- RODRIGUES, Publio Penna Firme. **Parâmetros de Dosagem do Concreto**. ET-67. 3ª Ed. São Paulo: IBRACON - Associação Brasileira de Cimento Portland, 1998

SIKA - BUILDING TRUST. **Aditivos químicos**. São Paulo/SP. 2018.

SIKA - BUILDING TRUST. **Aditivos químicos**. São Paulo/SP. 2020.

SERNA, H. A. de La. REZENDE, M. M. **Agregados para a construção civil. Departamento nacional de produção mineral**. 2013. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/8-1-2013-agregados-minerais>>. Acesso em: 18 Abril 2020.

SOBRAL, Hernani Sávio. **Propriedades do concreto fresco**. 5. ed. SÃO PAULO: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2000. 35 p. ISBN 85-87024-43-4.

TANNER Jr., J.T. (1994). Mica. In: Industrial Minerals and Rocks, 6ª edição, Ed. Donald D. Carr.

TECNOSIL. Aditivos aceleradores para concreto. 2020. Disponível em:<<https://www.tecnosilbr.com.br/aceleradores/>>. Acesso em: 15 ago 2020.

TEÓFILO OTONI (MG). **História**. Prefeitura Municipal. Disponível em: <<http://www.teofilootoni.mg.gov.br/site/sobre/historia/>>. Acesso em: 05 mar. 2021.

TOILLIER, Helena Carolina. **Estudo do desempenho de aditivos de manutenção de trabalhabilidade no concreto**. 2017. 95 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, Santa Cruz do Sul, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unisc.br/jspui/handle/11624/2064>. Acesso em: 9 maio 2021.

TUMELERO, Naína. **Pesquisa aplicada: material completo, com exemplos e características**. 2019. Disponível em: <https://blog.mettzer.com/pesquisa-aplicada/>. Acesso em 14/09/2021.

VEDACIT – GRUPO OTTO BAUMGART. **Manual técnico**. São Paulo/SP. 2020. Disponível em:<<https://www.vedacit.com.br/content/dam/vedacit/pdfs/catalogos/b2b/ManualTecnico.pdf.co> redownload.inline.pdf. Acesso em: 24 de agosto de 2020.

WAKIZAKA, Y.; ICHIKAWA, K.; NAKAMURA, Y.; ANAN, S. “**Deterioration of concrete due to specific minerals**”. Proc. Aggregate 2005, Environment and Economy, Conference, p. 33.

WEIDMANN, D.F.**Contribuição ao Estudo da Influência da Forma e da Composição Granulométrica de Agregados Miúdos de Britagem nas Propriedades do Concreto de Cimento Portland**. 2008. Universidade Federal de Santa Catarina. 273 p., Tese de Mestrado.

## APÊNDICE A – ESTUDO DE DOSAGEM DO CONCRETO

**Código do Traço: T1SA**  
**Classe de abatimento: S100 - 160mm à 220mm**  
**Concreto Referência (sem aditivo)**

**A/C**  
**0,90**

Materiais	Peso
ÁGUA - POÇO ARTESIANO	<b>6,90</b> litros
CIMENTO: CPIII 40 RS INTERCEMENT	<b>7,67</b> kg
AREIA: ARTIFICIAL VSI - PEDREIRA MATTAR	<b>25,95</b> kg
BRITA: 1 - PEDREIRA MATTAR	<b>28,58</b> kg
ADITIVO: ---	<b>00,00</b> gramas

Dados do slump			
1º Slump:	<u>20,0</u>	Sobra:	<u>- 450 ml</u> Hora: <u>17:45</u>
1º Slump:	<u>19,5</u>	Sobra:	<u>- 450 ml</u> Hora: <u>18:13</u>
1º Slump:	_____	Sobra:	_____      Hora: _____

Temperatura local: 24°C	Tara forma: 2904,1 g
UR - Umidade % : 57%	Peso: 6,325,6 g
Sobra: 15,7	Ar incorp.: 0,80%

**Código do Traço: T2SA**

**Classe de abatimento: S160 - 160mm à 220mm**  
**Concreto Referência (sem aditivo)**

**A/C**  
**0,70**

<b>Materiais</b>	<b>Peso</b>
ÁGUA - POÇO ARTESIANO	<b>6,90</b> litros
CIMENTO: CPIII 40 RS INTERCEMENT	<b>9,86</b> kg
AREIA: ARTIFICIAL VSI - PEDREIRA MATTAR	<b>24,11</b> kg
BRITA: 1 - PEDREIRA MATTAR	<b>28,58</b> kg
ADITIVO: ---	<b>00,00</b> gramas

<b>Dados do slump</b>			
1º Slump: <u>21,0</u>	Sobra: <u>+ 200 ml</u>	Hora: <u>14:53</u>	
1º Slump: <u>20,5</u>	Sobra: <u>+ 200 ml</u>	Hora: <u>15:18</u>	
1º Slump: <u>19,5</u>	Sobra: <u>+ 200 ml</u>	Hora: <u>15:34</u>	

Temperatura local: 26°C

Tara forma: 2907,4 g

UR - Umidade % : 48%

Peso: 6569,4 g

Sobra: 14,2

Ar incorp.: 0,70%

**Código do Traço: T3SA**  
**Classe de abatimento: S160 - 160mm à 220mm**  
**Concreto Referência (sem aditivo)**

**A/C**  
**0,50**

Materiais	Peso	
ÁGUA - POÇO ARTESIANO	6,90 litros	
CIMENTO: CPIII 40 RS INTERCEMENT	13,80 kg	
AREIA: ARTIFICIAL VSI - PEDREIRA MATTAR	20,80 kg	
BRITA: 1 - PEDREIRA MATTAR	28,58 kg	
ADITIVO: -----	00,00 gramas	0,0%

Dados do slump					
1º Slump:	<u>19,5</u>	Sobra:	<u>+ 650 ml</u>	Hora:	<u>19:22</u>
1º Slump:	<u>20,5</u>	Sobra:	<u>+ 650 ml</u>	Hora:	<u>19:52</u>
1º Slump:	<u>19,0</u>	Sobra:	<u>+ 650 ml</u>	Hora:	<u>20:03</u>

Temperatura local: 22°C	Tara forma: 2889,9 g
UR - Umidade % : 65%	Peso: 6587,2 g
Sobra: 15,6	Ar incorp.: 0,975%

**Código do Traço: T1AR1**  
**Classe de abatimento: S160 - 160mm à 220mm**  
**Concreto com aditivo retardador (dosagem mínima)**

**A/C**  
**0,90**

Materiais	Peso	
ÁGUA - POÇO ARTESIANO	6,90 litros	
CIMENTO: CPIII 40 RS INTERCEMENT	7,67 kg	
AREIA: ARTIFICIAL VSI - PEDREIRA MATTAR	25,95 kg	
BRITA: 1 - PEDREIRA MATTAR	28,58 kg	
ADITIVO: RECON BRAS C DA ADITIBRAS	08,45 gramas	0,0%

Dados do slump					
1º Slump:	<u>20,5</u>	Sobra:	<u>- 400 ml</u>	Hora:	<u>13:29</u>
1º Slump:	<u>18,75</u>	Sobra:	<u>- 400 ml</u>	Hora:	<u>13:56</u>
1º Slump:	<u>                    </u>	Sobra:	<u>                    </u>	Hora:	<u>                    </u>

Temperatura local: 22°C	Tara forma: 2901,1 g
UR - Umidade % : 59%	Peso: 6589,1 g
Sobra: 15,9	Ar incorp.: 0,90%

**Código do Traço: T2AR1**

**Classe de abatimento: S160 - 160mm à 220mm  
 Concreto com aditivo retardador (dosagem mínima)**

**A/C  
0,70**

<b>Materiais</b>	<b>Peso</b>
ÁGUA - POÇO ARTESIANO	<b>6,90</b> litros
CIMENTO: CPIII 40 RS INTERCEMENT	<b>9,86</b> kg
AREIA: ARTIFICIAL VSI - PEDREIRA MATTAR	<b>24,11</b> kg
BRITA: 1 - PEDREIRA MATTAR	<b>28,58</b> kg
ADITIVO: RECON BRAS C DA ADITIBRAS	<b>10,85</b> gramas

