



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Jânio Soares Leal Júnior

CONTRAPISO AUTONIVELANTE COM ADIÇÃO DE RCD (RESÍDUO DA
CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO).

Palmas – TO

2017

Jânio Soares Leal Júnior

CONTRAPISO AUTONIVELANTE COM ADIÇÃO DE RCD (RESÍDUO DA
CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO).

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) 2 elaborado e
apresentado como requisito parcial para obtenção do título
de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário
Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Fernando Moreno Suarte Júnior.

Palmas – TO

2017

Jânio Soares Leal Júnior

CONTRAPISO AUTONIVELANTE COM ADIÇÃO DE RCD (RESÍDUO DA
CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO)

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) 2 elaborado e
apresentado como requisito parcial para obtenção do título
de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário
Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Fernando Moreira Suarte Júnior

Aprovado em: 08 / 11 / 2017

BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. Fernando Moreira Suarte Júnior

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Msc. Maria Cristina de Paula Esteves D'Oliveira

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Msc. Fábio Henrique de Melo Ribeiro

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2017

AGRADECIMENTO

Primeiramente a Deus por estar sempre do meu lado proporcionando tudo o que precisávamos para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço também aos meus pais Jânio Soares Leal e Kátia Felizardo da Silva Leal e a minha irmã Heloisa Silva Leal, que sempre demonstraram grande empenho ao trabalho e que me inspiram com sua história de desafios e conquistas. Vocês possuem a minha admiração e são exemplos nos quais eu busco me espelhar.

A empresário Ronnan Bessa dono da empresa responsável pelas execuções de contrapiso autonivelante no estado do Tocantins, pela liberação de todos os dados e materiais possíveis para esta pesquisa.

Agradeço ainda à minha namorada Erica Antonia da Silva Alves, que esteve comigo nesse desafio e que nunca duvidou da minha capacidade. Obrigado por ter sido minha musa inspiradora.

Às amigas antigas, por terem torcido por mim desde antes de tudo começar e em nossos poucos encontros no decorrer dessa graduação. Sou grato também pelas novas amigas, em principal Wagner Lima e Marcelo Augusto, que me ajudaram a permanecer de pé nos piores momentos. Obrigado amigos, vocês me ajudaram muito e serei eternamente agradecido por isso.

Enfim, agradeço ao meu orientador, Professor Especialista Fernando Moreno Suarte Júnior, por todos esses anos de aprendizagem acadêmica e profissional, e acima de tudo pela amizade e companheirismo construídos ao longo desta jornada.

RESUMO

LEAL JÚNIOR, Jânio Soares. **CONTRAPISO AUTONIVELANTE COM ADIÇÃO DE RCD (RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO)**. 2017. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2017.

A argamassa autonivelante é um material altamente fluído que tem por objetivo preencher espaços vazios e se auto adensar sob efeito da gravidade, produzindo um contrapiso com aspecto homogêneo e isento de falhas devido seu processo de aplicação. Este trabalho consiste em analisar formulações de argamassa autonivelante com substituição do agregado natural por agregado reciclado proveniente de construções e demolições de obras civis (RCD), verificando a sua influência nas propriedades da argamassa no estado fresco e endurecido. O estudo destes materiais e o emprego do mesmo em tecnologias construtivas é de suma importância social, tendo em vista o crescimento desordenado dos resíduos gerados pela construção civil que vem causando problemas para a sociedade e para o meio ambiente (CONAMA 307, 2002). A pesquisa teve como programa experimental o desenvolvimento de uma argamassa autonivelante, fixando os quantitativos de cimento, água e aditivos, e substituindo em volume seu agregado miúdo por agregado reciclado, nas porcentagens de 20, 40 e 60% de RCD na composição. Os resultados obtidos demonstram que o uso deste material como substituição parcial do agregado natural, resultou no aumento de suas resistências mecânicas, porém o mesmo afetou a propriedade de espalhamento dessa argamassa, necessitando um estudo de dosagens com diferentes teores do fator a/c. Com isso, conclui-se que o agregado reciclado analisado nesta pesquisa apresentou um potencial promissor para realização de pesquisas futuras e de aplicação na construção civil.

Palavras chave: Argamassa Autonivelante, Contrapiso, RCD e Agregado Reciclado.

ABSTRACT

LEAL JÚNIOR, Jânio Soares. **SELF-LEVELING COUNTERFLOOR WITH ADDITION OF RCD (WASTE FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION)**, 2017. 78 f. Course Completion Work (Undergraduate) – Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas. Palmas/TO, 2017.

The self-leveling mortar is a highly fluid material that aims to fill empty spaces and auto Adensar on the effect of gravity, producing a homogeneous and fault-free Counterfloor due to its application process. This work consists of analyzing self-leveling mortar formulations with replacement of the natural aggregate by recycled aggregate from constructions and demolitions of civil Works (RCD), checking its influence on the properties of the mortar in the fresh State and Hardened. The study of these materials and the employment of the same in constructive technologies is of paramount importance, with a view to the disorderly growth of the waste generated by the construction of the civil building which has caused problems for society and the Environment (CONAMA 307, 2002). The research had as an experimental program the development of a self-leveling mortar, fixing the quantitative cement, water and additives, and replacing in volume its aggregated kid by recycled aggregate, in percentages of 20, 40 and 60% of RCD in composition. The results obtained demonstrate that the use of this material as partial replacement of the natural aggregate resulted in the increase of its mechanical resistance, but the same affected the spreading property of this mortar, requiring a study of dosages with different Content of factor A/C. With this, it is concluded that the recycled aggregate analyzed in this survey presented a promising potential for future research and implementation in civil construction.

Key Words: Self-Leveling Mortar, Counterfloor, RCD e Recycled Aggregate.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Exemplo genérico de um sistema de pisos e seus elementos.....	17
Figura 02 – Argamassa para Contrapiso Autonivelante lançada sobre laje	20
Figura 03 – Misturador acoplado à bomba	21
Figura 04 – Principais constituintes do Cimento Portland	23
Figura 05 – Propriedades dos quatro principais componentes do cimento	23
Figura 06 – Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo	24
Figura 07 – Limites máximos aceitáveis de substancias nocivas no agregado miúdo com relação à massa do material	25
Figura 08: Argamassa autonivelante	29
Figura 09: Mini cone para ensaio de espalhamento.....	31
Figura 10: Ensaio de Espalhamento. Lado esquerdo: Preenchimento e nivelamento, e lado direito o aferimento das medidas.....	32
Figura 11: Percentual de material inerte e não-inerte no RCD.....	35
Figura 12: Composição dos resíduos de construção e demolição.	36
Figura 13: Obra geradora do resíduo de construção e demolição	40
Figura 14: Britador de Mandíbulas (a), Moinho de Bolas (b)	41
Figura 15: Ensaio de granulometria (a), Ensaio de massa específica (b)	42
Figura 16: Ensaio de massa unitária (a), Ensaio de material pulverulento (b)	42
Figura 17: Argamassadeira utilizada na produção da argamassa.....	43
Figura 18: Mini Tronco de Cone.....	45
Figura 19: Valores de espalhamento para argamassas autonivelantes.....	45
Figura 20: Corpos de prova cilíndricos	47
Figura 21: Ensaio de Compressão na prensa EMIC PC 201	47

Figura 22: Corpos de prova prismáticos.....	48
Figura 23: Ensaio de Compressão na prensa EMIC PC 201	49
Figura 24: Detalhamento do Protótipo	50
Figura 25 – Curva granulométrica da areia natural	51
Figura 26– Curva granulométrica do agregado reciclado RCD	51
Figura 27 – Caracterização dos agregados.....	52
Figura 28 – Ensaio de Espalhamento – Traços Referências	53
Figura 29 – Ensaio de espalhamento, TR 01 (esquerda) e TR 02 (direita)	55
Figura 30 – Ensaio de Espalhamento – Traço Referência e com Substituições de RCD	56
Figura 31 – Ensaio de Espalhamento – TRCD 40% e NTRCD 40%	58
Figura 32 – Diferença de teores de ar incorporado entre as argamassas	60
Figura 33 – Valores médios de resistência à compressão das argamassas.....	61
Figura 34 – Equação de tendência para o ensaio de compressão – F_{cj} (Mpa) x RCD (%)	63
Figura 35 – Valores médios de resistência à compressão das argamassas TRCD40% e NTRCD40%.....	64
Figura 36 – Resultados de resistência à flexão média das amostras	65
Figura 37 – Equação de tendência para o ensaio de flexão	66
Figura 38 – Valores médios de resistência à flexão das argamassas TRCD40% e NTRCD40%	67
Figura 39 – Teores de absorção de água por imersão	67
Figura 40 – Protótipo com os quatro traços estudados nessa pesquisa	68
Figura 41 – Imagem detalhada dos traços no Protótipo	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Propriedades do Aditivo superplastificante Viapol Plastol 6040	38
Tabela 02 – Propriedades do Aditivo Plastificante Polifuncional Basf – MasterPozzolith 201	38
Tabela 03 – Propriedades do Aditivo modificador de viscosidade Viapol Eucon MV	39
Tabela 04 – Propriedades do Aditivo modificador de viscosidade Viapol Eucon MV	39
Tabela 05 – Identificação dos traços experimentais	53
Tabela 06 – Resultados do espalhamento utilizando o mini tronco de cone	54
Tabela 07 – Identificação dos traços finais do estudo	56
Tabela 08 – Resultados do espalhamento utilizando o mini tronco de cone - Traço Referência e com Substituições de RCD	57
Tabela 09 – Nova dosagem do traço com 40% de RCD	58
Tabela 10 – Resultados do espalhamento utilizando o mini tronco de cone - T_{RCD} 40% e NT_{RCD} 40%	59
Tabela 11 – Resultados obtidos no ensaio de teor de ar incorporado (A)	59
Tabela 12 – Resistência à compressão das argamassas ao longo do tempo	61
Tabela 13 – Resistência à flexão das argamassas ao longo do tempo	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira De Normas Técnicas
CAA	Concreto Auto-Adensável
CONAMA	Conselho Nacional De Meio Ambiente
CPA	Contrapiso Autonivelante
CPC	Contrapiso Convencional
EFNARC	European Federation Of National Associations Representing For Concrete
ISSO	International Organization For Standardization
MF	Módulo De Finura
MS	Melanina Sulfonato
NBR	Associação Brasileira De Normas Técnicas
NS	Naftaleno Sulfonato
VMA	Aditivo Modificador De Viscosidade
a/c	Fator água/cimento
RCD	Resíduo Da Construção E Demolição
TR	Traço Referência
TRCD 20%	Traço com 20% de RCD
TRCD 40%	Traço com 40% de RCD
TRCD 60%	Traço com 60% de RCD

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.3 OBJETIVOS	15
1.3.1 Objetivo Geral	15
1.3.2 Objetivos Específicos	15
1.4 JUSTIFICATIVA	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 CONTRAPISO	17
2.1.2 Contrapiso Convencional (CPC)	18
2.1.3 CONTRAPISO AUTONIVELANTE (CPA)	19
2.2 MATERIAS CONSTITUÍNTES	21
2.2.1 CIMENTO	22
2.2.2 Agregado Miúdo	23
2.2.3 ADIÇÕES MINERAIS	26
2.2.4 ADITIVOS	27
2.2.4.1 ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES	27
2.2.4.2 ADITIVO MODIFICADOR DE VISCOSIDADE	28
2.3 ARGAMASSA AUTONIVELANTE	29
2.4 PROPRIEDADES NO ESTADO FRESCO	30
2.4.1 TRABALHABILIDADE	31
2.4.2 EXSUDAÇÃO	32
2.4.3 SEGREGAÇÃO	32
2.5 PROPRIEDADES NO ESTADO ENDURECIDO	33
2.5.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	33
2.5.2 RETRAÇÃO POR SECAGEM	34
2.6 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD)	34
3 METODOLOGIA	37
3.1 TIPOLOGIA DA PESQUISA	37
3.2 MATERIAIS DE ESTUDOS	37
3.2.1 Aglomerante	37
3.2.2 Aditivos Químicos	37
3.2.2.1 Superplastificante	37

3.2.2.2 Plastificante Polifuncional.....	38
3.2.2.3 Modificador de Viscosidade.....	38
3.2.2.4 Incorporador de Ar	39
3.2.3 Agregados	40
3.2.3.1 Agregado Natural	40
3.2.3.2 Agregado de RCD	40
3.2.3.3 Caracterização dos Agregados.....	41
3.2.4 Água	43
3.3 DETERMINAÇÃO DO TRAÇO REFERÊNCIA	43
3.4 ESTUDO DA ARGAMASSA COM SUBSTITUIÇÃO DE RCD.....	44
3.4.1 Ensaios no Estado Fresco.....	44
3.4.1.1 Ensaio de Espalhamento.....	44
3.4.1.2 Teor de Ar Incorporado	46
3.4.2 Ensaios no Estado Endurecido	46
3.4.2.1 Resistência à Compressão	46
3.4.2.2 Resistência à Flexão	48
3.4.2.3 Absorção de Água	49
3.5 APLICAÇÃO DO PROTÓTIPO	49
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS	51
4.2 DETERMINAÇÃO DO TRAÇO REFERÊNCIA	53
4.3 ESTUDO DA ARGAMASSA COM SUBSTITUIÇÃO DE RCD.....	56
4.3.1 ENSAIO DE ESPALHAMENTO	56
4.3.2 TEOR DE AR INCORPORADO	59
4.3.3 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO	60
4.3.4 RESISTÊNCIA A FLEXÃO	64
4.3.5 ABSORÇÃO DE ÁGUA	67
4.3.5 PROTÓTIPO	68
5 CONCLUSÃO.....	71
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico, atualmente, influencia profundamente o crescimento e modernização da construção civil, entre os diversos fatores que fomentarão este desenvolvimento, pode-se destacar a utilização de novos materiais capazes de agregar novos valores ao produto final e aperfeiçoam a execução do empreendimento. Portanto o uso de materiais mais eficientes e sustentáveis servem de diferencial para empresas que buscam destacar-se no mercado atual, altamente exigente e competitivo.

Com isso vários estudos estão sendo desenvolvidos na área da construção civil sobre contrapiso autonivelante sendo eles Rizwan e Bier (2012), Souza (2013) e Carvalho (2015), neste contexto, a argamassa autonivelante se destaca por ser um composto cimentício que apresenta a propriedade de auto adensamento, somente pela força do seu próprio peso, sem intervenção manual de vibração, atribuindo a execução de contrapisos uma diminuição dos problemas atribuídos na parte de execução, como por exemplo falhas de concretagem e segregação dos agregados.

As argamassas autonivelantes são utilizadas principalmente em revestimentos de pisos, por possui alta fluidez sem a diminuição da coesão, simplificando a sua execução e diminuindo o tempo da mesma. Essa característica é alcançada com a otimização das dosagens, relacionando ao material uma reologia que o torna fluído, podendo se auto nivelar sem maiores problemas (EGLE, 2010). Estas argamassas são compostas por aglomerante, adições minerais, aditivos químicos e agregados com granulometria fina, onde a correta dosagem e estudo detalhado de cada material usado, é de suma importância para a dosagem desde material autonivelante.

O volume de RCD produzido nas cidades brasileiras tem provocado uma discussão sobre a reciclagem desse produto como alternativa de eliminação desse resíduo, para reduzir os gastos em aterros e aumentar a consciência sobre a degradação ambiental. Segundo a ABRECON (2015) no ano de 2015 foram produzidos no Brasil 84 milhões de m³ de RCD, sendo apenas 20% desse material reciclado. A reciclagem desse material é capaz de transformá-los em granulometrias variáveis, proporcionando o seu uso em novos materiais. Outros fatores como escassez de agregados naturais, aumentando a distância entre as fontes do mesmo e os locais de construção e a saturação de aterros, permite considerar a alternativa de utilização do RCD como agregado.

Visando melhorar essa nova tecnologia, este trabalho propõem a substituição do agregado miúdo e finos dessa mistura por resíduos de construção e demolição da construção civil (RCD),

pois estes resíduos geram grande interesse em uma sociedade cada vez mais atenta na consciência ambiental e redução de custos.

Diante desse contexto, foram analisadas as características das argamassas autonivelantes com substituição do agregado e finos da mistura tanto no estado fresco quanto estado endurecido, com a finalidade de se conhecer a influência do RCD sobre esse produto.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

O presente trabalho de pesquisa tem como objetivo avaliar formulações de argamassa autonivelante com adição de agregados oriundos de materiais reciclados RCD da construção civil, para analisar se as mesmas apresentam as características necessárias, tanto no estado fresco quanto no estado endurecido, para que possam ser enquadradas como autonivelantes, possibilitando seu uso como contrapiso autonivelante.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar em laboratório os agregados para produção da argamassa autonivelante com adição de RCD;
- Desenvolver uma argamassa autonivelante, utilizando agregados reciclados como substituição parcial dos agregados naturais;
- Desenvolver protótipo que servirá de substrato, onde permitirá avaliar visualmente a estrutura do contrapiso produzido pela argamassa autonivelante;
- Determinar por meio de ensaios em laboratório a influência do agregado reciclado nas propriedades da argamassa autonivelante no seu estado fresco e endurecido.