<b>Dados do slump</b>					
1º Slump:	<u>21,5</u>	Sobra:	<u>- 200 ml</u>	Hora:	<u>10:40</u>
1º Slump:	<u>19,0</u>	Sobra:	<u>- 200 ml</u>	Hora:	<u>11:10</u>
1º Slump:	<u>18,75</u>	Sobra:	<u>- 200 ml</u>	Hora:	<u>11:17</u>

Temperatura local: 19°C

Tara forma: 2884,7 g

UR - Umidade % : 69%

Peso: 6540,4 g

Sobra: 15,2

Ar incorp.: 1,10%

**Código do Traço: T3AR1**  
**Classe de abatimento: S160 - 160mm à 220mm**  
**Concreto com aditivo retardador (dosagem mínima)**

**A/C**  
**0,50**

Materiais	Peso	
ÁGUA - POÇO ARTESIANO	6,90 litros	
CIMENTO: CPIII 40 RS INTERCEMENT	13,80 kg	
AREIA: ARTIFICIAL VSI - PEDREIRA MATTAR	20,80 kg	
BRITA: 1 - PEDREIRA MATTAR	28,58 kg	
ADITIVO: RECON BRAS C DA ADITIBRAS	15,18 gramas	0,0%

Dados do slump					
1º Slump:	<u>19,5</u>	Sobra:	<u>+ 650 ml</u>	Hora:	<u>19:22</u>
1º Slump:	<u>20,5</u>	Sobra:	<u>+ 650 ml</u>	Hora:	<u>19:52</u>
1º Slump:	<u>19,0</u>	Sobra:	<u>+ 650 ml</u>	Hora:	<u>20:03</u>

Temperatura local: 22°C	Tara forma: 2889,9 g
UR - Umidade % : 65%	Peso: 6587,2 g
Sobra: 15,6	Ar incorp.: 0,975%

**Código do Traço: T1AR7**

**Classe de abatimento: S160 - 160mm à 220mm**  
**Concreto com aditivo retardador (dosagem máxima)**

**A/C**  
**0,90**

<b>Materiais</b>	<b>Peso</b>	
ÁGUA - POÇO ARTESIANO	<b>6,90</b> litros	
CIMENTO: CPIII 40 RS INTERCEMENT	<b>7,67</b> kg	
AREIA: ARTIFICIAL VSI - PEDREIRA MATTAR	<b>25,95</b> kg	
BRITA: 1 - PEDREIRA MATTAR	<b>28,58</b> kg	
ADITIVO: RECON BRAS C DA ADITIBRAS	<b>59,06</b> gramas	0,0%

<b>Dados do slump</b>			
1º Slump:	<u>20,5</u>	Sobra:	<u>- 700 ml</u> Hora: <u>18:19</u>
1º Slump:	<u>19,0</u>	Sobra:	<u>- 700 ml</u> Hora: <u>18:44</u>
1º Slump:	<u>          </u>	Sobra:	<u>          </u> Hora: <u>          </u>

Temperatura local: 23°C	Tara forma: 2888,4 g
UR - Umidade % : 65%	Peso: 6529,5 g
Sobra: 15,9	Ar incorp.: 0,80%

**Código do Traço: T2AR7**

**Classe de abatimento: S160 - 160mm à 220mm**  
**Concreto com aditivo retardador (dosagem máxima)**

**A/C**  
**0,70**

<b>Materiais</b>	<b>Peso</b>
ÁGUA - POÇO ARTESIANO	<b>6,90</b> litros
CIMENTO: CPIII 40 RS INTERCEMENT	<b>9,86</b> kg
AREIA: ARTIFICIAL VSI - PEDREIRA MATTAR	<b>24,11</b> kg
BRITA: 1 - PEDREIRA MATTAR	<b>28,58</b> kg
ADITIVO: RECON BRAS C DA ADITIBRAS	<b>75,92</b> gramas

<b>Dados do slump</b>					
1º Slump:	<u>20,5</u>	Sobra:	<u>- 650 ml</u>	Hora:	<u>16:37</u>
1º Slump:	<u>17,5</u>	Sobra:	<u>- 650 ml</u>	Hora:	<u>16:57</u>
1º Slump:	<u>19,5</u>	Sobra:	<u>- 600 ml</u>	Hora:	<u>17:05</u>

Temperatura local: 25°C	Tara forma: 2809,6 g
UR - Umidade % : 55%	Peso: 6541,4 g
Sobra: 16,5	Ar incorp.: 0,85%

**Código do Traço: T3AR7**  
**Classe de abatimento: S160 - 160mm à 220mm**  
**Concreto com aditivo retardador (dosagem máxima)**

**A/C**  
**0,50**

Materiais	Peso	
ÁGUA - POÇO ARTESIANO	6,90 litros	
CIMENTO: CPIII 40 RS INTERCEMENT	13,80 kg	
AREIA: ARTIFICIAL VSI - PEDREIRA MATTAR	20,80 kg	
BRITA: 1 - PEDREIRA MATTAR	28,58 kg	
ADITIVO: RECON BRAS C DA ADITIBRAS	106,26 gramas	0,0%

Dados do slump			
1º Slump:	<u>20,5</u>	Sobra:	<u>- 250 ml</u>
		Hora:	<u>20:05</u>
1º Slump:	<u>19,0</u>	Sobra:	<u>- 250 ml</u>
		Hora:	<u>20:34</u>
1º Slump:	_____	Sobra:	_____
		Hora:	_____

Temperatura local: 21°C	Tara forma: 2890,3 g
UR - Umidade % : 73%	Peso: 6537,2 g
Sobra: 16,1	Ar incorp.: 0,90%

**Código do Traço: T1AA1**  
**Classe de abatimento: S160 - 160mm à 220mm**  
**Concreto com aditivo acelerador (dosagem mínima)**

**A/C**  
**0,90**

Materiais	Peso		
ÁGUA - POÇO ARTESIANO	6,90	litros	
CIMENTO: CPIII 40 RS INTERCEMENT	7,67	kg	
AREIA: ARTIFICIAL VSI - PEDREIRA MATTAR	25,95	kg	
BRITA: 1 - PEDREIRA MATTAR	28,58	kg	
ADITIVO: RAP BRAS 150 DA ADITIBRAS	95,88	gramas	0,0%

Dados do slump			
1º Slump:	<u>20,5</u>	Sobra:	<u>- 650 ml</u>
		Hora:	<u>17:14</u>
1º Slump:	<u>19,5</u>	Sobra:	<u>- 650 ml</u>
		Hora:	<u>17:45</u>
1º Slump:	_____	Sobra:	_____
		Hora:	_____

Temperatura local: 24°C	Tara forma: 2886,0 g
UR - Umidade % : 62%	Peso: 6589,9 g
Sobra: 16,5	Ar incorp.: 1,10%

**Código do Traço: T2AA1**

**Classe de abatimento: S160 - 160mm à 220mm**  
**Concreto com aditivo acelerador (dosagem mínima)**

**A/C**  
**0,70**

<b>Materiais</b>	<b>Peso</b>
ÁGUA - POÇO ARTESIANO	<b>6,90</b> litros
CIMENTO: CPIII 40 RS INTERCEMENT	<b>9,86</b> kg
AREIA: ARTIFICIAL VSI - PEDREIRA MATTAR	<b>24,11</b> kg
BRITA: 1 - PEDREIRA MATTAR	<b>28,58</b> kg
ADITIVO: RAP BRAS 150 DA ADITIBRAS	<b>123,25</b> gramas

<b>Dados do slump</b>					
1º Slump:	<u>21,0</u>	Sobra:	<u>- 450 ml</u>	Hora:	<u>14:17</u>
1º Slump:	<u>19,5</u>	Sobra:	<u>- 450 ml</u>	Hora:	<u>14:42</u>
1º Slump:	<u>          </u>	Sobra:	<u>          </u>	Hora:	<u>          </u>

Temperatura local: 26°C	Tara forma: 2920,5 g
UR - Umidade % : 55%	Peso: 6617,7 g
Sobra: 15,6	Ar incorp.: 0,6%

**Código do Traço: T3AA1**  
**Classe de abatimento: S160 - 160mm à 220mm**  
**Concreto com aditivo retardador (dosagem mínima)**

**A/C**  
**0,50**

Materiais	Peso	
ÁGUA - POÇO ARTESIANO	6,90 litros	
CIMENTO: CPIII 40 RS INTERCEMENT	13,80 kg	
AREIA: ARTIFICIAL VSI - PEDREIRA MATTAR	20,80 kg	
BRITA: 1 - PEDREIRA MATTAR	28,58 kg	
ADITIVO: RECON BRAS C DA ADITIBRAS	172,5 gramas	0,0%

Dados do slump					
1º Slump:	<u>21,0</u>	Sobra:	<u>+ 100 ml</u>	Hora:	<u>19:07</u>
1º Slump:	<u>20,5</u>	Sobra:	<u>+ 100 ml</u>	Hora:	<u>19:34</u>
1º Slump:	<u>19,0</u>	Sobra:	<u>+ 100 ml</u>	Hora:	<u>19:51</u>

Temperatura local: 22°C	Tara forma: 2906,7 g
UR - Umidade % : 77%	Peso: 6614,3 g
Sobra: 13,9	Ar incorp.: 1,25%

**Código do Traço: T1AA6**  
**Classe de abatimento: S160 - 160mm à 220mm**  
**Concreto com aditivo acelerador (dosagem máxima)**

**A/C**  
**0,90**

Materiais	Peso	
ÁGUA - POÇO ARTESIANO	6,90 litros	
CIMENTO: CPIII 40 RS INTERCEMENT	7,67 kg	
AREIA: ARTIFICIAL VSI - PEDREIRA MATTAR	25,95 kg	
BRITA: 1 - PEDREIRA MATTAR	28,58 kg	
ADITIVO: RAP BRAS 150 DA ADITIBRAS	575,25 gramas	0,0%

Dados do slump					
1º Slump:	<u>21,5</u>	Sobra:	<u>- 850 ml</u>	Hora:	<u>10:55</u>
1º Slump:	<u>20,5</u>	Sobra:	<u>- 850 ml</u>	Hora:	<u>11:18</u>
1º Slump:	<u>19,5</u>	Sobra:	<u>- 850 ml</u>	Hora:	<u>11:29</u>

Temperatura local: 21°C	Tara forma: 2890,9 g
UR - Umidade % : 77%	Peso: 6607,8 g
Sobra: 16,2	Ar incorp.: 1,8%

**Código do Traço: T2AA6**

**Classe de abatimento: S160 - 160mm à 220mm**  
**Concreto com aditivo acelerador (dosagem máxima)**

**A/C**  
**0,70**

<b>Materiais</b>	<b>Peso</b>
ÁGUA - POÇO ARTESIANO	<b>6,90</b> litros
CIMENTO: CPIII 40 RS INTERCEMENT	<b>9,86</b> kg
AREIA: ARTIFICIAL VSI - PEDREIRA MATTAR	<b>24,11</b> kg
BRITA: 1 - PEDREIRA MATTAR	<b>28,58</b> kg
ADITIVO: RAP BRAS 150 DA ADITIBRAS	<b>739,5</b> gramas

<b>Dados do slump</b>					
1º Slump:	<u>21,5</u>	Sobra:	<u>- 700 ml</u>	Hora:	<u>09:21</u>
1º Slump:	<u>20,0</u>	Sobra:	<u>- 700 ml</u>	Hora:	<u>09:41</u>
1º Slump:	<u>19,5</u>	Sobra:	<u>- 700 ml</u>	Hora:	<u>09:51</u>

Temperatura local: 21°C	Tara forma: 2883,1 g
UR - Umidade % : 80%	Peso: 6499,7 g
Sobra: 15,6	Ar incorp.: 1,7%

**Código do Traço: T3AA6**  
**Classe de abatimento: S160 - 160mm à 220mm**  
**Concreto com aditivo acelerador (dosagem máxima)**

**A/C**  
**0,50**

Materiais	Peso	
ÁGUA - POÇO ARTESIANO	6,90 litros	
CIMENTO: CPIII 40 RS INTERCEMENT	13,80 kg	
AREIA: ARTIFICIAL VSI - PEDREIRA MATTAR	20,80 kg	
BRITA: 1 - PEDREIRA MATTAR	28,58 kg	
ADITIVO: RAP BRAS 150 DA ADITIBRAS	1035 gramas	0,0%

Dados do slump					
1º Slump:	<u>22,0</u>	Sobra:	<u>- 250 ml</u>	Hora:	<u>13:32</u>
1º Slump:	<u>20,5</u>	Sobra:	<u>- 250 ml</u>	Hora:	<u>13:56</u>
1º Slump:	<u>19,5</u>	Sobra:	<u>- 250 ml</u>	Hora:	<u>14:08</u>

Temperatura local: 26°C	Tara forma: 2767,9 g
UR - Umidade % : 49%	Peso: 6589,2 g
Sobra: 14,0	Ar incorp.: 2,1%

## RAP-BRAS

Aditivos aceleradores de pega e resistênciapara concreto– tipo AP e AR

ADITIBRAS

**Função:**

RAP-BRAS é uma linha de aditivos aceleradores do tempo de pega e de resistência para concreto. Seu uso é recomendado para promover o aumento da resistência inicial e acelerar o endurecimento do concreto, principalmente em regiões de clima frio. Possui em sua linha aceleradores a base de cloretos ou isentos deste. RAP-BRAS isento de cloretos é especialmente indicado para uso em concretos e argamassas que contenham armadura ou protensão.

São compatíveis com a maioria dos tipos de cimento Portland disponíveis no mercado. São produtos líquidos e prontos para uso. Atendem aos requisitos da norma ABNT NBR 11768:2019, designados como acelerador de pega (tipo AP) e/ou acelerador de resistência (tipo AR).

**Benefícios:**

- Sua ação promove o aumento das resistências iniciais em um curto período de tempo.
- Acelera a pega do concreto sem causar problemas de retração.
- Permite que formas e escoramentos sejam liberados mais rapidamente, e que o acabamento das áreas concretadas possa ser realizado mais cedo.

**Aplicação / Dosagem:**

O aditivo RAP-BRAS deve ser adicionado diretamente no concreto após a mistura inicial dos componentes, inclusive a água. Pode ser utilizado juntamente com as outras linhas de plastificantes e superplastificantes<sup>1</sup> da ADITIBRAS, desde que o acelerador seja adicionado primeiro e os outros aditivos sejam adicionados separadamente ao concreto.

**A faixa de dosagem recomendada encontra-se abaixo, na tabela de produtos da linha. Recomenda-se a execução de ensaios prévios em laboratório para a determinação da dosagem adequada.**

<sup>1</sup>Aditivos plastificantes e superplastificantes foram redesignados como redutores de água do tipo 1 (RA1) e redutores de água do tipo 2 (RA2) respectivamente, conforme a norma ABNT NBR 11768:2019.

Produtos da Linha	Indicações Técnicas	Tipo <sup>2</sup>	Dosagem	Propriedades
<b>RAP-BRAS CL</b>	Recomendado para a fabricação de concretos com cimento cinza, em condições de temperatura normal à baixa e/ou contendo cimento com tempo de pega lento. Proporciona maior resistência inicial em curto período de tempo.  <b>Acelerador a base de cloreto. NÃO pode ser aplicado em concreto armado.</b>	AP e AR	<b>1 a 6 L</b>  Sugestão inicial: <b>3 L</b>  Para cada 100kg de ligante total <sup>3</sup>	Aparência: Líquido verde  pH: 9,0 ± 1,0  Massa Específica: 1,330 ± 0,020 g/cm <sup>3</sup>
<b>RAP-BRAS CL20</b>	Recomendado para a fabricação de concretos com cimento branco, em condições de temperatura normal à baixa e/ou contendo cimento com tempo de pega lento. Proporciona maior resistência inicial em curto período de tempo.  <b>Acelerador a base de cloreto. NÃO pode ser aplicado em concreto armado.</b>	AP e AR	<b>1 a 6 L</b>  Sugestão inicial: <b>3 L</b>  Para cada 100kg de ligante total <sup>3</sup>	Aparência: Líquido incolor a levemente âmbar  pH: 9,0 ± 1,0  Massa Específica: 1,330 ± 0,020 g/cm <sup>3</sup>

Tabela continua na próxima página.