1.4 JUSTIFICATIVA

Sabemos que a construção civil é uma das maiores produtoras de resíduos sólidos, atualmente o destino desses resíduos na melhor das hipóteses são áreas adequadas para o descarte dos mesmos, situação essa que não acontece na maioria dos casos, onde esses resíduos são dispostos em aterros irregulares e lugares de bota-fora não licenciados pela prefeitura, ocasionando assim a poluição desenfreada de diversas áreas (Mirando e SELMO, 2006). Devido esse quadro preocupante para a sociedade, esta pesquisa propõe o uso desses materiais RCD como adição na produção de contrapisos autonivelantes, com isso, dando um destino a esses materiais que seriam descartados a priori de forma incorreta, causando posteriormente vários danos a sociedade.

Segundo Martins (2009), a argamassa autonivelante tem se mostrado uma grande evolução tecnológica, a mesma foi introduzida na década de 80 na Europa porém ainda pouco difundida no Brasil, é um produto produzido a partir de cimento, agregados miúdos de granulometria selecionada e aditivos especiais, seu uso como contrapiso autonivelante emprega várias vantagens em relação ao contrapiso convencional que são: menor espessura do contrapiso, ocasionando

assim grande economia em volume de concreto e diminuindo também o peso global da estrutura, capacidade de se auto adensar e preencher os espaços vazios apenas sobre o efeito da gravidade e sua propriedade de escoamento e fluidez elevada. Em um comparativo entre o custo do contrapiso convencional e o contrapiso autonivelante, Ortega (2003, apud Martins, 2009) demonstrou que o custo por metro quadrado dessas duas tecnologias é de 28,39 reais e 25,07 reais, respectivamente, com isso tornando mais vantajoso o uso desta nova tecnologia.

Portanto este trabalho é de grande importância para vida acadêmica do autor e futuramente profissional, por se tratar de uma área de grande interesse para a construção civil e social, ter a oportunidade de estudar e desenvolver um contrapiso autonivelante sustentável colocando à prova o seu uso e posteriormente podendo contribuir com uma nova tecnologia para o mercado, é de suma importância para o crescimento acadêmico e profissional.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONTRAPISO

Na construção civil a produção de edifícios, é visto como um sistema construído por diversos subsistemas, alguns recebem maiores atenções como projetos complementares e estruturais mesmo que a nível precário, entretanto há subsistemas que recebem nenhuma ou quase nenhuma atenção, tais como alvenarias e revestimentos (BARROS, 1991).

A ABNT NBR 15575-1 (2013) diz que o sistema piso é um:

Sistema horizontal ou inclinado (Figura 1) composto por um conjunto parcial ou total de camadas (por exemplo, camada estrutural, camada de contrapiso, camada de fixação, camada de acabamento) destinado a cumprir a função de estrutura, vedação e tráfego, conforme critérios definidos nesta Norma.

Figura 01 – Exemplo genérico de um sistema de pisos e seus elementos.



Fonte: ABNT, NBR 15575-1 (2013)

O conjunto dessas camadas para (BARROS, 1991) é responsável pelo atendimento dos seguintes requisitos de desempenho do piso:

- Capacidade de absorver deformações;
- Segurança de utilização;
- Segurança contra o fogo;
- Estanqueidade;
- Resistência mecânica e;
- Durabilidade compatível com as necessidades de utilização.

Ainda segundo a ABNT NBR 15575-1 (2013) o contrapiso é uma camada que exerce a função de regularizar o substrato, proporcionando uma superfície uniforme, coesa, aderido ou não, para uma futura camada de acabamento, podendo também servir de embutimento, caimento ou declividade.

Para Cichinelli (2009) o contrapiso é uma camada de argamassa lançada sobre uma base que pode ser constituída por lastro de concreto ou laje estrutural para regularização. Dependendo da função empenhada pelo contrapiso, o mesmo pode variar sua espessura de 2 a 6 cm. Descreve ainda as funções que o contrapiso podem cumprir, sendo elas:

- Nivelar a superfície;
- Regularizar a base;
- Servir para embutimento de instalações;
- Fornecer caimentos necessários para o piso;
- Melhorar o conforto acústicos

(FIORITO 2009) ressalva que quando for solicitado uma espessura maior que 25mm para o contrapiso devido casos de canalizações embutidas no piso por telefones, instalações elétricas atípicas ou ainda grandes áreas com caimentos elevados, as camadas de argamassas deverão ser executadas de 25mm por vez, sempre averiguando se a camada anterior esteja seca (já retraída).

2.1.2 Contrapiso Convencional (CPC)

A argamassa empregada no CPC tem que ser do tipo semisseca, mas conhecida como “farofa”, a mesma é lançada sobre uma base e compactada com um soquete de madeira, segundo (CICHINELLI, 2009) a espessura do contrapiso pode variar em função dos desníveis finais pretendidos, do tipo de contrapiso que pode ser aderido ou flutuante e dos níveis das bases que podem ser as lajes, que servem de suporte do contrapiso.

Na execução do contrapiso, é de suma importância a limpeza do substrato onde o mesmo será lançado, (Nakakura, et al.) diz que a base onde receberá o contrapiso deverá estar livre de sujeira, não conter fissuras ou rachaduras, ter uma superfície coesa e não apresentar desníveis ou buracos de qualquer dimensão.

A seguir Cichinelli (2009) demonstra como se deve executar um contrapiso convencional de maneira simplificada:

- Após limpar a base e retirar todos os restos de argamassa, entulho ou qualquer outro material aderido, o primeiro passo é fazer a transferência de nível com o auxílio de um nível de mangueira (ou nível laser) a partir do nível de referência;
- Marque a altura do contrapiso, com o auxílio de uma trena;
- Jogue uma mistura de água e Bianco sobre a superfície limpa, na área onde as taliscas serão executadas;
- Polvilhe cimento sobre a mistura;
- Com a ajuda de um vassourão, escove a massa, para que essa mistura sirva de ponte de aderência entre a laje e o contrapiso;
- Coloque a argamassa sobre a superfície;

- Depois de nivelar a argamassa, coloque a talisca (um pedaço de cerâmica ou madeira);
- Conforme o projeto, confira a altura do nível do contrapiso e faça o caimento no sentido do ralo com auxílio da trena;
- Com um fio esticado, confira a altura das taliscas;
- Aplique sobre toda a base a mistura de aditivo e água;
- Em seguida, polvilhe cimentos sobre toda a base;
- Com o auxílio do vassourão, escove toda a área;
- Jogue a mistura “farofa” sobre o contrapiso;
- Com a ajuda de uma enxada, preencha as lacunas entre as taliscas, espalhando a argamassa em movimentos contínuos, para que não seque rápido demais;
- Com o auxílio de um soquete de madeira, faça a compactação da argamassa. Esse processo deve ser feito até que a argamassa de contrapiso chegue no nível marcado com o fio;
- Após compactar a argamassa, sarrafeie com movimento de vai e vem apoiando a régua de alumínio nas taliscas;
- As sobras da argamassa deve ser sarrafeada até que a superfície alcance o nível das faixas em todos os lados da área do contrapiso;
- Sobre falhas e pequenos buracos, coloque um pouco de argamassa e nivele a superfície até ficar totalmente lisa;
- Depois de aproximadamente seis horas de cura, o contrapiso está pronto para receber o revestimento final.

Não apenas a execução é de suma importância para obtenção de um contrapiso ideal, mas também é preciso dispor atenção na escolha do traço da argamassa, segundo Martins (2002) o traço empregado na fabricação de uma argamassa semiseca é de 1:4, ou seja, 1 parte de cimento para 4 partes de areia média, podendo ser mudado conforme o tipo de acabamento final do ambiente.

Fiorito (2009) diz que se pode usar o traço 1:6 de cimento e areia média úmida em áreas internas, externas, pisos sobre lajes e pisos térreos, o mesmo ressalva que em ambientes internos podem ser utilizados os traços 1:0,5:5 e 1:1:7 de cimento, cal hidratada e areia média úmida, por se conseguir uma melhor trabalhabilidade com a adição da cal no traço.

2.1.3 CONTRAPISO AUTONIVELANTE (CPA)

Devido a busca por maior produtividade e menor custo, o setor da construção civil tem disponibilizado um maior tempo em buscas por novas tecnologias, diante disso vem sendo estudado uma melhor forma de produzir o contrapiso, pois esta etapa consome muitos recursos da obra como tempo de execução e mão de obra. As primeiras pesquisas sobre esse assunto se desenvolveram no Japão na década de 80 pelo professor Hajime Okamura, atualmente essa tecnologia já é bastante difundida, mas pouco utilizada devido à poucos estudos específicos sobre seu uso (SOUZA, 2013).

O CPA é uma camada do subsistema piso, constituída basicamente por cimento, areia e aditivos que possibilita características como fluidez e capacidade de adensamento pelo seu peso próprio, segundo (EGLE, 2010) está camada “ ... serve como nivelador e de base para

assentamentos de inúmeros revestimentos, como piso cerâmico, carpete, tábua corrida encaixada, mármore e porcelanato, sem qualquer alteração no acabamento”. Este contrapiso é constituído por uma argamassa autonivelante, que está representada na Figura 02.

Figura 02 – Argamassa para Contrapiso Autonivelante lançada sobre laje



Fonte: Telma Egle, (Revista Técnica, novembro/2010)

(EGLE, 2010) diz que entre as principais vantagens do CPA, o maior ganho está no prazo, onde “com o traço aderido (sistema tradicional), a laje de um pavimento de aproximadamente 500 m² a 600 m² leva de quatro a cinco dias para ficar pronto. Com o contrapiso autonivelante, é possível fazer até a mesma laje em quatro ou cinco horas ...”

Um dos fatores que levam à essa rapidez na execução do CPA, é o sistema bombeável que faz o transporte vertical da argamassa eliminando o sistema tradicional geralmente feito por elevador de cremalheira. A maior dificuldade encontrada no sistema convencional é a logística de transporte dos materiais para os pavimentos, ao contrário, a argamassa autonivelante possui um sistema de bombeamento que fica disposto no pavimento onde está sendo produzida a mesma, todo material é misturado e lançado ao pavimento que está sendo executado o contrapiso, a altura máxima de lançamento tem que estar dentro do limite de alcance da bomba, até 12 m de altura em média (EGLE, 2010).

É preciso atenção quando se trata da escolha da bomba do sistema de bombeamento da argamassa, segundo (Souza, 2013) às bombas para CPA, geralmente se utilizam bombas de rosca sem fim, porém já se tem o uso de bombas de pistom nesse sistema, em que o mesmo teve um ótimo funcionamento. No entanto a bomba de rosca possui uma velocidade de lançamento mais contínua, deixando essa tarefa mais precisa na hora de aplicar o produto na base.

Figura 03 – Misturador acoplado à bomba



Fonte: Telma Egle, (Revista Técnica, novembro/2010)

Souza (2013) demonstra como se deve executar um contrapiso autonivelante:

- Após limpar a base e retirar todos os restos de argamassa, entulho ou qualquer outro material aderido, o primeiro passo é delimitar a área a ser trabalhada e fazer a transferência de nível com o auxílio de um nível de mangueira (ou nível laser) a partir do nível de referência;
- Com o auxílio de uma trena, marcar a altura do contrapiso. Nesse caso, como a espessura do contrapiso pode ser bastante reduzida, recomenda-se a utilização de nível a laser, porém qualquer marcação que seja feita garantirá que todo pavimento esteja nivelado, já que a argamassa se espalha e nivela-se horizontalmente;
- Colocar juntas de dessolidarização no encontro com a parede. Podem ser usadas placas de isopor;
- Bombear a argamassa, espalhando-a sobre a base;
- Depois de atingido o nível determinado, utilizar uma régua “T” de alumínio com movimentos leves somente sobre a superfície para dar acabamento mais uniforme;
- Depois de aproximadamente doze horas de cura, o contra piso já pode receber trânsito de pessoas.

Como qualquer argamassa, o contrapiso autonivelante só poderá receber uma camada de assentamento após 14 dias de cura, devido o tempo de secagem e eliminação da umidade. (RIBEIRO, et al, 2006) ressalva a importância que tem a cura neste processo, podendo evitar o fenômeno da fissuração oriunda da retração da peça, sendo responsável pelo aparecimento de trincas e fissuras. Visando isto a ABNT NBR 6118 Projeto e execução de obras de concreto recomenda que seja feita a proteção do contrapiso nos primeiros sete dias, contados a partir do lançamento, molhando continuamente a superfície, mantendo uma lâmina d’água, ou ainda recobrando com plásticos e similares toda a peça concretada.

2.2 MATERIAS CONSTITUÍNTES

Neste item será abordado sobre as principais características dos materiais constituintes da argamassa autonivelante, visando a melhor escolha entre os mesmos. A pasta autonivelante

não requer materiais especiais ou incomuns, porém necessita de materiais com algumas propriedades específicas e que se forem selecionados nesta etapa de escolha, podem ocasionar futuros problemas ao produto final (AITCIN, 2000).

Portanto, para o uso adequado desses materiais de construção, é importante que seja caracterizado tecnologicamente os mesmos, compreendendo suas propriedades intrínseca, quanto seu comportamento, quando submetido a certas solicitações, e quanto a certos parâmetros técnicos aos quais devem atender para cumprir determinadas funções estabelecidas previamente (RIBEIRO, et al., 2006).

2.2.1 CIMENTO

Segundo a normalização europeia (EM 197 – 1) o cimento é um ligante hidráulico, constituído por material inorgânico finamente moído, onde em contato com água forma uma pasta que endurece por meio de reações químicas de hidratação, após seu endurecimento esta pasta mantém a sua resistência e estabilidade em contato com a água.

Na produção de argamassas o Cimento Portland é amplamente utilizado dentre os diversos tipos de aglomerantes hidráulicos, porém segundo os mesmos autores apesar de existir poucas pesquisas que determinam as influências de diferentes tipos de cimentos nas argamassas, pode-se afirmar que algumas propriedades possuem grande influência no comportamento da pasta no estado fresco (BAUER E SOUSA, 2005).

Contudo a escolha do tipo de cimento na produção da argamassa autonivelante é de suma importância, no mercado existem diversos tipos de cimento que basicamente se diferenciam pelas adições sendo as principais: materiais pozolânicos, escória de alto forno e carbonáticos. Segundo (AITCIN, 2000; NEVILLE, 1997 apud MARTINS, 2009) os cimentos utilizados para este fim, deve-se destacar sua finura e sua capacidade de adsorver o aditivo superplastificante, uma vez que a adsorção ocorre preferencialmente nos aluminatos (C3A – Aluminato Tricálcico e C4AF – Ferroaluminatotetracálcico).

Os principais constituintes do cimento Portland e o seu comportamento no mesmo, podem ser observados nas tabelas abaixo, de acordo as figuras 04 e figura 05 respectivamente:

Figura 04 – Principais constituintes do Cimento Portland

Composto	Composição	Abreviação
Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S
Silicato dicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A
Ferroaluminato tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF

Fonte: NEVILLE (1997)

Figura 05 – Propriedades dos quatro principais componentes do cimento

Propriedades	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
Resistência em pequenas idades	Boa	Fraca	Boa	Fraca
Resistência em idades posteriores	Boa	Boa	Fraca	Fraca
Velocidade de reação com a água (hidratação)	Média	Lenta	Rápida	Rápida
Quantidade de calor gerado na hidratação	Média	Pequena	Grande	Média
Resistência a águas agressivas	Média	Boa	Fraca	Fraca

Fonte: LIBORIO (1999) apud Castro (2007)

A EFNARC (2002) ressalva que a escolha do tipo de cimento dependerá das exigências gerais para o concreto, tais como resistência, durabilidade, dentre outras características; diz também que o consumo médio de cimento é de 350-450 Kg/m³, onde o consumo acima de 500 Kg/m³ de cimento pode ser perigoso para a retração do mesmo, e a baixo de 350 Kg/m³ só podem ser usados com a adição de materiais finos, tal como cinzas volantes, pozolânicos, escórias de alto forno, dentre outros.

2.2.2 Agregado Miúdo

A ABNT NBR 7211 (2009) classifica agregado miúdo como “Agregados cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de 150 micrómetro, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248 (2003), com peneiras definidas pela ABNT NBR ISO 3310-1 (2010).”

Os agregados que resultam das ações de agentes da natureza são denominados de areia natural, e quando proveniente de processos industriais, areia artificial e existem também areias recicladas provenientes de processos de reciclagem ABNT NBR 9935 (2011).

A seguir podemos conferir na Figura 06, os limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo segundo a ABNT NBR 7211 (2009), a mesma afirma que agregados diferentes

que não se encaixem nesses limites, podem ser utilizados desde que estudos de dosagem comprovem sua aplicabilidade.

Figura 06 – Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 μm	15	35	55	70
300 μm	50	65	85	95
150 μm	85	90	95	100

NOTAS

- 1 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90.
- 2 O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.
- 3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.

Fonte: ABNT, NBR 7211 (2009)

A caracterização desse material defini parâmetros fundamentais para especificar o emprego dos agregados em concreto e argamassas, pois, a composição granulométrica tem influência direta na trabalhabilidade, compacidade e resistência aos esforços mecânicos, resultando na qualidade desses produtos (RIBEIRO, et al., 2006).

Ainda em relação à distribuição granulométrica, o fator empacotamento é de suma importância para alcançar parâmetros de resistências desejadas, ou seja, compactação esta intrinsecamente ligado com uma maior continuidade dos grãos, o qual pode ser demonstrado pelo o aumento da massa unitária, como pelo aumento do coeficiente de uniformidade (FREITAS, 2010).

Os agregados miúdos podem classificados quanto seu modulo de finura, (FREITAS, 2010) classifica as areis em grossa, médias e finas, determinando também suas utilizações para cada limite. Este parâmetro é mensurado com a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa nas peneiras da série normal dividida por 100, com isso classificando a areia como:

- Areia grossa ($MF > 3,3$), utilizado em concreto e chapisco;
- Areia média ($2,4 < MF < 3,3$), utilizado em emboço; e
- Areia fina ($MF < 2,4$), utilizado para reboco.

Substâncias nocivas são substancias que eventualmente o agregado possa conter, porem a ABNT NBR 7211 (2009) apresenta limites de teores para que estes materiais não prejudiquem

a qualidade das argamassas e concretos. (SOUZA, 2013) apresenta essas substâncias sob a forma de:

- Materiais pulverulentos: partículas menores que 0,075 mm;
- Impurezas orgânicas: resíduos geralmente formados por detritos de origem vegetal, que podem ocorrer no agregado miúdo (RIBEIRO, et al., 2006 apud. SOUZA, 2013);
- Torrões de argila: são substâncias presentes nos agregados, podendo ser desfeitas pela pressão entre os dedos polegar e indicador;

Segundo ABNT NBR 7211 (2009), a quantidade desses materiais não deve exceder os limites máximos em porcentagem estabelecidos na tabela a seguir, de acordo a Figura 07, com relação à massa do material.

Figura 07 – Limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas no agregado miúdo com relação à massa do material

Determinação	Método de ensaio		Quantidade máxima relativa à massa do agregado miúdo %
Torrões de argila e materiais friáveis	ABNT NBR 7218		3,0
Materiais carbonosos ¹⁾	ASTM C 123	Concreto aparente	0,5
		Concreto não aparente	1,0
Material fino que passa através da peneira 75 µm por lavagem (material pulverulento)	ABNT NBR NM 46	Concreto submetido a desgaste superficial	3,0
		Concretos protegidos do desgaste superficial	5,0
Impurezas orgânicas ²⁾	ABNT NBR NM 49		A solução obtida no ensaio deve ser mais clara do que a solução-padrão
	ABNT NBR 7221	Diferença máxima aceitável entre os resultados de resistência à compressão comparativos	10 %
¹⁾ Quando não for detectada a presença de materiais carbonosos durante a apreciação petrográfica, pode-se prescindir do ensaio de quantificação dos materiais carbonosos (ASTM C 123).			
²⁾ Quando a coloração da solução obtida no ensaio for mais escura do que a solução-padrão, a utilização do agregado miúdo deve ser estabelecida pelo ensaio previsto na ABNT NBR 7221.			

Fonte: ABNT, NBR 7211 (2009)

Portanto todas as areias são adequadas para a produção do concreto auto adensável, pode-se utilizar tantas areias naturais quanto areias obtidas por processos industriais, porém deve-se ter cuidado especial na utilização de areias artificiais, pois geralmente apresentam composições granulométricas descontínuas, podendo ser melhoradas essas características misturando a mesma com areias naturais (TUTIKIAN, et al., 2008). Ainda sobre a seleção

desses agregados, Okamura e Ouchi (2003) lembra que quanto mais angulosas forem as partículas do agregado miúdo, sua resistência ao cisalhamento será maior, dificultando a deformabilidade do concreto.

2.2.3 ADIÇÕES MINERAIS

Com a elevada fluidez no estado fresco, as argamassas autonivelantes dependem de aditivos e/ou adições minerais para aumentar a coesão da mistura e evitar a segregação do agregado. Segundo TUTIKIAN, et al. (2008) a escolha dessas adições minerais deve ser feita após uma análise técnica e econômica, e necessariamente essas adições devem possuir áreas superficiais maiores que os compostos que estão substituindo.

Além da característica de diminuir a segregação da mistura, as adições minerais desempenham papel importante na durabilidade e resistência do concreto, tanto fisicamente quanto quimicamente. As adições são classificadas de acordo a sua ação físico-química em dois grandes grupos: adições minerais sem atividade química e adições minerais quimicamente ativadas (TUTIKIAN, et al., 2008).

Os principais benefícios da utilização de adições minerais descritos por Metha e Malhotra (1996) são de caráter: ambiental, quando é reutilizado resíduos industriais como adição mineral, pois evita que este material que seria lançado no ambiente sem finalidade benéfica seja utilizado de forma econômica e sustentável. O fator economia é de suma importância atualmente, com isso, a substituição parcial do cimento por adições minerais, reduz o consumo de cimento por m³ de concreto.

Dentre as adições sem atividade química, encontra-se os fillers, materiais naturais ou inorgânicos processados, com características de uniformidade e principalmente elevada área superficial de contato. A indústria de concreto auto adensável utiliza calcário e aria fina como fillers, porem já se tem uso de outras adições físicas, com o pó granítico (TUTIKIAN, et al., 2008).

A sílica ativa é considerada umas das adições minerais de maior reatividade, devido sua natureza amorfa e por apresentar partículas extremamente pequenas, por apresentarem diâmetros cem vezes menores que os do cimento e formato esférico, a sílica ativa tem o potencial de adensar a zona de transição por ação física e química, gerando uma microestrutura com reduzido volume de vazios (FONSECA, 2010).

Portanto as adições minerais segundo (NAKAKURA e BUCHER, 1997), são utilizadas em argamassas autonivelantes principalmente para diminuição da exsudação da pasta, para compensar a retração por secagem e a tendência ao fissuramento.

2.2.4 ADITIVOS

A busca por redução de custos aliados com a necessidade de produzir concretos e argamassas cada vez mais resistentes trouxe para o mercado da construção civil a utilização de aditivos que melhorem as qualidades desses produtos, inicialmente desenvolvido no Japão e na Alemanha no começo dos anos 60, os aditivos atualmente estão sendo empregados em toda parte do mundo (GRAEFF e FILHO, 2002).

De acordo com Souza et. al (2012) Os aditivos são produtos químicos desenvolvidos com finalidades distintas, possui capacidade de alterar as propriedades da argamassa, e podem ser divididos em dois objetivos fundamentais, o de minimizar os pontos fracos da argamassa ou maximizar suas qualidades.

Dentre inúmeros aditivos químicos segundo Tutikian et al. (2008) os principais tipos para concreto auto adensável são os modificadores de viscosidade e os superplastificante. Os modificadores de viscosidade têm a função de aumentar a coesão, minimizando a exsudação e segregação do concreto, enquanto os superplastificantes atribui alta capacidade de fluidez nas misturas.

Entretanto quando se há necessidade de outros aditivos na mistura, usa-se aditivos incorporadores de ar, retardadores de pega, acelerados de pega dentre outros (MELLO, 2005 apud MARTINS, 2009).

2.2.4.1 ADITIVOS SUPERPLASTIFICANTES

Atualmente a produção de concretos e argamassas quanto menor a quantidade de água na mistura, maior será a resistência da mesma, porém estes produtos devem continuar possuindo fluidez e trabalhabilidade (KATSIADRAMIS et. al., 2010)

Segundo Gomes et al. (2009), os superplastificantes são agentes redutores de água, desenvolvidos a partir de materiais capazes de reduzir drasticamente o consumo de água ou a trabalhabilidade dos concretos nos quais são incorporados. Estes aditivos são empregados geralmente em concretos de alto desempenho a priori, quando é exigida alta fluidez com baixa relação água/cimento.

Esses aditivos são constituídos por partículas que carregam cargas de mesmo sinal ocasionando um efeito de repulsão eletrostática, fazendo que o as partículas de cimento se

dispersam entre si e necessite de menos água para se atingir uma mesma trabalhabilidade (MARTINS, 2009).

Ainda de acordo Martins (2009), os aditivos plastificantes são capazes de reduzir em até 15% a quantidade de água de amassamento, evidenciando a principal diferença para os aditivos superplastificantes, que promovem uma redução de até 30% a água de amassamento.

Pesquisas vêm sendo desenvolvidas no Japão desde o início da década de 90, e com o passar do tempo esta grande tecnologia capaz de dispersar partículas de cimento ganha força, com o desenvolvimento de aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos, porém no Brasil ainda é considerado um material novo e de custo elevado (HARTMANN, 2002).

Os superplastificantes podem ser classificados em quatro categorias de acordo sua composição química, Hartmann (2002, apud Tutikian, et al., 2008) descreve as em:

- Lignossulfonatos ou lignossulfonatos modificados (LS): são conhecidos como superplastificantes de primeira geração e utilizados como redutores de água, geralmente incorporam ar e retardam, com diversas intensidades a pega do cimento;
- Sais sulfonatos de policondensado de melanina e formaldeído usualmente chamados de melanina sulfonato (MS): são conhecidos como superplastificantes de segunda geração e permitem a redução em até 25% da quantidade da água de amassamento, pode possuir também uma tendência a retardar a pega do cimento e, eventualmente, incorporar pequena quantidade de ar;
- Sais sulfonatos de policondensado de naftaleno e formaldeído usualmente chamados de naftaleno sulfonato (NS): se enquadra na segunda geração dos superplastificantes, tem a capacidade de reduzir 25% da quantidade de água, porém não incorporam ar e praticamente não interferem no tempo de pega do cimento;
- Policarboxilatos: são os aditivos mais indicados para utilização no CAA por serem de alta eficiência que dispersam e desfloculam as partículas de cimento. Com a capacidade de reduzir em até 40% a quantidade de água da mistura, mantendo a mesma trabalhabilidade.

2.2.4.2 ADITIVO MODIFICADOR DE VISCOSIDADE

O aditivo modificador de viscosidade (VMA) pode ser utilizado na confecção da argamassa autonivelante, sua utilização se faz necessariamente quando se tem poucos finos na pasta garantindo a viscosidade dessa mistura, homogeneidade e resistência à segregação, com isso diminuindo a exsudação (MELO, 2005).

Segundo Tutikian, et al. (2008) esses aditivos “são produtos à base de polissacarídeos com cadeias poliméricas de alto peso molecular ou de base inorgânica ...”, quando utilizado no concreto, melhora substancialmente a coesão da massa no estado fresco eliminando a perda de água por exsudação, assim amenizando a falta de uniformidade da granulometria dos agregados.

O VMA está sendo utilizado em alguns lugares no Brasil para substituir materiais finos na mistura do concreto tanto pelo alto custo ou indisponibilidade no local, pois o mesmo possui

a capacidade de fazer a mesma função que essas adições minerais e ainda diminuindo a área superficial do material, conseqüentemente o consumo de água (Tutikian, et al., 2008).

São observadas por (MARTINS, 2009) algumas vantagens com a utilização do VMA, sendo elas:

- Atribuir ao concreto a capacidade de vencer grandes distâncias horizontais, devido seu alto nível de fluidez;
- Proporcionar um leque maior de materiais que podem ser utilizados e procedimentos de lançamento;
- Permanência da coesão da mistura durante lançamentos verticais;
- Aumento da homogeneidade da mistura.

2.3 ARGAMASSA AUTONIVELANTE

O estudo sobre a argamassa autonivelante teve seu início na década de 70, porém a sua utilização na confecção de novos materiais de deu apenas em 1999 por empresas Espanholas que começaram a testar materiais e métodos que se enquadrassem nessa nova tecnologia. Durante esses testes perceberam que a argamassa autonivelante possuía grandes vantagens sobre as misturas existentes, portanto iniciou-se estudos em laboratórios, estudos econômicos e de mercado, que eram feitos por visitas em obras para eleger os métodos mais utilizados, chamados de Métodos Tradicionais (MARTINS, 2009). Segue o procedimento de lançamento desta argamassa de acordo Figura 08:

Figura 08: Argamassa autonivelante



Fonte: www.lafarge.com.br. Acessado em 08 de abril de 2017, 16:46:00

A característica principal da argamassa autonivelante, conhecida também como autoadensável, é permitir uma moldagem adequada, isenta de defeitos oriundos da falha de

aplicação ou de técnica inadequada de moldagem, sem uma grande exigência na qualificação do operário (MARTINS, 2009).

Ainda segundo (MARTINS, 2009), os materiais utilizados na fabricação da argamassa autonivelante devem possuir características específicas e teores na mistura que proporcionem a fluidez adequada sem haver segregação da mesma. Entretanto os equipamentos e procedimentos de dosagens ainda não foram normatizados, exigindo por isso estudos mais detalhados.

Nakakura (1997) e Tutikian et al. (2008, apud MARTINS, 2009), descrevem inúmeras vantagens da argamassa autonivelante:

- O tempo para a execução do piso/contrapiso tem uma redução significativa;
- A cura da argamassa autonivelante é extremamente rápida, causada pela combinação de aditivos e adições, tornando possível pisar em sua superfície após 2 a 3 horas decorridas;
- A diminuição da espessura do piso/contrapiso para até 5,0 mm, significando uma redução no peso próprio da estrutura;
- A tendência a fissuração na peça também sofre redução, devido a utilização de aditivos químicos retentores de água;
- Possuir uma aparência externa muito agradável, devido sua textura extremamente fina, proporcionado pelo o uso de agregados com dimensões máxima característica inferior a 0,60 m, inserida numa matriz rica em cimento;
- Ganho de produtividade no processo executivo do contrapiso utilizando a argamassa autonivelante em relação as argamassas tradicionais, já que o material é considerado fluído e sua aplicação consiste em esguichar esse material sobre o substrato ou a lona plástica, sem a necessidade de desempenar, garantindo ainda a total horizontalidade do contrapiso.;
- Possui também um elevado ganho ecológico, pois se utilizam alguns tipos de resíduos industriais em sua composição como as adições: escoria de alto forno, cinza de casca de arroz, sílica ativas, entre outras.

2.4 PROPRIEDADES NO ESTADO FRESCO

Devido à falta de normatização para a argamassa autonivelante, devemos tomar como referências pesquisas já publicadas, com isso segundo Martins (2009), “algumas propriedades da argamassa autonivelante no estado fresco, devem ser analisadas para uma garantia de

qualidade no estado endurecido, porém, algumas delas são eleitas como as fundamentais para definir ou caracterizar a auto-adensabilidade dessa argamassa”.

Segundo EFNARC (2002) para que um material autonivelante tenha um ótimo desempenho, é necessária uma complexa combinação de propriedade como coesão, trabalhabilidade, fluidez, viscosidade e compatibilidade entre cimento-aditivos. Ressalva também que pela alta fluidez desse material, o risco de segregação é muito elevado, portanto devemos prevenir esse fenômeno com a utilização de uma quantidade de finos, partículas menores que 0,125 mm, ou a utilização do aditivo modificador de viscosidade.

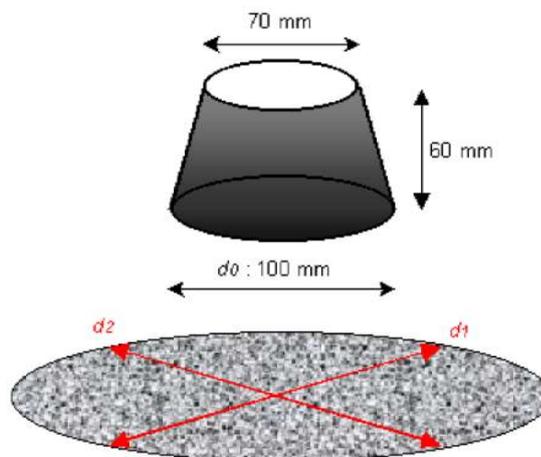
Sobre a utilização do VMA, MARTINS (2009) atenta para o uso desse aditivo, já que uma argamassa muito viscosa corre o risco de não passar pelos obstáculos, dificultando seu próprio espalhamento, e por outro lado se a porcentagem viscosidade for muito baixa, a mistura corre o risco de sofrer com exsudação e segregação.