## RAP-BRAS

Aditivos aceleradores de pega e resistênciapara concreto– tipo AP e AR

ADITIBRAS

Produtos da Linha	Indicações Técnicas	Tipo <sup>2</sup>	Dosagem	Propriedades
<b>RAP-BRAS 100</b>	<p>Recomendado para a fabricação de concretos com cimento branco ou cinza, em condições de temperatura normal à baixa e/ou contendo cimento de tempo de pega lento. Proporciona maior resistência inicial em curto período de tempo.</p> <p><b>Acelerador isento de cloreto.</b> <b>Pode ser aplicado em concreto armado.</b></p>	AP	<p><b>1 a 6 L</b></p> <p>Sugestão inicial: <b>3 L</b></p> <p>Para cada 100kg de ligante total<sup>3</sup></p>	<p>Aparência: Líquido amarelo</p> <p>pH: 8,5 ± 1,0</p> <p>Massa Específica: 1,330 ± 0,020 g/cm<sup>3</sup></p>
<b>RAP-BRAS 150</b>	<p>Recomendado para a fabricação de concretos com cimento branco ou cinza, em condições de temperatura normal à baixa e/ou contendo cimento de tempo de pega lento. Proporciona maior resistência inicial em curto período de tempo e auxilia na resistência aos 28 dias.</p> <p><b>Acelerador isento de cloreto.</b> <b>Pode ser aplicado em concreto armado.</b></p>	AP	<p><b>1 a 6 L</b></p> <p>Sugestão inicial: <b>3 L</b></p> <p>Para cada 100kg de ligante total<sup>3</sup></p>	<p>Aparência: Líquido castanho escuro</p> <p>pH: 10,5 ± 1,0</p> <p>Massa Específica: 1,250 ± 0,020 g/cm<sup>3</sup></p>
<b>RAP-BRAS 200</b>	<p>Recomendado para a fabricação de concretos com cimento branco ou cinza, em condições de temperatura normal à baixa e/ou contendo cimento de tempo de pega lento. Proporciona maior resistência inicial em curto período de tempo. Atua também como um plastificante, atendendo à NBR 11768:2019, tipo RA1-A.</p> <p><b>Acelerador isento de cloreto.</b> <b>Pode ser aplicado em concreto armado.</b></p>	AR	<p><b>200 a 600 ml</b></p> <p>Sugestão inicial: <b>300 ml</b></p> <p>Para cada 100kg de ligante total<sup>3</sup></p>	<p>Aparência: Líquido castanho escuro</p> <p>pH: 10,5 ± 1,0</p> <p>Massa Específica: 1,150 ± 0,020 g/cm<sup>3</sup></p>

<sup>2</sup> Conforme designado na norma ABNT NBR 11768:2019.

<sup>3</sup> Ligante total compreende cimento Portland e adições minerais definidos na ABNT NBR 12655, que são considerados no cálculo da dosagem do aditivo.

**Embalagem / Estocagem / Validade:**

Os aditivos da linha RAP-BRAS são fornecidos a granel ou em bombonas plásticas / tambores de 200L, 50L ou 20L. Devem ser estocados em suas embalagens originais e em local protegido do sol, ventilado e seco. Seu prazo de validade é de 06 meses a partir da data de sua fabricação.

**Recomendações de Segurança:**

Ao manusear os aditivos da linha RAP-BRAS deve-se utilizar equipamentos de proteção individual (EPI's): luvas, óculos de segurança, máscara e avental. Não ingerir o produto. Evitar o contato com os olhos e a pele. Procurar um médico em caso de sintomas de irritação ao produto. Antes de utilizar algum produto da linha RAP-BRAS, recomenda-se consultar a sua FISPQ.

# RAP-BRAS

Aditivos aceleradores de pega e resistência  
para concreto – tipo AP e AR

# ADITIBRAS

## Função:

RECON-BRAS é uma linha de aditivos destinados ao controle do processo de hidratação do cimento em concretos. Seu uso é indicado para a recuperação da plasticidade de concretos que ultrapassaram o limite de tempo para a sua aplicação e iniciaram o processo de perda de trabalhabilidade. A adição de RECON-BRAS pode recuperar e prolongar o estado plástico de concretos em betoneiras por algumas horas ou dias. O concreto aditivado com RECON-BRAS é compatível com a mistura com concreto fresco mantendo suas propriedades mecânicas iguais ou superiores às originais.

São compatíveis com a maioria dos tipos de cimento Portland disponíveis no mercado. São produtos líquidos, prontos para uso e isentos de cloretos. Atendem aos requisitos da norma ABNT NBR 11768:2019, designado como controlador de hidratação – tipo CH.

## Benefícios:

- Prolongamento do estado plástico do concreto por horas ou dias.
- Redução dos custos de redosagem.
- Redução dos custos com gerenciamento de resíduos (eliminação de concretos inutilizados).
- Redução da taxa de liberação calor proveniente da hidratação do cimento e consequente diminuição da temperatura do concreto durante o transporte, ideal para concretos com temperaturas de lançamentos pré-especificadas e concretagem de peças de grande volume.
- Ideal para concretos dosados em centrais afastadas dos canteiros de obras.

## Dosagem / Aplicação:

A dosagem recomendada dos aditivos da linha RECON-BRAS está relacionada na tabela abaixo. RECON-BRAS deve ser adicionado diretamente no concreto após a mistura inicial dos componentes, inclusive a água e o aditivo plastificante.

Para a recuperação de concretos, RECON-BRAS pode ser adicionado diretamente ao concreto desde que este não tenha atingido o seu início de pega.

Recomenda-se a execução de ensaios prévios em laboratório para a determinação da dosagem adequada às características do material, condições climáticas e tempo de retardamento necessário. RECON-BRAS pode ser utilizado juntamente com outras linhas de aditivos da ADITIBRAS, desde que seja recomendado pelo departamento técnico da empresa e os aditivos sejam adicionados separadamente ao concreto.

Produtos da Linha	Indicações Técnicas	Dosagem a cada 100kg de ligante total <sup>1, 2</sup>	Propriedades
<b>RECON-BRAS A</b>	Inibidor de hidratação recomendado para a recuperação de todos os tipos de concreto.	<p><b>Para retardo de 1 a 4 horas:</b> Dosar de 100 a 700 ml</p> <p><b>Para retardo de 24 a 72 horas:</b> Dosar de 1 a 2,5% s.p.l.</p>	<p>Aparência: Líquido Rosa</p> <p>pH: 12,0 ± 1,0</p> <p>Massa Específica: 1,120 ± 0,020 g/cm<sup>3</sup></p>

Tabela continua na próxima página.

# RAP-BRAS

Aditivos aceleradores de pega e resistência  
para concreto – tipo AP e AR

# ADITIBRAS

Produtos da Linha	Indicações Técnicas	Dosagem a cada 100kg de ligante total <sup>1, 2</sup>	Propriedades
<b>RECON-BRAS B</b>	Inibidor de hidratação recomendado para a recuperação de todos os tipos de concreto. Promove o incremento das resistências finais.	<p><b>Para retardo de 1 a 4 horas:</b> Dosar de 100 a 700 ml</p> <p><b>Para retardo de 24 a 72 horas:</b> Dosar de 1 a 2,5% s.p.l.</p>	<p>Aparência: Líquido Laranja</p> <p>pH: 11,0 ± 1,0</p> <p>Massa Específica: 1,180 ± 0,020 g/cm<sup>3</sup></p>
<b>RECON-BRAS C</b>	Inibidor de hidratação recomendado para a recuperação de todos os tipos de concreto. Permite obtenção de melhor custo benefício conforme o tipo de cimento utilizado.	<p><b>Para retardo de 1 a 4 horas:</b> Dosar de 100 a 700 ml</p> <p><b>Para retardo de 24 a 72 horas:</b> Dosar de 1 a 2,5% s.p.l.</p>	<p>Aparência: Líquido Azul</p> <p>pH: 9,5 ± 1,0</p> <p>Massa Específica: 1,100 ± 0,020 g/cm<sup>3</sup></p>

<sup>1</sup>Ligante total compreende cimento Portland e adições minerais definidos na ABNT NBR 12655, que são considerados no cálculo da dosagem do aditivo (s.p.l = sobre o peso de ligante). <sup>2</sup> A dosagem também deve levar em consideração a temperatura do concreto no momento da adição de RECON-BRAS.

### Embalagem / Estocagem / Validade:

Os aditivos da linha RECON-BRAS são fornecidos a granel ou em bombonas plásticas / tambores de 200L. Devem ser estocados em suas embalagens originais em local protegido do sol, ventilado e seco. Seu prazo de validade é de 06 meses a partir da data de sua fabricação.

### Recomendações de Segurança:

Ao manusear os aditivos da linha RECON-BRAS deve-se utilizar equipamentos de proteção individual (EPI's): luvas, óculos de segurança, máscara e avental. Não ingerir o produto. Evitar o contato com os olhos e a pele. Procurar um médico em caso de sintomas de irritação ao produto. Antes de utilizar algum produto da linha RECON-BRAS, recomenda-se consultar a sua FISPQ.

**ANEXO B – CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA****RELATÓRIO TÉCNICO****P21007 - AQ CIBELE**

**RELATÓRIO TÉCNICO**  
**PROJETO 21007 – AQ CIBELE**

Empresa Avaliada: Cibeles

Contato:

Tel: (33) 99924-2589

E-mail: [cibelemorais.eng@gmail.com](mailto:cibelemorais.eng@gmail.com)

**Equipe Técnica**

Gerente do Projeto: Gabriela Alvim Veitenheimer Costa

Assessores do Projeto: Brenda Costa Belchior Guimarães  
Thiago Nascimento

**ATENÇÃO**

O presente documento é propriedade intelectual da Minas Júnior Consultoria Mineral, sendo expressamente proibida qualquer forma de exposição das informações aqui apresentadas e/ou sua reprodução ou cópia, por qualquer meio ou instrumento, no todo ou em parte, sem a prévia e formal autorização da empresa avaliada e da Minas Júnior.

Belo Horizonte, 27 de agosto de 2021.

## **MINAS JÚNIOR CONSULTORIA MINERAL**

A Minas Jr Consultoria Mineral é uma associação civil sem fins econômicos que busca aprimorar a formação acadêmica, cultural e social dos alunos dos cursos de Geologia e Engenharia de Minas da UFMG, desenvolvendo o espírito empreendedor dos futuros profissionais.

Atuando há mais de 10 anos no mercado, nossos serviços consistem na realização de estudos e elaboração de diagnósticos, pareceres, análises, relatórios, cursos e projetos sobre assuntos específicos da nossa área de atuação. Através destes estudos é possível assessorar a implantação de soluções indicadas para os problemas diagnosticados.

Buscamos sempre promover a integração social e profissional dos nossos membros segundo os princípios do Aprendizado, Ética, Comprometimento, Profissionalismo e Excelência. A valorização dos alunos e professores do curso de Geologia e Engenharia de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais no mercado de trabalho e no âmbito acadêmico é nossa maior motivação.

## RESUMO DO PROJETO

O presente relatório teve como objetivo realizar uma análise química na amostra de brita zero entregue pela cliente a fim de quantificar a biotita presente em sua composição. A metodologia utilizada foi a realização das análises por Difratomia de Raios-X (DRX) e por Fluorescência de Raios-X (FRX). A partir desses testes foi concluído que a amostra possui 10% de biotita em sua composição, um teor baixo se comparado com as outras fases cristalinas identificadas na amostra.

A análise quantitativa dos elementos químicos presentes na amostra por FRX foi realizada em duplicata para garantir confiabilidade aos resultados. Na Tabela 1 abaixo encontram-se os resultados dos testes, bem como a média entre eles.

**Tabela 1: Valores obtidos pela análise por FRX da amostra. Fonte [5]**

Óxidos	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MnO	LOI
Unidade	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1º	74,7	14,4	1,57	0,91	<0,1	0,1	0,09	3,57	5,39	<0,01	0,55
2º	74,5	14,2	1,57	0,89	0,11	0,11	0,09	3,63	5,31	<0,01	-
Média	74,6	14,3	1,57	0,9	<0,105	0,105	0,09	3,6	5,35	<0,01	0,55

Esses valores foram relacionados com o Difratograma obtido pelo DRX e foi possível diferenciar a biotita das outras micas, quantificando-a. A Tabela 2 abaixo mostra os valores percentuais das fases cristalinas presentes na amostra encontrados pelo método semiquantitativo de Rietveld.

**Tabela 2: Semiquantificação de fases presentes pelo Método Rietveld. Fonte [4]**

Fase cristalina	Quantidade qualitativa	Fase cristalina em %
Quartzo	abundante	35,3%
Feldspato (albita)	abundante	32,0%
Feldspato (orthoclasio)	mediana	22,7%
Biotita	baixa	10,0%

## SUMÁRIO

RESUMO DO PROJETO.....	4
Lista de Figuras.....	6
Lista de Tabelas.....	6
1. Introdução.....	7
2. Objetivos.....	8
3. Metodologia.....	8
3.1. Fluxograma.....	8
3.2. Recebimento da Amostra.....	10
3.3. Cominuição e Amostragem.....	10
3.4. Difratomia de Raios-X (DRX).....	10
3.5. Fluorescência de Raios-X (DRX).....	11
4. Análise dos Resultados.....	11
4.1. Análise por Fluorescência de Raios-X (FRX).....	11
4.2. Análise por Difratomia de Raios-X (DRX).....	12
5. Conclusão.....	13
6. Estudos complementares.....	13
7. Referências Bibliográficas.....	13
8. Anexos.....	14

**Lista de Figuras**

Figura 1 – Fluxograma dos processos desenvolvidos no projeto ..... 9

Figura 2 – Difratoograma de Raios X da amostra de brita zero..... 13

**Lista de Tabelas**

Tabela 1 - Valores obtidos pela análise por FRX da amostra..... 12

Tabela 2 – Semiquantificação de fases presentes pelo Método Rietveld..... 13

## 1. Introdução

A brita é um material que possui uma enorme gama de utilização em diversos ramos do mercado. O conhecimento químico e mineralógico da rocha é essencial para o melhor direcionamento de seu uso e um maior aproveitamento do produto. Diante disso, este relatório tem o objetivo de apresentar os resultados quanto à composição mineralógica da amostra de brita zero entregue, com ênfase na quantidade de biotita presente, a fim de atender à solicitação da cliente.

A biotita, de fórmula química  $K(Fe,Mg)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$ , é um mineral da classe dos filossilicatos, os quais possuem os tetraedros de silício de sua composição polimerizados em folhas. Dentro dessa classificação, ela ainda se encontra inserida no grupo das micas. As micas compõem cerca de 5% da crosta terrestre, sendo a biotita um dos minerais mais abundantes dentro desse grupo e também na natureza. Sua ocorrência é frequente em xistos, gnaisses, granitos, migmatitos, pegmatitos, riolitos e em demais rochas, sendo classificada como mineral formador de rochas metamórficas e ígneas máficas e ultramáficas.

Algumas das propriedades físicas mais diagnósticas para identificar a biotita são sua coloração escura e sua dureza baixa na escala de Mohs. Além disso, a biotita é um mineral ferro-magnesiano, ou seja, possui teores expressivos de ferro (Fe) e magnésio (Mg) em sua composição. Nesse viés da identificação, a biotita apresenta um resultado na análise por Difractometria de Raios-X (DRX) muito semelhante ao da muscovita, outro mineral do grupo das micas, sendo impossível diferenciá-los. Assim, é necessária a aplicação da análise por Fluorescência de Raios-X (FRX), a fim de diferenciar as micas por meio da composição química.

A biotita tem utilização relevante em argamassas para revestimentos arquitetônicos e também como objetos ornamentais. Além disso, pode ser usada na produção de lubrificantes.

## PROPOSTA DE VALOR

No projeto AQ CIBELE – P21007 buscamos obter dados acerca da composição química e mineralógica da amostra de rocha entregue, de acordo com as demandas da cliente, a fim de possibilitar um maior conhecimento do seu material. A partir do trabalho desenvolvido, foi possível gerar valor nos seguintes pilares:

### Assertividade



O conhecimento do seu produto, por meio das análises químicas por DRX e FRX, irá fornecer um melhor direcionamento de sua aplicação na indústria mineral, permitindo seu aproveitamento máximo.