2.4.1 TRABALHABILIDADE

Para Mehta e Monteiro (1994), a trabalhabilidade do concreto pode ser definida como a propriedade que determina o esforço necessário para manipular uma quantidade de concreto fresco com uma perda mínima de homogeneidade, atingindo os requisitos de aplicação.

Para verificar a trabalhabilidade das argamassas autonivelantes o ensaio utilizado é o espalhamento na mesa (GEORGIN et al., 2008). Este ensaio consiste no preenchimento de um mini tronco de cone (Figura 09), no qual é retirado sobre uma mesa que possui material inerte e sem nenhum atrito, para que esta pasta se espalhe sobre a mesma sob seu peso próprio. Em seguida, são medidos dois diâmetros ortogonais conforme Figura 10.

Figura 09: Mini cone para ensaio de espalhamento.



Fonte: Nunes (2001)

Figura 10: Ensaio de Espalhamento. Lado esquerdo: Preenchimento e nivelamento, e lado direito o aferimento das medidas.



Fonte: Katsiadramis et al. (2010)

O valor do teste de espalhamento, pelo método do mini cone na mesa, deve variar entre 24 e 26 cm para argamassas autonivelantes (KATSIADRAMIS et al., 2010), já Georgin et al. (2008) em suas pesquisas, definiu a argamassa autonivelante com valores de 25 e 27 cm de espalhamento. E por fim os critérios de aceitação sugeridos pela EFNARC (2002), para experimentos de espalhamento em argamassas auto adensáveis, varia entre 24 e 26 cm.

2.4.2 EXSUDAÇÃO

De acordo com Neville (1997), a exsudação é uma forma de segregação da água e agregado, onde essa água tende a subir para a superfície da argamassa no seu estado fresco. Isto acontece, pois, a água apresenta a menor massa específica entre todos os materiais da mistura. Cimentos com partículas mais finas e pastas com adições de agregados mais finos podem minimizar a exsudação, pois partículas menores hidratam mais rápido.

Neville (1997), ainda cita que além das características do cimento como teor de finos e concentração de C3A influenciarem na exsudação da argamassa, a presença de uma quantidade adequada de partículas de diâmetro inferior a 150 micrometros reduz significativamente esta propriedade.

Com isso, acredita-se que o resíduo de construção e demolição seja uma alternativa para minimizar os efeitos da exsudação, por ser um material altamente poroso e com teor elevado de finos, demonstra aparentemente habilidade para reter água de mistura (PERIUS, 2009).

2.4.3 SEGREGAÇÃO

Segundo Libre et al. (2010), a segregação pode ser definida como a separação de partículas granulares da mistura, onde em seu estado fresco fica visível encontrar este fenômeno, que está muitas vezes associada à sedimentação estática. O uso de aditivo modificador de viscosidade do tipo polissacarídeo com adição de 1% por massa do cimento,

nas misturas com a/c de 0,55, proporcionou uma diminuição no índice de segregação de 159% para 83% da mistura. Porém o uso exagerado desse aditivo ocasiona uma estabilidade extrema na mistura, atrapalhando sua trabalhabilidade.

As características dos agregados como dimensão máxima característica, o teor de finos, a distribuição granulométrica, a massa específica e a forma dos grãos, são os grandes influenciadores na segregação da argamassa. O teor de pasta de cimento e a falta ou excesso de água na mistura também influenciará a estabilidade da pasta (PERIUS, 2009).

Devido a argamassa possuir inúmeras variáveis que influenciam em seu comportamento no estado fresco, é que essas propriedades devem ser observadas, já que, estas propriedades no estado fresco irão influenciar diretamente as propriedades no estado endurecido (MARTINS, 2009).

2.5 PROPRIEDADES NO ESTADO ENDURECIDO

2.5.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A resistência à compressão simples é uma das características mais relevantes de um concreto, não somente pela informação de qual a carga que este suporta, mas por fornecer outros parâmetros físicos que podem ser relacionados a esta propriedade. Entretanto na dosagem de argamassa autonivelante, este parâmetro não é de grande importância, como são as características do estado fresco que regem os parâmetros para aceitação do material (PERIUS, 2009).

Esta resistência está ligada a capacidade do material de resistir esforços de tração, compressão ou cisalhamento, provenientes de cargas estáticas ou dinâmicas decorrentes do próprio esforço que a edificação exige, quanto condições ambientais (FREITAS 2010). Este parâmetro aumenta com a redução da quantidade de agregado na argamassa e varia inversamente com a relação água/cimento (MACIEL, BARROS E SABBATINI, 1998).

Segundo Levy e Helene (2004), em dosagens utilizando agregados reciclados de blocos de concreto como substituição ao agregado natural, para diferentes porcentagens de substituição, constatou a possibilidade de alcançar resistências equivalentes aos concretos feitos com agregados naturais.

Pedrozo (2008) constatou em sua pesquisa sobre a substituição de areia natural por agregado reciclado de RCD em concreto convencional, que para diferentes teores (0, 25, 50, 75 e 100%) não houve mudanças significativas das resistências, principalmente em idades avançadas (28 e 90 dias).

2.5.2 RETRAÇÃO POR SECAGEM

A retração por secagem representa a perda de volume e deformação do material pela troca de água para o ambiente externo, estes valores representam a combinação entre carbonatação e a dessecação do material, que depende de sua microestrutura e sua capacidade para suportar a secagem (ITIM et al. 2011).

Portanto, o estudo do fenômeno de retração é de fundamental importância, uma vez que as fissuras ocasionadas, influenciam significativamente na resistência a compressão da peça e também serve de pontos facilitadores de acesso a agentes nocivos, reduzindo a durabilidade da estrutura (PERIUS, 2009).

Os materiais têm grande importância nesse fenômeno, segundo PERIUS (2009) os fatores como tipo, a granulometria e a dimensão máxima do agregado, a relação água/cimento e o emprego de aditivos e adições minerais, são variáveis que afetam diretamente a retração por secagem do concreto. Onde agregados com maior módulo de deformação conduzem a um menor grau de retração, a utilização de agregados com distribuição granulométrica continua também auxilia nessa redução.

2.6 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD)

O uso do resíduo de construção e demolição como substituição parcial ou total dos agregados em materiais da construção civil, passou a receber importância logo após o fim da segunda Guerra Mundial, no processo de reconstrução da Alemanha. Desde então, inúmeras pesquisas foram e estão sendo desenvolvidas com intuito de desenvolver novas tecnologias, e que essas apelem também para a questão ambiental (PERIUS, 2009).

No Brasil a CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) é o órgão que regula a disposição e classificação desses materiais, em sua Resolução N° 307, estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a diminuir os impactos ambientais.

A CONAMA (2002) define agregado reciclado como “material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia”. Este conselho classifica estes resíduos em quatro classes diferentes, sendo elas:

- Classe A: são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
- de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplenagem;
 - de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

- de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidos nos canteiros de obras.

Classe B: são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

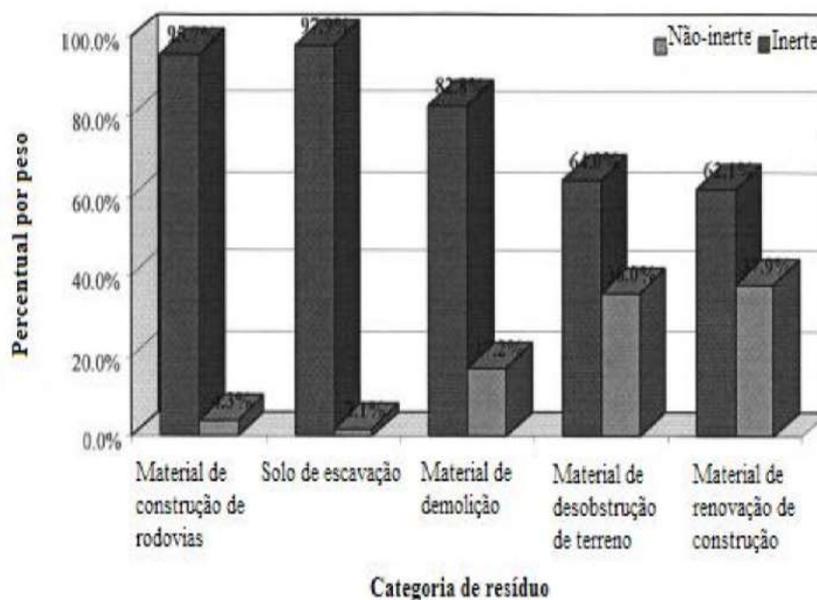
Classe C: são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais com tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolição, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Segundo Costa et al. (2004), os resíduos provenientes das atividades de construção e demolição, em médias e grandes cidades brasileiras, possuem de 40% a 70% da massa total dos resíduos sólidos urbanos. Estudos internacionais estimam que a produção de RCD variam entre 130 e 3000 kg/hab.ano. Na cidade de São Paulo, grande centro econômico do país, a prefeitura estima que seja produzido 280 kg/hab.ano.

De acordo com Poon et al. (2001) o RCD também pode ser classificado em cinco categorias dependendo da sua origem, sendo elas: solo escavado, resíduo de demolição, resíduo de desobstrução de terreno, material de construção de rodovias e resíduo de renovação. Estas categorias se diferenciam na quantidade de materiais inerte e não-inerte de acordo a Figura 11:

Figura 11: Percentual de material inerte e não-inerte no RCD.



Fonte: Adaptado por (POON et al., 2001)

Portanto do ponto de vista técnico, o RCD é um material de composição heterogênea, podendo variar então a sua aplicação de acordo a composição do mesmo. Desta forma, a viabilidade de reciclagem do resíduo dependerá dos percentuais presentes de cada componente,

o que está fortemente ligado ao local de geração desse material (PERIUS, 2009). Com isso Poon et al. (2001) apresentou a Figura 12 com o percentual de cada material da construção civil gerado tanto por demolição, quanto construção.

Figura 12: Composição dos resíduos de construção e demolição.

Constituinte	Percentual	
	Resíduo de demolição	Resíduo de construção
Asfalto	1,61	0,13
Concreto	19,99	9,27
Concreto armado	33,11	8,25
Solo, sujeira, barro	11,91	30,55
Rocha	6,83	9,74
Pedregulho	4,95	14,13
Madeira	7,15	10,53
Bambu	0,31	0,30
Blocos de concreto	1,11	0,90
Tijolo	6,33	5,00
Vidro	0,20	0,56
Outros orgânicos	1,30	3,05
Tubulação plástica	0,61	1,13
Areias	1,44	1,70
Árvores	0,00	0,12
Instalações	0,04	0,03
Refugo	0,07	0,24
Metal (ferro)	3,41	4,36
Total	100	100

Fonte: Adaptado por (POON et al, 2001)

3 METODOLOGIA

3.1 TIPOLOGIA DA PESQUISA

Esta pesquisa possui caráter qualitativo pois, visa investigar as condições e comportamento do produto final obtidos por meio de caracterização dos materiais, ensaios e por meio da investigação visual, comparando os resultados obtidos com parâmetros já conhecidos em pesquisas bibliográficas, com isso, apresentando dados quantitativos para se alcançar o objetivo final desta pesquisa.

Desta forma, quanto aos objetos de estudos, foi realizada pesquisa exploratória, por se tratar de novas tecnologias, visto que, o uso de argamassa autonivelante com substituição da areia natural por materiais de construção e demolição ainda é pouco relatada em pesquisas.

3.2 MATERIAIS DE ESTUDOS

3.2.1 Aglomerante

O aglomerante utilizado foi o cimento Portland CP II F40, material este doado por uma concreiteira da cidade de Palmas – TO.

O cimento CP II F40 foi selecionado por apresentar características favoráveis na fabricação da argamassa autonivelante, pois, o mesmo possui elevado grau de finura, que proporciona maiores resistências em todas as idades, mas também por ser um material muito usado em obras da região, pelo fato de possuir disponibilidade comercial.

3.2.2 Aditivos Químicos

Para o desenvolvimento do traço referência foi utilizado quatro tipos de aditivos com proporções diferentes, com a finalidade de produzir uma argamassa que espalhasse dentro do intervalo de 24 e 27 cm, e não apresentasse segregação e exsudação.

3.2.2.1 Superplastificante

O aditivo superplastificante foi o *Sika ViscoCrete 3535 CB*, é um aditivo de terceira geração, composto por policarboxilatos de altíssimo desempenho com grande poder de dispersão, que aumenta fortemente a trabalhabilidade da pasta.

É recomendado principalmente para a fabricação de concreto de alta resistência inicial, concreto de alto desempenho (CAD), e concreto auto-adensável (CAA), e possui compatibilidade com todos os tipos de cimento Portland que atendem os requisitos das normas NBR 11768 (2011) e ASTM C494.

Segundo a fabricante, para utilização desse aditivo em concreto fluído, recomenda-se a dosagem de 1,1% a 1,50% sobre o peso do cimento, ou seja, 1,1 a 1,50 kg para cada 100 kg de cimento Portland. As características do aditivo estão listadas na Tabela 01:

Tabela 01 – Propriedades do Aditivo superplastificante Viapol Plastol 6040

Ação Principal	Aditivo Superplastificante tipo II (SP-II R)
Ação Secundária	Redutor de água de Amassamento (A/C)
Composição	Solução de Policarboxilatos em meio aquoso
Aspecto	Líquido
Cor	Castanho
Massa Específica	1,08 ± 0,02 kg/litro

Fonte: Autor (2017)

3.2.2.2 Plastificante Polifuncional

O aditivo plastificante polifuncional utilizado foi o *Basf MasterPozzolith 201*, ele é composto por Policarboxilatos de altíssimo desempenho com grande poder de dispersão, que aumenta fortemente a trabalhabilidade da pasta.

É recomendado principalmente para a fabricação de concreto auto adensáveis, e possui compatibilidade com todos os tipos de cimento Portland que atendem os requisitos das normas NBR 11768 (2011) e ASTM C494.

Segundo a fabricante, para utilização desse aditivo em concreto fluído, recomenda-se a dosagem de 0,40% a 1,80% sobre o peso do cimento, ou seja, 0,40 a 1,80 kg para cada 100 kg de cimento Portland. As características do aditivo estão listadas na Tabela 02:

Tabela 02 – Propriedades do Aditivo Plastificante Polifuncional Basf – MasterPozzolith 201

Produto (nome atual)	Descrição	pH (NBR 10908)	Massa Específica g/cm ³ (NBR 10908)
MasterPozzolith® 201	Aditivo que permite redução do fator água/cimento, associado ao acréscimo nas resistências finais e é compatível nos cimentos CP IIE40, CPIIF e CP V.	7.00 - 9.00	1.100 - 1.160

Fonte: Autor (2017)

3.2.2.3 Modificador de Viscosidade

O aditivo modificador de viscosidade foi o Viapol Eucon MV, este aditivo possui sua base química de Polietilenoglicol, seu uso é indicado na confecção de concretos de alto desempenho e fluidez, para compensar falta de finos em alguns traços.

Este aditivo é utilizado quando se busca a estabilização de traços de pastas fluidas que tenham a tendência a exsudar em excesso ou segregar, assim, aumentando a coesão de traços com falta de finos.

De acordo a fabricante, para utilização do Eucon MV em concreto auto adensáveis, recomenda-se a dosagem de 0,15% a 0,5% em relação ao peso do cimento. Porém é recomendado a execução de ensaios em laboratórios para determinar a porcentagem ideal deste aditivo. As características do aditivo estão listadas na Tabela 03:

Tabela 03 – Propriedades do Aditivo modificador de viscosidade Viapol Eucon MV

Base química	Polietilenoglicol
Aspecto	Líquido
Cor	Branco
Massa Específica	1,00 g/cm ³
Ph	7,6

Fonte: Autor (2017)

3.2.2.4 Incorporador de Ar

O aditivo incorporador de ar foi o Viapol Eucon AIR 1, este aditivo é composto por resinas naturais de alto desempenho, que formam microbolhas estáveis e bem distribuídas na argamassa.

Este aditivo é utilizado quando se busca melhorar as propriedades mecânicas da argamassa, com isso, reduzindo o potencial de retração e formação de fissuras.

De acordo a fabricante, para utilização do Eucon AIR 1 em concreto e argamassas, recomenda-se a dosagem de 0,01% a 0,2% em relação ao peso do cimento. Porém é recomendado a execução de ensaios em laboratórios para determinar a porcentagem ideal deste aditivo. As características do aditivo estão listadas na Tabela 04:

Tabela 04 – Propriedades do Aditivo modificador de viscosidade Viapol Eucon MV

Característica	Eucon® AIR 1
Base química	Resinas naturais
Aspecto	Líquido
Cor	Marrom avermelhado
Massa específica	~1,05 g/cm ³
pH	~12,2
Teor de cloretos	Não contém cloretos

Fonte: Autor (2017)

3.2.3 Agregados

3.2.3.1 Agregado Natural

Como agregado foi utilizado a areia natural fina extraída em leito de rio, com origem quartzosa.

3.2.3.2 Agregado de RCD

O resíduo de construção e demolição (RCD) que foi utilizado na pesquisa, é proveniente de restos de blocos de concreto estrutural e reboco de cimento, sendo classificados de acordo a CONAMA resolução N° 307, como resíduos classe A.

Este RCD é gerado pela construção de um Conjunto Habitacional 02, localizado na quadra 1306 sul, alameda 03 A HM 1, Palmas – TO, como pode ser observado na Figura 13. A obra é construída usando o processo de alvenaria estrutural, contendo 120 apartamentos, em 5 pavilhões, possuindo 3895,46 m² de área construída, a construtora responsável pela obra é CREMA ENGENHARIA E PROJETOS LTDA.

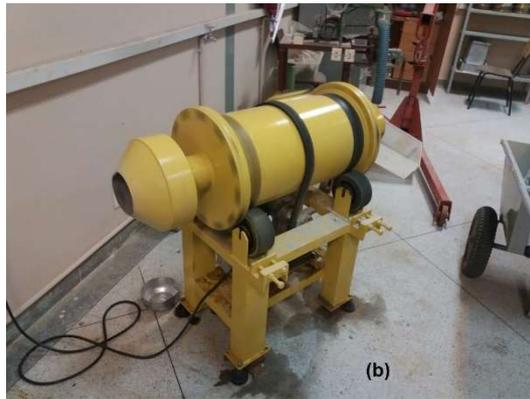
Figura 13: Obra geradora do resíduo de construção e demolição



Fonte: Autor (2017)

Este material foi coletado por um veículo apropriado (camionete), sendo estocado no laboratório de Materiais. Após a coleta, o RCD passou por um processo de beneficiamento para se chegar as frações de agregado miúdo, que são as partículas passante na peneira 4,75 mm e retido na 0,15 mm. Para isto, foi utilizado Britador de Mandíbulas Figura 14 (a) na primeira fase do beneficiamento, e para alcançar a fração de agregado miúdo fino de RCD, utilizou-se o Moinho de bola Figura 14 (b) do laboratório de Engenharia de Minas do Centro Universitário Luterano de Palmas.

Figura 14: Britador de Mandíbulas (a), Moinho de Bolas (b)



Fonte: Autor (2017)

3.2.3.3 Caracterização dos Agregados

Foi feita análise granulométrica desses materiais em conformidade com a orientação contida na norma ABNT NBR NM 248 (2003) Agregados – Determinação da Composição Granulométrica, determinando o diâmetro máximo característico e módulo de finura desses agregados.

Neste ensaio utilizou-se uma balança de precisão, estufa, jogo de peneiras da série normal, agitador mecânico de peneiras, bandejas e escova de acordo a Figura 15 (a), o ensaio aconteceu no laboratório de Materiais do CEULP/ULBRA.

Foi determinado a Massa Específica de todos agregados da pesquisa de acordo ABNT NBR NM 52/2009, onde avalia a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, excluindo os poros permeáveis. Para este ensaio foi utilizado balança de precisão, frasco aferido (Chapman) Figura 15 (b), molde tronco-cônico, haste de compactação, estufa, bandeja metálica e espátula de aço. A amostra será preparada seguindo todos os critérios estabelecidos pela norma, para que posteriormente seja feita a determinação da sua massa específica, este ensaio foi feito no laboratório de Materiais do CEULP/ULBRA.

Figura 15: Ensaio de granulometria (a), Ensaio de massa específica (b)



Fonte: Autor (2017)

Foi realizado o ensaio de Massa Unitária desses materiais, para isto, o ensaio previsto por norma seria a NBR NM 45/2006, porem a indisponibilidade do recipiente exigido pela norma no laboratório inviabilizou a sua utilização, com isso a determinação da massa unitária foi executada seguindo a NBR 7251/1982 de acordo a Figura 16 (a).

E por final, foi determinado a pulverulência da areia natural e agregado miúdo de RCD, Figura 16 (b), pois esse teor é de suma importância para a reologia da argamassa autonivelante, devido a quantidade de materiais finos, este ensaio foi realizado seguindo a NBR NM 46/2003 – Determinação do Material Fino que Passa Através da Peneira 75 μm , por Lavagem.

Figura 16: Ensaio de massa unitária (a), Ensaio de material pulverulento (b)



Fonte: Autor (2017)

3.2.4 Água

As argamassas serão fabricadas utilizando água da rede pública local, fornecida pela Odebrecht Ambiental (TO).

3.3 DETERMINAÇÃO DO TRAÇO REFERÊNCIA

As preparações das argamassas foram feitas de acordo descrito na ABNT NBR 13276 (2005) Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Porém a etapa de adensamento não se faz necessário devido a características autonivelante do material.

O traço estabelecido como referência para produção dessa argamassa foi de 1:4 (cimento/areia) conforme bibliografia (Fiorito, 2009; Martins, 2012). A relação água/cimento estabelecida em 1,1 conforme (Libre et al., 2010; Katsiadramis et al., 2010).

Inicialmente foi realizado traços com diferentes porcentagens de aditivos, visando a obtenção de um traço referência com características autonivelante. As variáveis fixadas foram a quantidade de cimento e areia, variando apenas o fator água/cimento e os teores dos aditivos, sendo eles Superplastificante (SP), Modificador de Viscosidade (VMA), Incorporador de Ar (IA) e Plastificante Polifuncional (PP).

Os materiais foram adicionados em parcelas na argamassadeira (Figura 17) e misturados na velocidade 1 (velocidade lenta), sendo adicionado primeiramente uma parte da água aos materiais secos e posteriormente os aditivos com o restante da água de amassamento.

Figura 17: Argamassadeira utilizada na produção da argamassa



Fonte: Autor (2017)

Os traços referências foram analisados com o ensaio de espalhamento, onde as características de espalhamento, segregação e exsudação foram avaliadas. Após 5 traços serem analisados, foi feita a escolha do que se enquadrava melhor como argamassa autonivelante, em que o mesmo deveria apresentar um espalhamento entre 24 e 27 cm e não tivesse exsudação e segregação dos seus materiais.

Após a realização dos ensaios no estado fresco, para a obtenção do traço referência composto por (cimento:areia:água:aditivos), foi confeccionado argamassas autonivelantes utilizando o material de RCD, como substituição em volume parcial da areia natural. As porcentagens de substituição adotadas na pesquisa foram de 20%, 40% e 60%.

Os traços foram dosados para um volume de 0,009 m³ de argamassa, sendo utilizadas no ensaio de espalhamento e para confeccionar todos os corpos de provas necessários para os ensaios no estado endurecido. A substituição da areia natural pelo agregado reciclado foi feita em volume, com isso encontrando a massa do RCD e completando com areia natural a massa que falta para o traço 1:4 (cimento:agregado), os materiais restantes foram mantidos fixos em todos os traços, para que possamos entender melhor as características que o RCD trará para a reologia da argamassa autonivelante.

3.4 ESTUDO DA ARGAMASSA COM SUBSTITUIÇÃO DE RCD

3.4.1 Ensaio no Estado Fresco

3.4.1.1 Ensaio de Espalhamento

Este ensaio foi realizado com objetivo principal de obter argamassas com propriedades de espalhamento entre 24 e 27 cm de diâmetro, sem que ocorra sinais de segregação e exsudação. Para isto foi realizado a dosagem das argamassas através do ensaio de espalhamento, que definiu qual traço seria utilizado como referência para a pesquisa. Todos os ensaios foram feitos no laboratório de Materiais do CEULP/ULBRA.

Para simular o espalhamento dessa argamassa em situação real, foi desenvolvido um protótipo que possuirá um substrato de concreto e divisórias de madeira, onde os traços desenvolvidos puderam ser dispostos lado a lado sem interação entre eles, com isso, colocando essas pastas em condições semelhantes de substrato e condições climáticas.

O ensaio de espalhamento de acordo ABNT NBR 15823-2/2010 – Determinação de Espalhamento e Tempo de Escoamento, consiste no preenchimento de um mini tronco de cone (Figura 18), o qual é retirado verticalmente para que a argamassa pudesse se espalhar livremente sob seu peso próprio, em seguida, são medidos dois diâmetros ortogonais, o diâmetro final será

a medias desses dois valores. Para a escolha do teor ideal dos aditivos, foi determinado um espalhamento entre 24 e 27 cm de acordo a bibliografia pesquisada, valores representados na tabela abaixo, de acordo a Figura 19.

Figura 18: Mini Tronco de Cone



Fonte: Autor (2017)

Figura 19: Valores de espalhamento para argamassas autonivelantes

Autores	Georgin et al. (2008)	Katsiadramis et al. (2010)	Rizwan e Bier (2012)
Espalhamento	25 a 27 cm	24 a 26 cm	≥ 26 cm

Fonte: Carvalho (2015)

Após ser realizado todos os testes e escolhido o traço referência, foram feitas substituições da areia natural por material de RCD em volume, com as seguintes porcentagens (20%, 40% e 60%), e posteriormente foi feito novamente o ensaio de espalhamento para essas novas amostras.

Vale ressaltar que todos os traços produzidos, serão submetidos ao ensaio de espalhamento com a finalidade de alcançar a faixa de abertura entre 24 e 27 cm de diâmetro como preconiza a EFNARC (2002) e estudos já demonstrados nesta pesquisa, caso não seja atingido esses valores, será escolhido o traço que apresentar maior resistência a compressão e flexão para uma nova dosagem com apenas o aumento do fato a/c, para poder avaliarmos a influência da água no espalhamento.

3.4.1.2 Teor de Ar Incorporado

Para a realização deste ensaio foi utilizado a NBR 13278/2005, uma vez que para argamassa autonivelante não exista uma norma que estabeleça procedimentos a serem adotados na execução do ensaio. Entretanto para este material, não foi necessário a etapa de adensamento no recipiente.

Primeiramente foi aferido o volume do recipiente utilizado para o ensaio (v_r), é registrado a massa do mesmo vazio (m_v), feito isso a argamassa já pode ser preparada, e colocada dentro do recipiente, a argamassa autonivelante dispensa a necessidade dos golpes, requerendo apenas de arrasamento com uma régua metálica em direções ortogonais, para o correto preenchimento do recipiente.

Realizado esse procedimento e removendo todo material que por ventura tenha ficado aderido no recipiente, pesa-se o mesmo e anota-se a massa do conjunto (m_c).

Com todos esses dados obtidos é possível calcular a densidade de massa do material, com isso, conhecendo essa densidade, é possível determinar o teor de ar incorporado na mistura.

3.3.2 Ensaio no Estado Endurecido

3.4.2.1 Resistência à Compressão

O ensaio à compressão, assim como a moldagem e cura dos corpos de prova foram realizados conforme a norma técnica da ABNT NBR 7215/1996 Determinação da Resistência à Compressão. Por se tratar de uma argamassa autonivelante, a etapa de adensamento do material não foi necessária ser feita.

Ao todo foram produzidos doze corpos de prova cilíndricos (Figura 20) de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura para cada traço. Os moldes que contêm os corpos de prova foram desmoldados entre 24 e 48 horas, rompidos no laboratório de Materiais do CEULP/ULBRA, no 3º, 7º e 28º dia, em uma prensa, marca EMIC PC 201 (Figura 21), os corpos de prova são colocados na prensa, e recebem uma carga de $500 \pm 50\text{N/s}$ até a ruptura das amostras.

Figura 20: Corpos de prova cilíndricos



Fonte: Autor (2017)

A resistência a compressão é calculada pela Equação 01 e seus valores finais representam a média aritmética das amostras.

Sendo:

R_c = resistência à compressão (MPa)

F_c = carga máxima aplicada (N)

A = área da seção, considerada cilíndrica (diâmetro = 50mm).

Equação 01: $R_c = F_c/A$

Figura 21: Ensaio de Compressão na prensa EMIC PC 201



Fonte: Autor (2017)

3.4.2.2 Resistência à Flexão

O ensaio à flexão, assim como a moldagem e cura dos corpos de prova foram realizados conforme a norma técnica da ABNT NBR 13279/2005 Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos – Determinação da Resistência à Tração na Flexão e à Compressão. Por se tratar de uma argamassa autonivelante, a etapa de adensamento do material não foi necessária ser feita.

Os corpos de prova foram rompidos no laboratório de Materiais do CEULP/ULBRA, no 3º, 7º e 28º dia, em uma prensa, marca EMIC DL 1000, os corpos de prova foram confeccionados em forma de prisma com dimensões 40x40x160 de acordo a Figura 22.

Figura 22: Corpos de prova prismáticos



Fonte: Autor (2017)

Como mostra a figura 23 os corpos de prova foram posicionados na máquina de forma que as pontas dos blocos ficassem apoiadas nos cantos e a força fosse aplicada no centro para ensaiar a tração na flexão.

Figura 23: Ensaio de Compressão na prensa EMIC PC 201



Fonte: Autor (2017)

3.4.2.3 Absorção de Água

Para o cálculo da permeabilidade da argamassa autonivelante foi utilizado a norma ABNT NBR 9778/2009 Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.

Neste ensaio foi determinado a capacidade da argamassa autonivelante de absorver água por imersão, com isso, podendo fazer ponderações na hora de colocar o revestimento no contrapiso e analisar a influência do material reciclado nesse resultado. Primeiramente foram separados 2 corpos de prova para cada traço e colocados na estufa durante 72 horas, após os mesmos serem retirados do processo de secagem e imergidos em água por 72 horas, com isso possibilitando encontrar sua massa seca e massa saturada. Este procedimento foi realizado no laboratório de Materiais do CEULP/ULBRA.

3.5 APLICAÇÃO DO PROTÓTIPO

Foi desenvolvido um protótipo com a finalidade de demonstrar o comportamento dessa argamassa como em uma obra, simulando o espalhamento dessa pasta sobre um substrato de concreto, possibilitando após a secagem da mesma, observar as características finais desse

contrapiso, como sua aparência final, sinais de segregação, a aderência do mesmo com o substrato e possíveis fissuras que possam ocorrer.

Primeiramente foi desenvolvido um substrato de concreto para este contrapiso, o mesmo tem a espessura de 5 cm com dimensões de 65x105cm. Após isto, colocou as divisórias de madeiras para delimitar a área de cada traço estudado, ao todo foi aplicado 4 tipos de traços, sendo o traço referência e dosagens com adição de RCD. A finalidade de se colocar esses diferentes tipos de argamassa autonivelante lado a lado, é de proporcionar um ambiente semelhante as mesmas.

Este contrapiso possui espessura de 30 mm, e foi lançado sobre a base mecanicamente, com auxílio de baldes, foram produzidos um traço por vez e todos os procedimentos de aplicação dessa argamassa autonivelante obedeceram às recomendações de autores já exemplificados nesta pesquisa.