## 2. Objetivos

O presente relatório busca interpretar uma amostra de brita zero e identificar sua composição mineralógica, a fim de encontrar o percentual de biotita presente.

## 3. Metodologia

Nessa seção serão apresentadas e detalhadas cada uma das etapas, métodos e técnicas utilizadas durante a execução do projeto, com a finalidade de obter uma melhor compreensão acerca de cada um desses processos.

### 3.1. Fluxograma

A Figura 1 apresenta o fluxograma dos procedimentos realizados com a amostra entregue, os quais consistem em: recebimento da amostra, cominuição e amostragem, análise por DRX e FRX, análise dos resultados e a confecção do presente relatório técnico final.

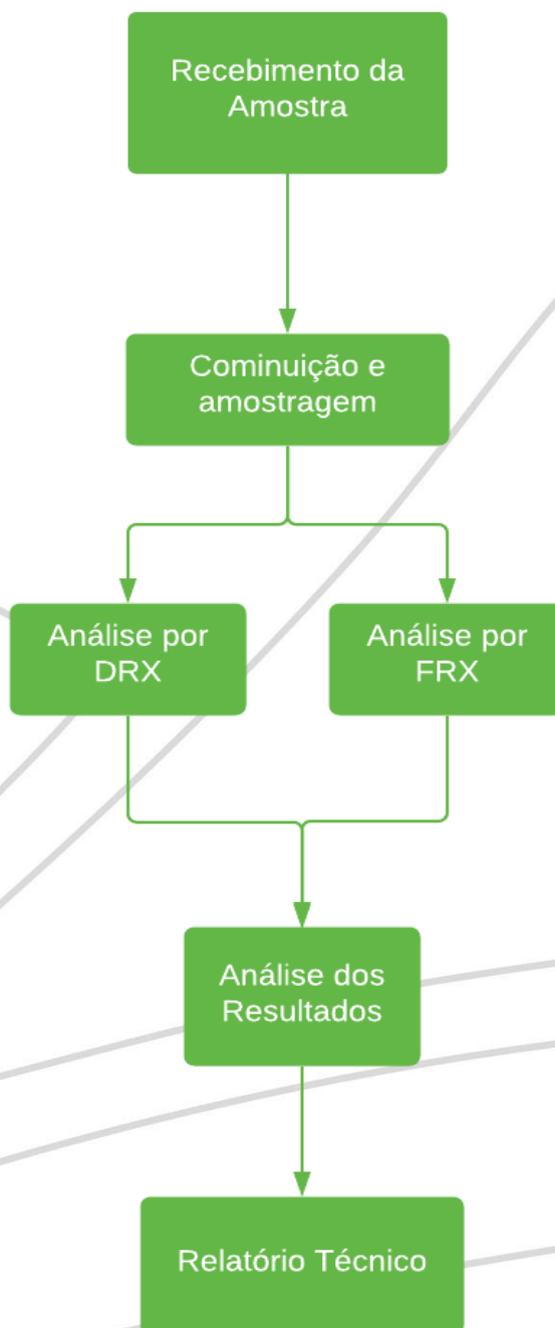


Figura 1: Fluxograma dos processos desenvolvidos no Projeto.

### **3.2. Recebimento da Amostra**

A amostra de brita zero foi recebida por um membro da Minas Júnior Consultoria Mineral e, posteriormente, foi encaminhada ao laboratório terceirizado a fim de realizar as análises de DRX e FRX.

### **3.3. Cominuição e Amostragem**

A cominuição da amostra, que consiste na quebra do material para reduzir sua granulometria, foi a primeira etapa a ser realizada. O objetivo desse processo foi reduzir a granulometria do material até que as partículas da amostra obtivessem o tamanho necessário para a realização dos procedimentos seguintes.

Então, o material, já com a granulometria adequada, foi homogeneizado e amostrado de maneira que as novas amostras mantivessem as características do todo. A amostragem resultou em duas amostras: uma de 15 gramas, utilizada no teste de Difractometria de Raios-X (DRX), e outra de 60 gramas, encaminhada para a análise de Fluorescência de Raios-X (FRX).

Tanto a cominuição quanto a amostragem foram realizadas pelo laboratório terceirizado a fim de preparar e homogeneizar o material para as análises. Tal etapa, bem como as posteriores (ensaios nos aparelhos de FRX e DRX) são de responsabilidade dos laboratórios terceirizados pela Minas Júnior Consultoria Mineral.

### **3.4. Difractometria de Raios-X (DRX)**

A análise química semiquantitativa por Difractometria de Raios-X é uma técnica que visa a identificação da mineralogia do material por meio da forma que os raios X se difratam ao passar pela estrutura cristalina dos minerais.

O procedimento foi realizado em um Difrátômetro da PANalytical, utilizando radiação  $\text{CuK}\alpha$  e cristal monocromador de grafita. O método de análise consiste na comparação dos valores das distâncias interplanares e das intensidades dos picos nos difratogramas da amostra analisada e de uma amostra de referência, utilizando o padrão do banco de dados PDF-2 do ICDD – International Centre for Diffraction Data. Vale ressaltar que cada mineral possui um conjunto de distâncias interplanares específico, o que possibilita sua identificação.

O teste de DRX foi realizado pelo Laboratório de Raios X do Departamento de Engenharia de Minas da UFMG, portanto a metodologia e os equipamentos utilizados são de responsabilidade do departamento.

### 3.5. Fluorescência de Raios-X (DRX)

A análise química por Fluorescência de Raios-X (FRX) permite a identificação dos elementos químicos presentes em uma amostra. É uma análise quantitativa, ou seja, ela consegue determinar a concentração dos elementos identificados.

O procedimento consiste na irradiação da amostra por um feixe de raios-X que excita os átomos ali presentes e, então, raios-X “fluorescentes” característicos são emitidos do material. Esses raios apresentam um comprimento de onda e uma energia específicos de cada elemento. A partir disso, realiza-se a medição da quantidade desses raios de cada elemento para obter a concentração de cada um. Essa análise fez-se essencial para auxiliar a análise por DRX a diferenciar a biotita das outras micas por meio de sua composição química.

Os testes de FRX foram realizados pela SGS GEOSOL Laboratórios Ltda, portanto a metodologia e os equipamentos utilizados são de responsabilidade da empresa.

## 4. Análise dos Resultados

### 4.1. Análise por Fluorescência de Raios-X (FRX)

A análise por FRX foi realizada em duplicata para garantir maior confiabilidade aos resultados. Os valores obtidos nos dois testes e sua respectiva média estão apresentados na Tabela 1 abaixo.

**Tabela 1: Valores obtidos pela análise por FRX da amostra. Fonte [5]**

Óxidos	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MnO	LOI
Unidade	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1º	74,7	14,4	1,57	0,91	<0,1	0,1	0,09	3,57	5,39	<0,01	0,55
2º	74,5	14,2	1,57	0,89	0,11	0,11	0,09	3,63	5,31	<0,01	-
Média	74,6	14,3	1,57	0,9	<0,105	0,105	0,09	3,6	5,35	<0,01	0,55

A partir dos teores de cada óxido, a biotita foi diferenciada dos outros minerais do grupo das micas na análise por DRX.

#### 4.2. Análise por Difratomia de Raios-X (DRX)

O resultado obtido na análise qualitativa por Difração de Raios-X identificou na amostra as seguintes fases cristalinas: quartzo, feldspato (albita), feldspato (orthoclasio) e mica (biotita).

O difratograma indexado da amostra encontra-se na Figura 2 a seguir.

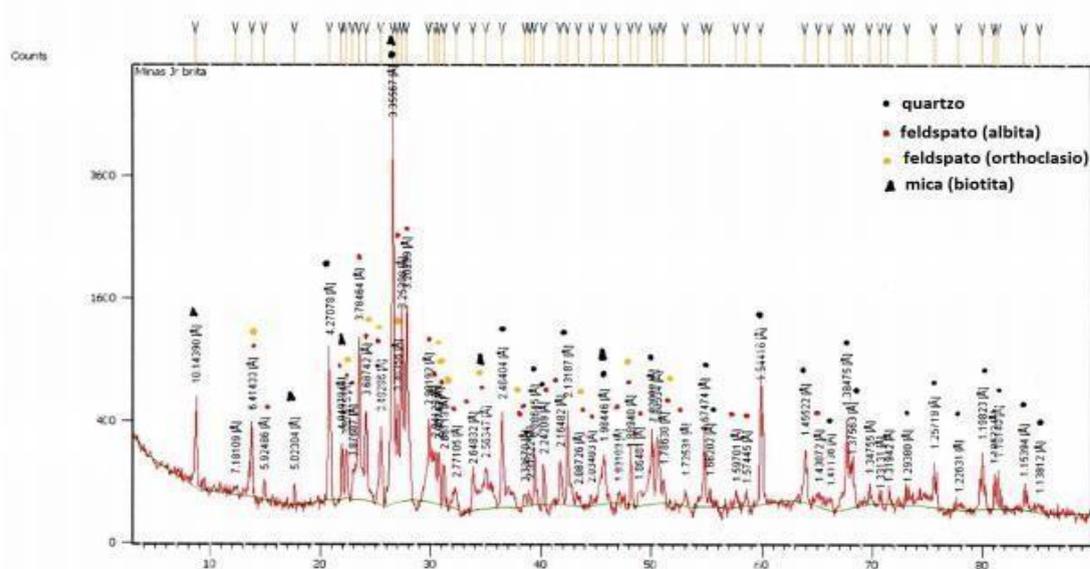


Figura 2: Difratograma de Raios X da amostra de brita zero. Fonte [3]

Em relação a quantidade de cada fase cristalina presente, obteve-se os seguintes valores da Tabela 2 abaixo pelo método semiquantitativo de Rietveld.

Tabela 2: Semiquantificação de fases presentes pelo Método Rietveld. Fonte [4]

Fase cristalina	Quantidade qualitativa	Fase cristalina em %
Quartzo	abundante	35,3%
Feldspato (albita)	abundante	32,0%
Feldspato (orthoclasio)	mediana	22,7%
Biotita	baixa	10,0%

Assim, foi possível concluir que a porcentagem de biotita presente na amostra entregue pela cliente foi de 10%. Em comparação com as outras frases cristalinas identificadas, é um teor baixo para o mineral.

## **5. Conclusão**

Portanto, diante dos resultados obtidos na análise química por DRX e FRX, foi possível concluir que a amostra apresenta uma porcentagem de 10% de biotita. Esse teor foi baixo em comparação com os dos outros minerais identificados na amostra.

Então, o projeto desenvolvido permitiu à cliente um maior conhecimento químico e mineralógico acerca de seu produto e poderá auxiliar no direcionamento de seu uso, de modo a obter um aproveitamento máximo do material.

## **6. Estudos complementares**

Nesse projeto foi possível verificar a presença de 10% de biotita presente na amostra de brita por meio das análises de FRX e DRX solicitadas, técnicas confiáveis e precisas. Todavia, a realização de outros testes de análise química pode fornecer ainda mais informações sobre o material, o que auxilia no direcionamento para uma possível utilização futura. Recomenda-se, então, a aplicação do teste por Espectrometria de Emissão Ótica (ICP – OES) na amostra, análise que permite identificar metais e elementos em concentrações menores presentes em rochas e quantificar os teores de cada um. Esse teste é realizado pela Minas Jr Consultoria Mineral.

## **7. Referências Bibliográficas**

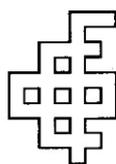
- [1] KLEIN, C; DUTROW, B. Manual da Ciência dos Minerais. 23ª ed. Bookman, 2012.
- [2] KORBEL, P; NOVÁK, M. Enciclopédia dos Minerais. 1ª ed. LIVROSeLIVROS, outubro de 2000.

[3] Museu de Minerais, Minérios e Rochas Heinz Ebert. Biotita. Disponível em: <<https://museuhe.com.br/mineral/biotita-biotite/>>. Acesso em: 22 de julho de 2021.

[4] Relatório de Análise por Difração de Raio X (DRX) – Caracterização de fases minerais cristalinas – Laboratório de Raios X do Departamento de Engenharia de Minas – UFMG. Fundação Cristiano Ottoni. Belo Horizonte, agosto de 2021.

[5] Relatório de Análise por Fluorescência de Raio X (FRX) – SGS GEOSOL Laboratórios Ltda. Belo Horizonte, agosto de 2021.

## **8. Anexos**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**Departamento de Engenharia de Minas**  
**FUNDAÇÃO CHRISTIANO OTTONI**

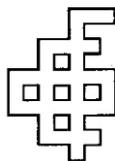


***RELATÓRIO TÉCNICO 022/2021***

## **Caracterização das fases minerais cristalinas**

Agosto de 2021

**Departamento de Engenharia de Minas – EE.UFMG**  
**Av. Antônio Carlos, 6627 – Escola de Engenharia Bloco 2 – Pampulha – 31270-901 - Belo Horizonte, MG**  
**Tel: 31 3409-1860 Fax: 31 3409-1966 [www.demin.ufmg.br](http://www.demin.ufmg.br)**



**FUNDAÇÃO CHRISTIANO OTTONI**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS**  
**EE.UFMG**  
**Laboratório de Raios X**



Relatório: 022/2021

Material: Amostra mineral

Interessado: Minas Jr Consultoria

## 1. INTRODUÇÃO

O presente relatório apresenta os resultados obtidos na caracterização das fases cristalinas, através da técnica de difratometria de raios X, de 01 amostra:

- Amostra **P21007**.

## 2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A amostra foi submetida a análise semiquantitativa por Difratometria de Raios X (DRX), realizada em um Difratorômetro da PANalytical, utilizando radiação  $\text{CuK}\alpha$  e cristal monocromador de grafita. O método de análise se baseia na comparação dos valores das distâncias interplanares e das intensidades dos picos nos difratogramas das amostras analisadas e uma amostra de referência, utilizando o padrão do banco de dados PDF-2 do ICDD – International Centre for Diffraction Data.

Os padrões do banco de dados PDF-2 do ICDD utilizados para a identificação das fases cristalinas foram:

Fases Identificadas	Fórmula
Quartzo	$\text{SiO}_2$
Albita	$\text{Ca}_{0,2}\text{Na}_{0,8}\text{AlSi}_3\text{O}_8$
Orthoclasio	$\text{KAlSi}_3\text{O}_8$
Biotita	$\text{K}(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH},\text{F})_2$

---

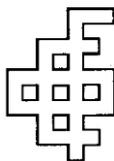
*Laboratório de Raios X  
Departamento de Engenharia de Minas – EE.UFMG*

*Relatório 022/2021*

*Av. Antônio Carlos, 6627 – Escola de Engenharia Bloco 2 sala 3236 - Pampulha – 31270-901 - Belo Horizonte, MG*

*Tel.: 31 3409-1867 Fax: 31 3409-1966 [www.demin.ufmg.br](http://www.demin.ufmg.br)*

*página 1 / 3*



**FUNDAÇÃO CHRISTIANO OTTONI**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS**  
**EE.UFMG**  
**Laboratório de Raios X**



**3. RESULTADOS**

**3.1. Difractometria de Raios X**

Os resultados da análise qualitativa por Difractometria de Raios X da amostra são apresentados na Tabela I. O difratograma indexado da amostra é mostrado na Figura 1.