Segue na figura 24, o detalhamento esquemático do protótipo sem escala, com todas as dimensões necessárias para sua fabricação:

Figura 24: Detalhamento do Protótipo



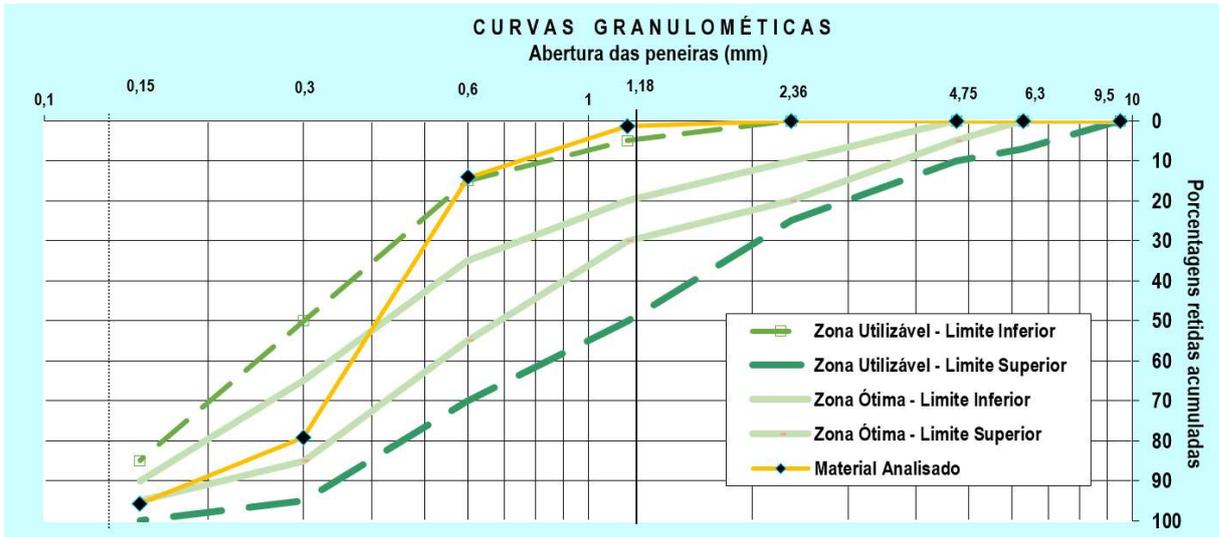
Fonte: Autor (2017)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

A distribuição granulométrica da areia natural e os limites das zonas (ótima e utilizável), conforme ABNT NBR NM 248 (2003), está apresentada na figura 25:

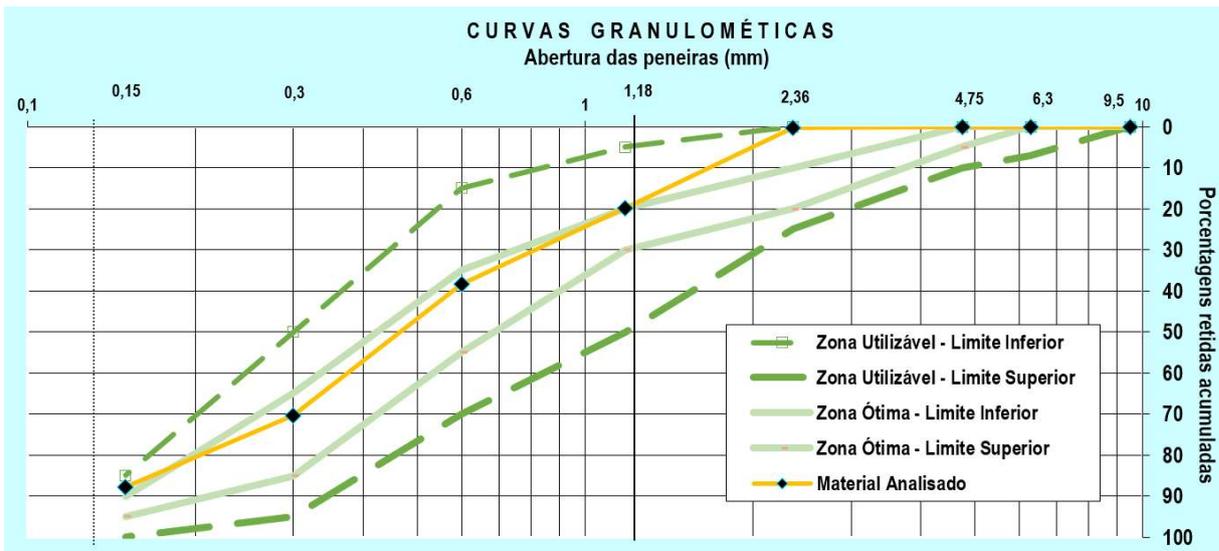
Figura 25 – Curva granulométrica da areia natural



Fonte: Autor (2017)

A distribuição granulométrica do agregado reciclado RCD e os limites das zonas (ótima e utilizável), conforme ABNT NBR NM 248 (2003), está apresentada na figura 26:

Figura 26– Curva granulométrica do agregado reciclado RCD



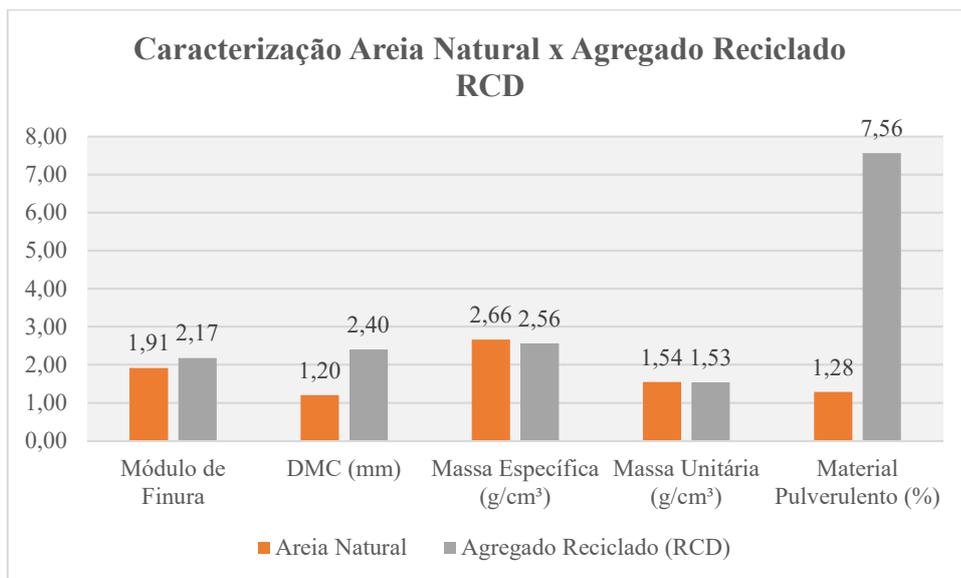
Fonte: Autor (2017)

Conforme as curvas granulométricas apresentadas, percebemos que a distribuição do RCD está melhor distribuída na zona ótima em comparação com a areia natural, com isso podendo influenciar positivamente na coesão e trabalhabilidade da argamassa, por apresentar homogeneidade em sua distribuição dos grãos.

Outro fator primordial para argamassa autonivelante é a presença de finos em sua composição, onde a areia natural apresentou 4,15% de material passante da peneira 0,15 mm e o RCD apresentou 12,14% deste mesmo material, esta diferença pode ser explicada pelo fato do RCD ser um agregado reciclado, onde o mesmo passou por um processo de beneficiamento gerou uma grande quantidade de grãos finos. Portanto essa quantidade de finos em sua composição pode gerar uma melhora na reologia da argamassa com a sua substituição, onde traria um aumento significativo de grãos finos para a mesma.

Os resultados da caracterização física dos agregados estão apresentados, conforme a figura 27, que compara as características da areia natural e do agregado reciclado.

Figura 27 – Caracterização dos agregados



Fonte: Autor (2017)

Pôde-se perceber que o RCD apresentou menor massa específica, provavelmente em função da sua elevada porosidade interna. Comparando esses dois agregados, podemos concluir que a diferença principal entre os mesmos é a quantidade de materiais finos, em que o agregado reciclado por ser proveniente de um beneficiamento, onde foi britado e posteriormente passou pelo processo de moagem, apresentou um alto teor de finos e com isso um alto teor de material pulverulento.

4.2 DETERMINAÇÃO DO TRAÇO REFERÊNCIA

Primeiramente foram desenvolvidos traços experimentais, com o intuito de encontrar um traço referência com características de argamassa autonivelante, sendo elas: espalhamento de 24 até 27 cm de diâmetro e que não estivesse segregando e exsudando. Com isso foram desenvolvidos 5 traços, com quantidade de materiais, fator água/cimento e quantidade e porcentagens diferentes de aditivos.

Os traços estabelecidos estão listados na tabela 05:

Tabela 05 – Identificação dos traços experimentais

TESTE	Cimento (g)	Areia (g)	a/c	SP (%)	MVA (%)	IA (%)	PP (%)
TR 01	350	1400	0,6	1,5	0,5	-	-
TR 02	350	1400	1,0	-	0,8	0,2	-
TR 03	350	1400	1,0	-	0,8	0,2	1,0
TR 04	350	1400	1,0	-	1,0	0,2	1,0
TR 05	350	1400	1,1	-	1,0	0,2	1,0

Fonte: Autor (2017)

Após a produção destes traços, foram analisados através do ensaio de espalhamento, três parâmetros que serviram para a tomada de decisão, primeiramente a argamassa não poderia apresentar exsudação e segregação dos seus materiais, e por último a mesma deveria apresentar um espalhamento entre 24 e 27 cm, para que fosse considerada uma argamassa autonivelante. Podemos analisar visualmente o resultado deste ensaio na figura 28.

Figura 28 – Ensaio de Espalhamento – Traços Referências





Fonte: Autor (2017)

Com isso foi montado a tabela 06 com os resultados do ensaio de espalhamento.

Tabela 06 – Resultados do espalhamento utilizando o mini tronco de cone

Formulação	Abertura (cm)			Segregação		Borda	
	Diâmetro 01	Diâmetro 02	Diâmetro Médio	Com	Sem	Uniforme	Desuniforme
TR 01	-	-	-	X			X
TR 02	17,90	18,15	18,03		X	X	
TR 03	19,50	19,00	19,25		X		X
TR 04	22,50	23,50	23,00		X	X	
TR 05	24,70	24,90	24,80		X	X	

Fonte: Autor (2017)

A tabela 06 demonstra que a porcentagem e escolha do aditivo é de suma importância para a produção de argamassa autonivelante, com isso percebemos na figura 29 a grande

influência que o aditivo modificador de viscosidade, incorporador de ar e o fator água/cimento exerce na trabalhabilidade e coesão da argamassa

Figura 29 – Ensaio de espalhamento, TR 01 (esquerda) e TR 02 (direita)



Fonte: Autor (2017)

Podemos perceber que o TR 01 apresentou uma exsudação (A) e segregação (B) acentuada como pode ser visto na imagem, este resultado pode ter sido ocasionado pelo uso de um aditivo superplastificante indicado apenas para concreto, outro fator é a dosagem do aditivo modificador de viscosidade (VMA), em que não foi o suficiente para combater essas características.

Já o TR 02 contou com o aumento do teor de VMA, o acréscimo do aditivo Incorporador de ar (IA) e aumento do fator a/c. O aumento do teor de VMA atribuiu a argamassa bordas uniforme e a presença de uma massa não exsudada, esta reação se dar pelo fato deste aditivo aumentar a coesão em traços com falta de finos, com isso, também diminuindo circunstancialmente a segregação e exsudação da argamassa.

O aditivo Incorporador de ar foi adicionado na mistura para combater o processo de retração e formação de fissuras, pois com o aumento do fator a/c, está argamassa fica sujeita no processo de cura, a potencial formação dessas reações. Portanto este aditivo é de suma importância para melhoria das propriedades mecânicas e redução da permeabilidade da argamassa, transformando esse produto mais durável.

Portando de acordo os parâmetros de tomada de decisão escolhidos para a escolha do traço referência, foi escolhido o TR 05, por apresentar bordas uniformes, a não segregação de seus materiais e principalmente um espalhamento que ficou na faixa determinada por pesquisas, sendo assim considerado uma argamassa autonivelante.

4.3 ESTUDO DA ARGAMASSA COM SUBSTITUIÇÃO DE RCD

Após o processo de escolha do traço referência, foram feitos três novos traços propondo a substituição do agregado natural pelo agregado reciclado de RCD. Foram fixadas todas as variáveis, mudando apenas a quantidade de agregado natural e reciclado, porém mantendo a proporção de 1:4.

A substituição desse agregado ocorreu por volume como consta na metodologia dessa pesquisa, onde foram usadas as massas unitárias dos mesmos com o intuito de substituir as porcentagens previstas em volume de 20%, 40% e 60%.

As quantidades dos materiais são apresentadas na tabela 07, em que “TR” significa o traço referência, “T_{RCD} 20%” traço referência com 20% de RCD, “T_{RCD} 40%” traço referência com 40% de RCD e “T_{RCD} 60%” traço referência com 60% de RCD.

Tabela 07 – Identificação dos traços finais do estudo

Formulação	Cimento (g)	Areia (g)	RCD (g)	a/c	MVA (g)	IA (g)	PP (g)
TR	3500	14000	-	1.1	35,0	7,0	35,0
T _{RCD} 20%	3500	11218,18	2781,82	1.1	35,0	7,0	35,0
T _{RCD} 40%	3500	8436,37	5563,63	1.1	35,0	7,0	35,0
T _{RCD} 60%	3500	5654,54	8345,46	1.1	35,0	7,0	35,0

Fonte: Autor (2017)

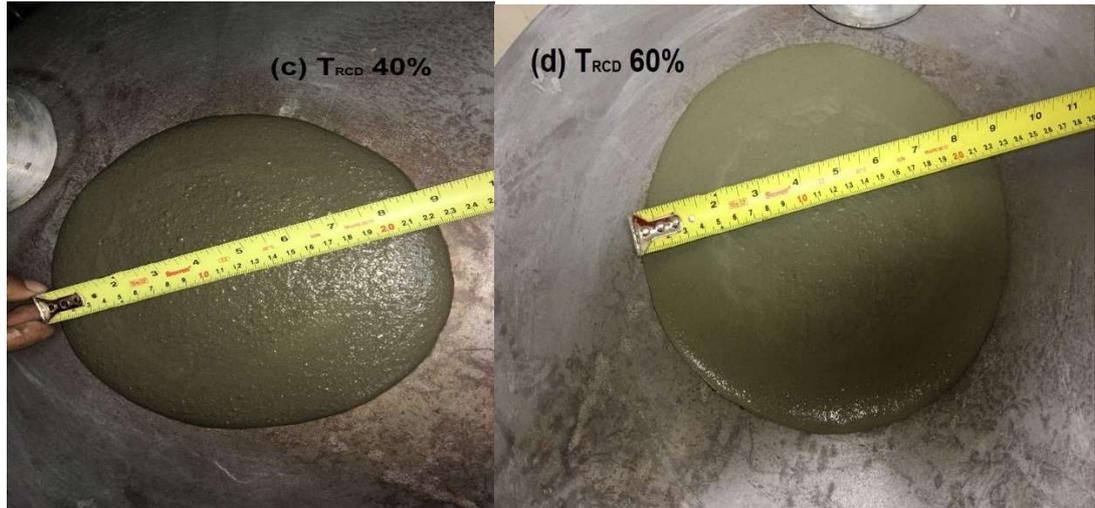
Com todos os traços calculados com a devida substituição da areia por RCD, foram produzidos então as argamassas dessa pesquisa.

4.3.1 ENSAIO DE ESPALHAMENTO

Após a produção das argamassas, foi feito o ensaio de espalhamento para que fosse analisado suas características de se espalhar somente pelo seu peso próprio, e os sinais de segregação e exsudação da massa. Podemos analisar visualmente o resultado deste ensaio na figura 30.

Figura 30 – Ensaio de Espalhamento – Traço Referência e com Substituições de RCD





Fonte: Autor (2017)

Com a análise visual e a medição dos diâmetros após o espalhamento das argamassas foi montado uma tabela 08 que exemplifica o resultado deste ensaio:

Tabela 08 – Resultados do espalhamento utilizando o mini tronco de cone - Traço Referência e com Substituições de RCD

Formulação	Abertura (cm)			Segregação		Borda	
	Diâmetro 01	Diâmetro 02	Diâmetro Médio	Com	Sem	Uniforme	Desuniforme
TR	24,70	24,90	24,80		X	X	
T _{RCD} 20%	23,90	24,00	23,95		X	X	
T _{RCD} 40%	22,50	22,40	22,45		X	X	
T _{RCD} 60%	21,90	22,20	22,05		X	X	

Fonte: Autor (2017)

Analisando os resultados obtidos, podemos perceber que com o aumento de RCD na argamassa, a uma queda do diâmetro de espalhamento do mesmo, este efeito é explicado pelo aumento da porcentagem de material fino na mistura, com isso elevando a área da superfície de contato das partículas. Porém, a argamassa com mais quantidade de RCD, teve um aumento de coesão e homogeneidade, havendo nenhum sinal de exsudação e segregação na mesma.

Outro fator de suma importância para análise destes resultados é o fator a/c, como esta pesquisa tem como objetivo avaliar a influência do RCD nas características da argamassa autonivelante, optou-se então pela fixação de todas as variáveis, mudando apenas o agregado miúdo na mistura, portando com a fixação do fator a/c percebemos que o espalhamento foi afetado negativamente, pois com o aumento da área de contato dos grãos finos, fez se necessário o aumento deste fator para que pudesse chegar a valores entre 24 e 27 cm de diâmetros, caracterizando a argamassa como autonivelante.