Tabela I: Identificação de fases cristalinas por difração de raios X

Amostra	Fases Cristalinas Identificadas
<b>P21007</b>	Quartzo, feldspato (albita), feldspato (orthoclasio), mica (biotita)

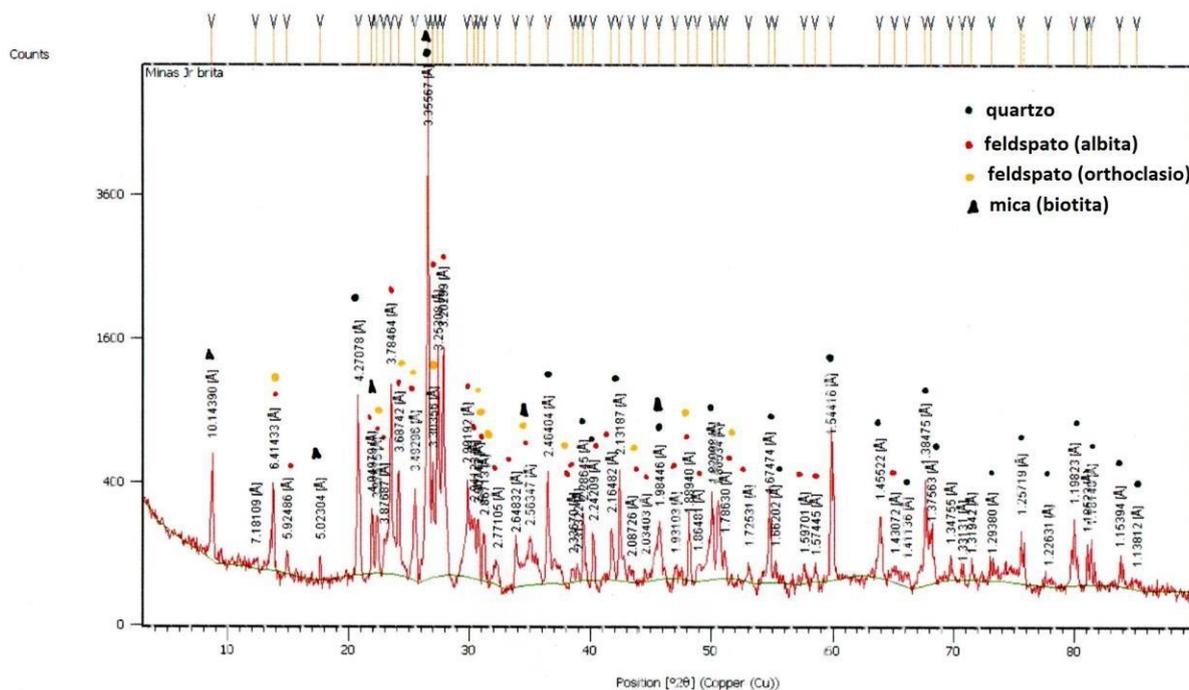


Figura 1: Difractograma de raios X da amostra **P21007**.

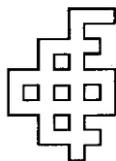
---

*Laboratório de Raios X  
Departamento de Engenharia de Minas – EE.UFMG*

*Relatório 022/2021*

*Av. Antônio Carlos, 6627 – Escola de Engenharia Bloco 2 sala 3236 - Pampulha – 31270-901 - Belo Horizonte, MG  
Tel.: 31 3409-1867 Fax: 31 3409-1966 [www.demin.ufmg.br](http://www.demin.ufmg.br)*

*página 2 / 3*



**FUNDAÇÃO CHRISTIANO OTTONI**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS**  
**EE.UFMG**  
**Laboratório de Raios X**



*Semiquantificação de fases pelo método Rietveld:*

**Difração de raios X – DRX – fases minerais cristalinas presentes:**

	%
• Quartzo (abundante)	35,3
• Feldspato (albita) (abundante)	32,0
• Feldspato (orthoclasio) (mediana)	22,7
• Mica (biotita) (baixa)	10,0

Belo Horizonte, 17 de agosto de 2021.

Andréia Bicalho Henriques  
Professora Adjunta  
Doutora em Tecnologia Mineral

---

*Laboratório de Raios X  
Departamento de Engenharia de Minas – EE.UFMG*

*Relatório 022/2021*

*Av. Antônio Carlos, 6627 – Escola de Engenharia Bloco 2 sala 3236 - Pampulha – 31270-901 - Belo Horizonte, MG*

*Tel.: 31 3409-1867 Fax: 31 3409-1966 [www.demin.ufmg.br](http://www.demin.ufmg.br)*

*página 3 / 3*



**SGS GEOSOL LABORATÓRIOS LTDA.**

**CERTIFICADO DE ANÁLISES  
GQ2104977**

INFORMAÇÕES DO CLIENTE

NOME  
MINAS JUNIOR CONSULTORIA MINERAL

ATTN.  
Gabriel Araujo

ENDEREÇO:  
AV PRESIDENTE ANTONIO CARLOS 6627 6627 EDIF: ESCOL ENG PRED INOVA; PAMPULHA 31270901 MG BELO HORIZONTE

CPF/CNPJ  
07.680.897/0001-90

REFERÊNCIA DO LOTE DE AMOSTRAS

REF. CLIENTE  
Pedido 15/07/2021

QTE. AMOSTRAS  
1

RECEBIDO  
15/07/2021

PRODUTO  
ROCHA

COMPLETADO  
11/08/2021

PROJETO  
Default

EMITIDO  
11/08/2021

REFERÊNCIA ANALÍTICA

**PREP**

**DRY105:** Secagem de amostras à 105°C

**PREPQC:** Controle de Qualidade - Preparação Física

**PRP102\_E:** Secagem, britagem de 75% a 3 mm, homogeneização, quartearmento em Jones, pulverização de 250 a 300 g de amostra em moinho de aço 95% a 150#

**XRA**

**PHY01E:** Determinação de Perda ao Fogo (LOI) por Gravimetria - 1000°C

**XRF79C:** Fusão com tetaborato de Lítio - XRF

LEGENDA: SIGLAS

L.D. = Limite de Detecção

BLK = Branco

REP = Replicata

DUP = Duplicata

L.N.R. = Listado e não Recebido

I.S. = Amostra Insuficiente

N.A. = Não Analisado

STD = Padrão

I.N.F. = Não reportado devido a Interferentes

OVR = Não Analisado devido ao alto teor

  
**Marcos Filipe Gonçalves Silva**

**CRQ II 02202046**  
**Responsável Técnico**

---

Os ensaios foram realizados na SGS GEOSOL Laboratórios Ltda. - Rodovia MG 010, Km 24,5 - Bairro Angicos - Vespasiano - MG - Brasil - CEP: 33.200-000  
Telefone +55 31 3045-0261 Fax +55 31 3045-0223 www.sgsgeosol.com.br  
Certificados ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015 (ABS 32982 e ABS 39911)

Os resultados expressos neste Certificado se referem somente ao material recebido. Proibida a reprodução parcial deste documento.

---



**SGS GEOSOL LABORATÓRIOS LTDA.**

**CERTIFICADO DE ANÁLISES**

**GQ2104977**

ANÁLISES	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	TiO2	P2O5	Na2O	K2O
MÉTODO	XRF79C								
UNIDADE	%	%	%	%	%	%	%	%	%
LIMITE DETECÇÃO	0,10	0,10	0,01	0,01	0,10	0,01	0,01	0,10	0,01
BRANCO_PREP	>99	<0,1	0,70	0,02	<0,1	<0,01	<0,01	<0,1	<0,01
P21007 - AQ CIBELE	74,7	14,4	1,57	0,91	<0,1	0,10	0,09	3,57	5,39
* REP P21007 - AQ CIBELE	74,5	14,2	1,57	0,89	0,11	0,11	0,09	3,63	5,31
* STD SG_142	58,0	10,7	13,1	3,32	1,71	0,85	0,35	0,65	2,30

ANÁLISES	MnO	LOI
MÉTODO	XRF79C	PHY01E
UNIDADE	%	%
LIMITE DETECÇÃO	0,01	-45,00
BRANCO_PREP	<0,01	0,10
P21007 - AQ CIBELE	<0,01	0,55
* REP BRANCO_PREP		0,08
* STD SG_241		12,01
* REP P21007 - AQ CIBELE	<0,01	
* STD SG_142	0,27	

---

Os ensaios foram realizados na SGS GEOSOL Laboratórios Ltda. - Rodovia MG 010, Km 24,5 - Bairro Angicos - Vespasiano - MG - Brasil - CEP: 33.200-000  
Telefone +55 31 3045-0261 Fax +55 31 3045-0223 www.sgsgeosol.com.br  
Certificados ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015 (ABS 32982 e ABS 39911)

Os resultados expressos neste Certificado se referem somente ao material recebido. Proibida a reprodução parcial deste documento.

---