Como os resultados obtidos no ensaio de espalhamento após a substituição de RCD ficaram abaixo do que os estudos apontam para ser considerados autonivelante, foi escolhido o melhor traço com substituição de RCD que apresentou as melhores características mecânicas de compressão e flexão, para uma nova dosagem com o intuito de alcançar um espalhamento entre 24 e 27cm. O traço com 40% de agregado reciclado apresentou as melhores características e, portanto, foi dosado com as mesmas quantidades de materiais, aumentando apenas o fator água/cimento de 1,10 para 1,30, como pode ser observado na Tabela 09.

Tabela 09 – Nova dosagem do traço com 40% de RCD

Formulação	Cimento (g)	Areia (g)	RCD (g)	a/c	MVA (g)	IA (g)	PP (g)
T _{RCD} 40%	3500	8436,37	5563,63	1.1	35,0	7,0	35,0
NT _{RCD} 40%	3500	8436,37	5563,63	1.3	35,0	7,0	35,0

Fonte: Autor (2017)

Como pode ser visto na Tabela 09 o novo traço com 40% de RCD (NT_{RCD} 40%), teve apenas o fator a/c modificado para analisarmos a influência da água na característica de espalhamento desta argamassa. O resultado deste ensaio pode ser visto na Figura 31.

Figura 31 – Ensaio de Espalhamento – TRCD 40% e NTRCD 40%



Fonte: Autor (2017)

Após ser medido os diâmetros, foi obtido o resultado de 25,85 cm de espalhamento e com a análise visual pode ser conferido o comportamento desta nova argamassa. Estes resultados são demonstrados na Tabela 10.

Tabela 10 – Resultados do espalhamento utilizando o mini tronco de cone - T_{RCD} 40% e NT_{RCD} 40%

Formulação	Abertura (cm)			Segregação		Borda	
	Diâmetro 01	Diâmetro 02	Diâmetro Médio	Com	Sem	Uniforme	Desuniforme
T_{RCD} 40%	22,50	22,40	22,45		X	X	
NT_{RCD} 40%	25,90	25,80	25,85		X	X	

Fonte: Autor (2017)

Portanto foi comprovado que o fator água/cimento da argamassa autonivelante é de suma importância para o espalhamento, influenciando no aumento de 15,14% desta característica, deixando a argamassa no intervalo indicado nesta pesquisa, e que mesmo possuindo uma maior quantidade de água a mistura não apresentou sinais de exsudação e segregação.

4.3.2 TEOR DE AR INCORPORADO

O ensaio para obtenção da densidade de massa e teor de ar incorporado foi realizado em todas as argamassas analisadas, conforme preconiza a ABNT NBR 13278 (2005). Na Tabela 11, é possível observar os valores médios encontrados para a densidade de massa e os teores de ar incorporados para cada argamassa.

Tabela 11 – Resultados obtidos no ensaio de teor de ar incorporado (A)

Formulação	mv	vr	mc	d	dt	A
TR	187,00	402,10	945,00	1,88510	2,08	9,37
T_{RCD} 20%	187,00	402,10	952,35	1,90338	2,07	8,05
T_{RCD} 40%	187,00	402,10	955,75	1,91184	2,06	7,19
T_{RCD} 60%	187,00	402,10	955,90	1,91221	2,05	6,72

Fonte: Autor (2017)

Onde:

dt = densidade de massa teórica da argamassa (g/cm^3)d = densidade de massa em (g/cm^3)

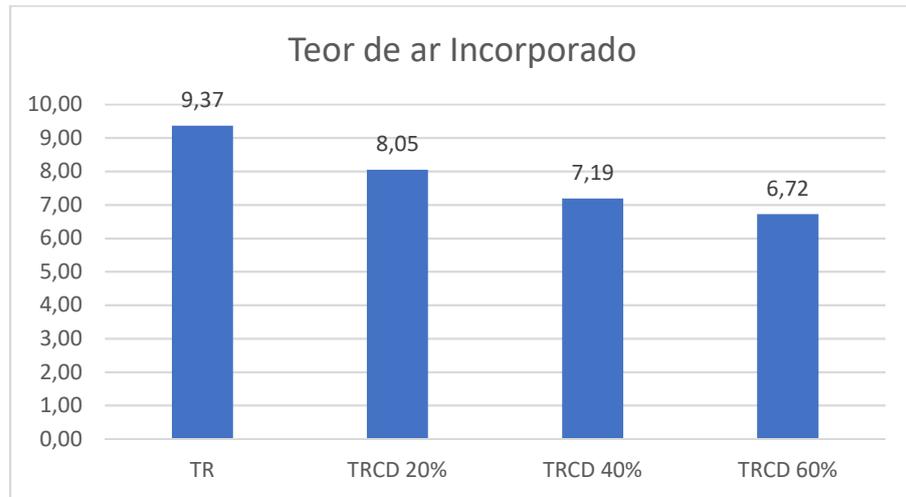
mc = massa do recipiente contendo argamassa (g)

mv = massa do recipiente cilíndrico (cm^3)

A = teor de ar incorporado da argamassa (%)

Através da Figura 32 podemos observar melhor a diferença nos resultados de teor de ar incorporado entre as 4 formulações.

Figura 32 – Diferença de teores de ar incorporado entre as argamassas



Fonte: Autor (2017)

Foi possível observar que os traços com os maiores teores de RCD, apresentaram uma densidade de massa maior que a argamassa sem uso deste agregado, com isso, diminuindo o teor de ar incorporado da mistura. Estes valores podem ser explicados pelo aumento de finos na mistura que proporcionou um melhor rearranjo das partículas, tornando a argamassa mais homogênea e coesa.

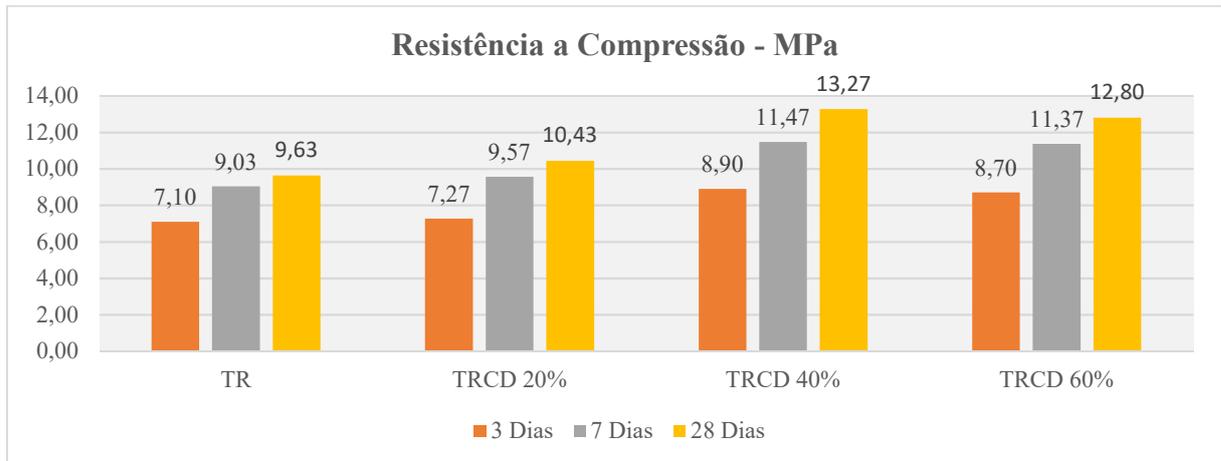
Se compararmos o traço referência com o traço que possui 60% de seu agregado miúdo proveniente de RCD, percebemos uma queda de 28,28% do teor de ar incorporado, tornando uma argamassa mais compacta e pesada.

Segundo Souza, Ferreira e Azevedo (2012), em sua tese sobre argamassa autonivelante foram obtidos os valores de 2,10, 1,80 e 1,83 de ar incorporado, esta grande diferença se compararmos com os valores desta pesquisa pode ser influenciado pelo fato de que os mesmos não utilizaram o aditivo incorporador de ar, em que este aditivo atribui um aumento significativo nos teores encontrados nesta pesquisa.

4.3.3 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

Os ensaios de resistência a compressão foram realizados em todos os traços estudados nesta pesquisa. O resultado conforme Figura 33 e Tabela 12, foram obtidos através do rompimento dos corpos de prova no 3º, 7º e 28º dias de idade.

Figura 33 – Valores médios de resistência à compressão das argamassas



Fonte: Autor (2017)

Tabela 12 – Resistência à compressão das argamassas ao longo do tempo

ARGAMASSA	Resistência média 3 Dias (MPa)	Resistência média 7 Dias (MPa)	Resistência média 28 Dias (MPa)
Traço Referência	7,10	9,03	9,63
Desvio padrão	0,74	0,28	0,74
Coef. De variação (%)	10,34	3,11	7,63
Traço 20% de RCD	7,27	9,57	10,43
Desvio padrão	0,28	1,00	0,68
Coef. De variação (%)	3,88	10,49	6,49
Traço 40% de RCD	8,90	11,47	13,27
Desvio padrão	0,44	0,89	1,35
Coef. De variação (%)	4,99	7,77	10,15
Traço 60% de RCD	8,70	11,37	12,80
Desvio padrão	0,72	0,91	0,76
Coef. De variação (%)	8,36	8,02	5,93

Fonte: Autor (2017)

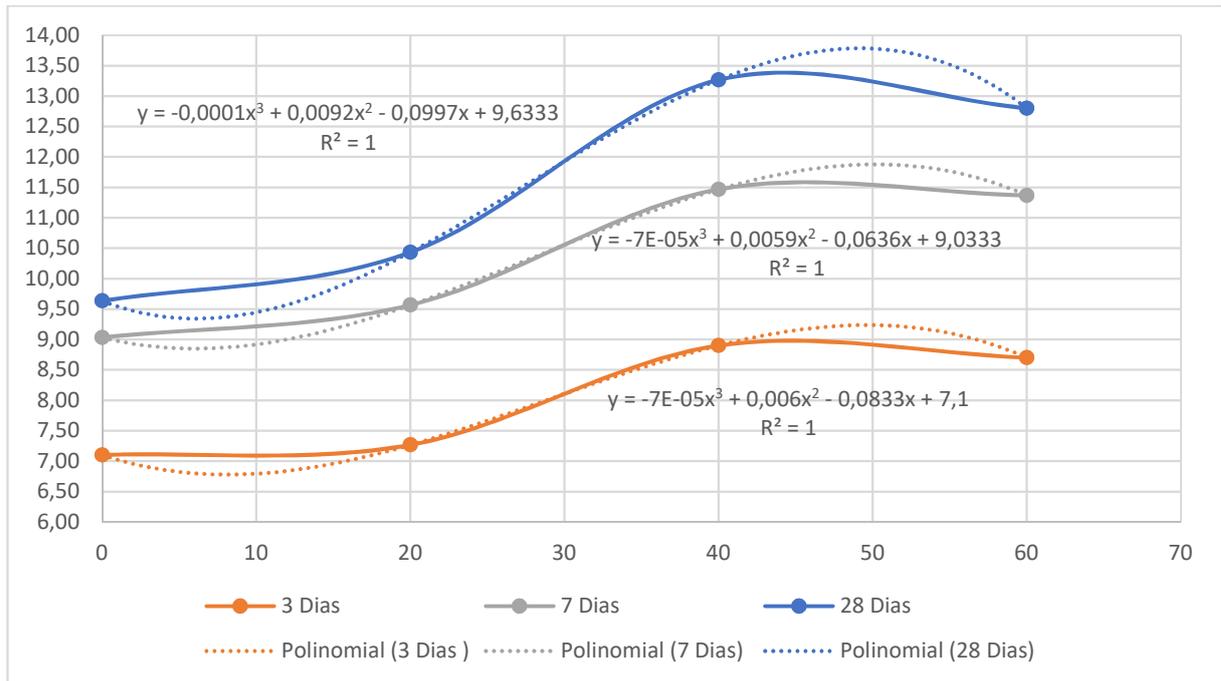
Observa-se que desde os primeiros dias de cura a resistência à compressão das argamassas com substituições de RCD tiveram um aumento em relação ao traço referência, esse resultado pode ter sido influenciado pela diferença da granulometria desses dois agregados, em que, o agregado reciclado possui maior quantidade de finos em sua composição, portando uma superfície de contato dos grãos maior que da areia natural, aumentando a reação do agregado com o cimento.

A melhor distribuição granulométrica do RCD em relação ao agregado natural como já visto nesta pesquisa, pode ter influenciado também no aumento da resistência dessas argamassas, pois houve um maior empacotamento dos agregados, deixando a argamassa menos porosa e mais estanque.

Comparando os traços TR, $T_{RCD20\%}$, $T_{RCD40\%}$ e $T_{RCD60\%}$ observamos que o aumento da quantidade de RCD, a um aumento proporcional da diferença entre as resistências iniciais e finais sendo elas 2,53 MPa, 3,16MPa, 4,37 MPa e 4,10 MPa respectivamente. Este fato pode ser explicado pelo processo de cura interna proporcionada pelos finos reciclados ao longo do tempo, onde o mesmo devido sua elevada área específica e porosidade, demandam mais água no momento de mistura reduzindo a água disponível na mistura e conseqüentemente a relação a/c. Essa elevada absorção inicial pode reduzir a hidratação dos grãos de cimento, nas primeiras idades, entretanto, a umidade absorvida pelos finos inicialmente é liberada com o decorrer do tempo e assim o processo de hidratação tem continuidade nas partículas de cimento que não foram totalmente hidratadas, resultando em maiores resistências mecânicas aos 28 dias de idade das amostras.

Constatou-se que o aumento da resistência junto com o aumento do material reciclado sofreu uma interrupção no intervalo de 40 a 60% de RCD na argamassa, onde essas porcentagens apresentaram resistência aos 28 dias de 13,27 e 12,80 MPa respectivamente. Essa queda de resistência pode estar relacionada a resistência mecânica desses agregados, em que a areia natural por ser menos porosa e ser constituída por minerais de quartzo, com elevada capacidade de compressão, e o agregado de RCD, constituído em sua maioria por areia natural e resíduos de cimento, tornando o mais poroso e diminuindo sua capacidade de resistir esforços mecânicos.

Com isso foi montado a Figura 34, com as equações das curvas de tendências, no intuito de encontrar matematicamente os pontos críticos que explicam até quanto o aumento deste agregado reciclado é benéfico para a resistência da argamassa.

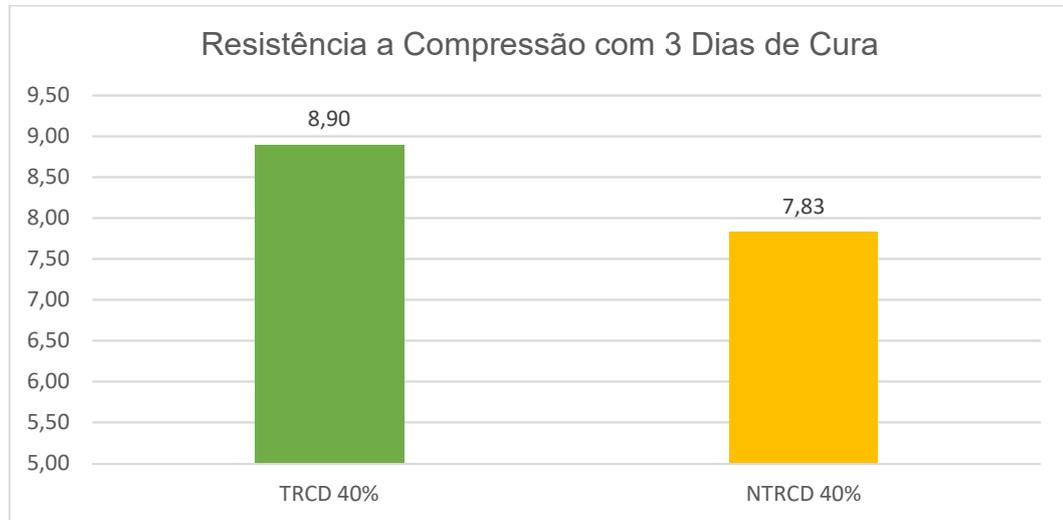
Figura 34 – Equação de tendência para o ensaio de compressão – F_{cj} (Mpa) x RCD (%)

Fonte: Autor (2017)

As equações de tendência polinomiais de 3º grau geradas foram derivadas para que se encontrassem os pontos críticos das mesmas, para as idades de 3, 7 e 28 dias obtivemos os seguintes resultados: 49%, 50% e 55% de RCD respectivamente. Esta análise estatística explica a queda de resistência entre os traços com 40 e 60% de RCD. Portanto, podemos definir que a faixa entre 0 e 50% de RCD a argamassa sofre um aumento de resistência, e que ao passar desse limite a mesma começa a perder resistência de compressão.

Além destes resultados foi confeccionado também um novo traço “NT_{RCD} 40%” utilizando as mesmas quantidades de materiais do traço com 40% de RCD, porém com o aumento do fator a/c de 1,10 para 1,30, com isso podendo observar o efeito deste fator na resistência a compressão da argamassa, como demonstra a Figura 35.

Figura 35 – Valores médios de resistência à compressão das argamassas TRCD40% e NTRCD40%



Fonte: Autor (2017)

Devido à falta de materiais para a fabricação de mais corpos de prova para este novo traço, foi possível apenas a produção necessária para o ensaio a compressão com 3 dias de cura, porém o resultado obtido representa bem o comportamento desta argamassa. De acordo a Figura 34, podemos concluir que o aumento do fator a/c de 1,1 para 1,3, influenciou na diminuição de 12,02% da resistência a compressão.

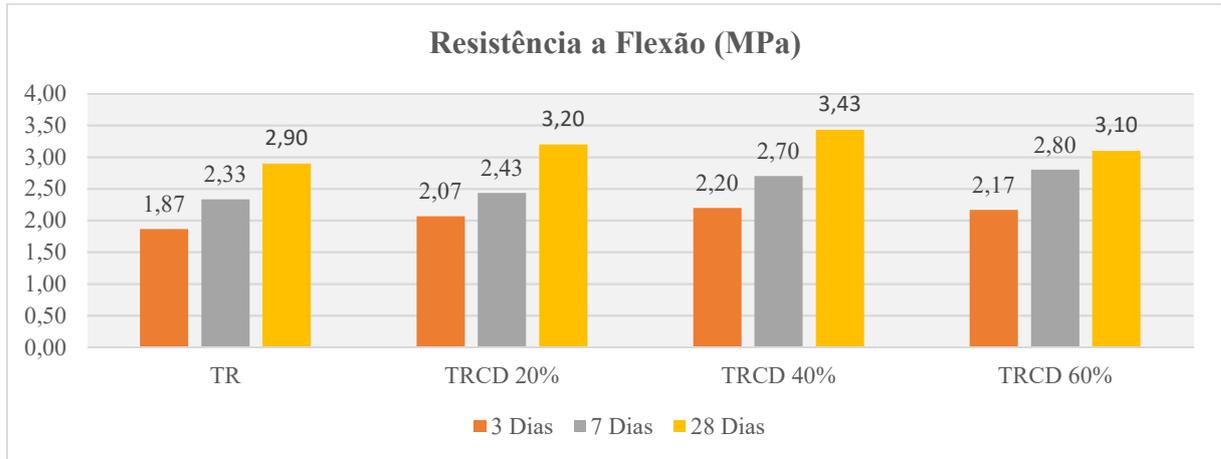
Por fim observa-se também que todas as argamassas autonivelantes analisadas neste ensaio apresentaram resultados de resistência à compressão compreendidos entre as faixas de resistências alcançadas pelas argamassas do tipo “farofa”. Entretanto, se mensuradas pelas prescrições da EFNARC (2001), cuja resistência mínima esperada à compressão para contrapiso cimentícios autonivelantes deve ser maior que 20 MPa, nenhuma das argamassas desta pesquisa estariam em conformidade.

Porém como o contrapiso não tem função estrutural os valores alcançados pelas argamassas autonivelantes desta pesquisa, se assemelham com os valores obtidos em estudo similar, feito por Nakakura (1997) ao testar as argamassas autonivelantes, onde obteve para solicitações de piso de uso pesado, médio e leve resistências à compressão de 12,0MPa, 10,7Mpa e 5,2Mpa, respectivamente.

4.3.4 RESISTÊNCIA A FLEXÃO

Os ensaios de resistência a flexão foram realizados em todos os traços estudados nesta pesquisa. O resultado conforme Figura 36 e Tabela 13, foram obtidos através do rompimento dos corpos de prova no 3º, 7º e 28º dias de idade.

Figura 36 – Resultados de resistência à flexão média das amostras



Fonte: Autor (2017)

Tabela 13 – Resistência à flexão das argamassas ao longo do tempo

ARGAMASSA	Resistência média 3 Dias (MPa)	Resistência média 7 Dias (MPa)	Resistência média 28 Dias (MPa)
Traço Referência	1,87	2,33	2,90
Desvio padrão	0,05	0,40	0,13
Coef. De variação (%)	2,53	17,38	4,57
Traço 20% de RCD	2,07	2,43	3,20
Desvio padrão	0,65	0,29	0,64
Coef. De variação (%)	31,13	11,82	19,84
Traço 40% de RCD	2,20	2,70	3,43
Desvio padrão	0,37	0,64	0,58
Coef. De variação (%)	16,81	23,70	16,77
Traço 60% de RCD	2,17	2,80	3,10
Desvio padrão	0,21	0,44	0,27
Coef. De variação (%)	9,91	15,49	8,84

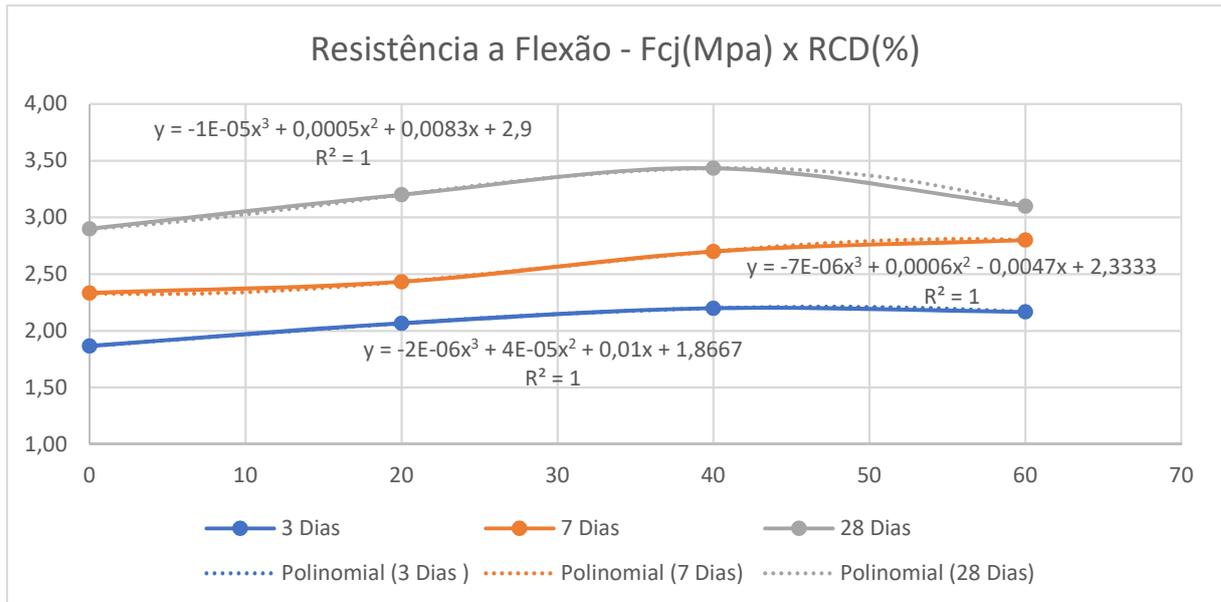
Fonte: Autor (2017)

Podemos observar que as características dos resultados obtidos no ensaio de flexão tiveram o mesmo comportamento já visto no ensaio de compressão, em que, o aumento de finos na argamassa referente ao maior teor de agregado reciclado gerou melhorias nas características mecânicas como já visto nesta pesquisa.

Após ser feito o tratamento destes resultados como visto na Tabela 13, percebeu-se que o coeficiente de variância na maioria das amostras esteve no intervalo de 30% a 15%, que significa que os resultados obtidos tiveram uma pequena dispersão dos dados, fato este que não prejudica o resultado, pois estão dentro do limite aceitável de amostras homogêneas com coeficiente de variação entre 0 e 15% e pouca dispersão entre 15 e 30%.

A resistência a flexão sofreu uma diminuição entre as faixas de 40% a 60% de RCD na mistura, característica essa já observado na pesquisa, com isso foi montado a Figura 37, com as equações das curvas de tendências, no intuito de encontrar matematicamente os pontos críticos que explicam até quanto o aumento deste agregado reciclado é benéfico para a resistência a flexão da argamassa.

Figura 37 – Equação de tendência para o ensaio de flexão

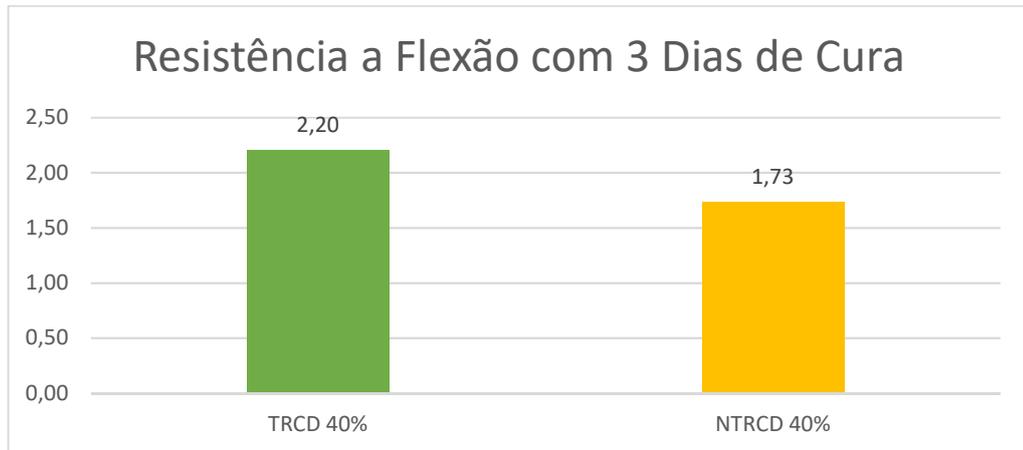


Fonte: Autor (2017)

As equações de tendência polinomiais de 3º grau geradas foram derivadas para que se encontrassem os pontos críticos das mesmas, para as idades de 3, 7 e 28 dias obtivemos os seguintes resultados: 48%, 53% e 40% de RCD respectivamente. Esta análise estatística explica a queda de resistência entre os traços com 40 e 60% de RCD. Portanto, podemos definir que a faixa entre 0 e 45% de RCD a argamassa sofre um aumento de resistência a flexão, e que ao passar desse limite a mesma começa a perder essa resistência.

A seguir na Figura 38, consta o comparativo da resistência a flexão do traço com 40% de RCD e o mesmo traço com apenas o aumento do fato a/c de 1,10 para 1,30.

Figura 38 – Valores médios de resistência à flexão das argamassas TRCD40% e NTRCD40%



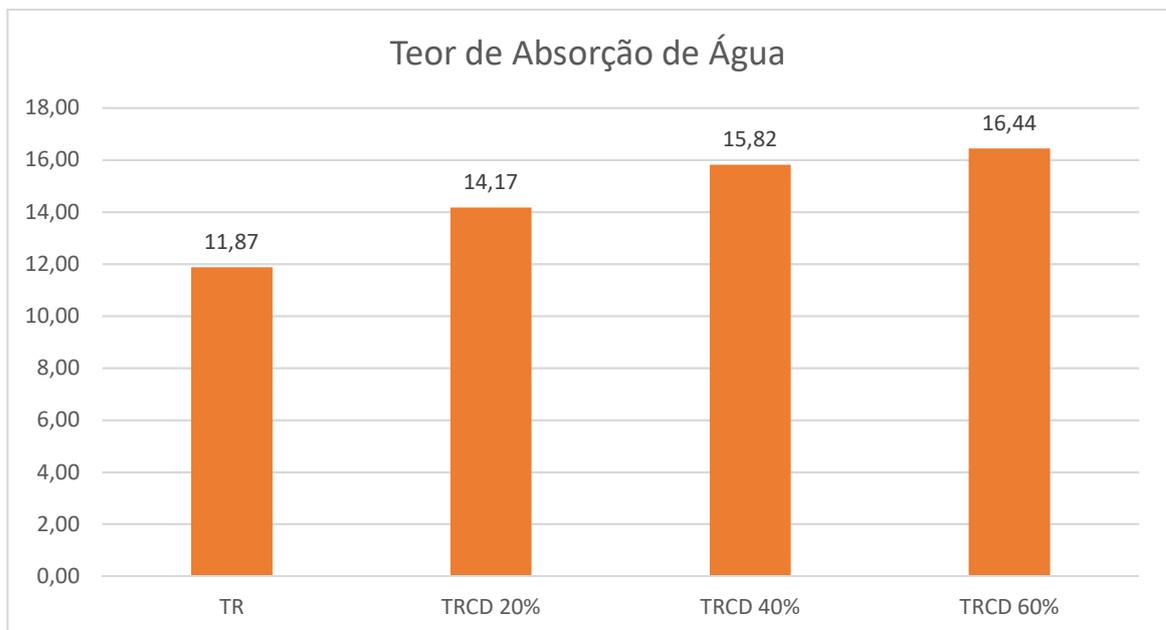
Fonte: Autor (2017)

Como já visto nos resultados de resistência a compressão, o aumento deste fator influenciou na queda de 21,36% da resistência a flexão desta argamassa, este resultado pode ser entendido pelo aumento da quantidade de poros da mistura devido ao aumento da quantidade de água.

4.3.5 ABSORÇÃO DE ÁGUA

O ensaio de absorção de água por imersão foi realizado em todas as argamassas. Os resultados obtidos podem ser analisados na Figura 39.

Figura 39 – Teores de absorção de água por imersão



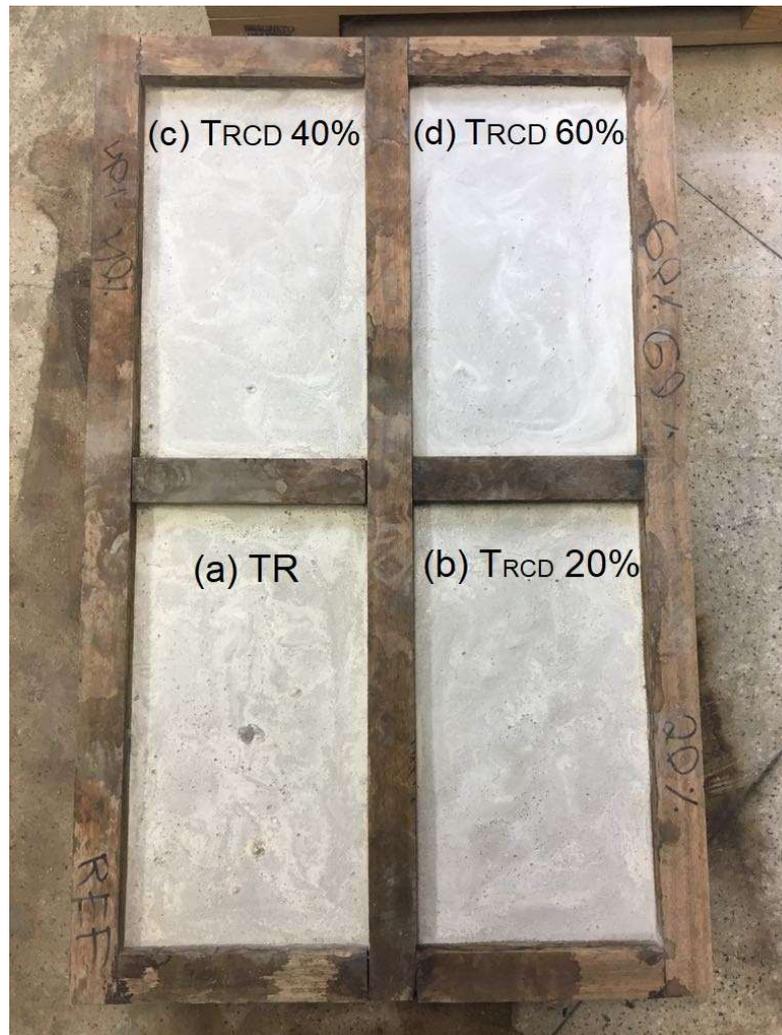
Fonte: Autor (2017)

Os corpos de provas submetidos a esse ensaio estavam todos na mesma idade de 28 dias de cura. Como demonstrado na Figura 39, houve um aumento do teor de absorção de água nas argamassas com teores elevados de material reciclado. Esse comportamento está sendo governado pelo agregado de RCD, pois o mesmo possui um teor de finos elevado em comparação com o agregado natural, e o mesmo por ser resíduos de blocos de concreto apresentam um número maior de poros em sua composição, fazendo com que a argamassa consiga absorver mais água.

4.3.5 PROTÓTIPO

O protótipo foi executado com o intuito de analisarmos as características da argamassa autonivelante após seu processo de cura em contato com um substrato de concreto, com isso, segue a baixo na Figura 40 o resultado visual deste protótipo.

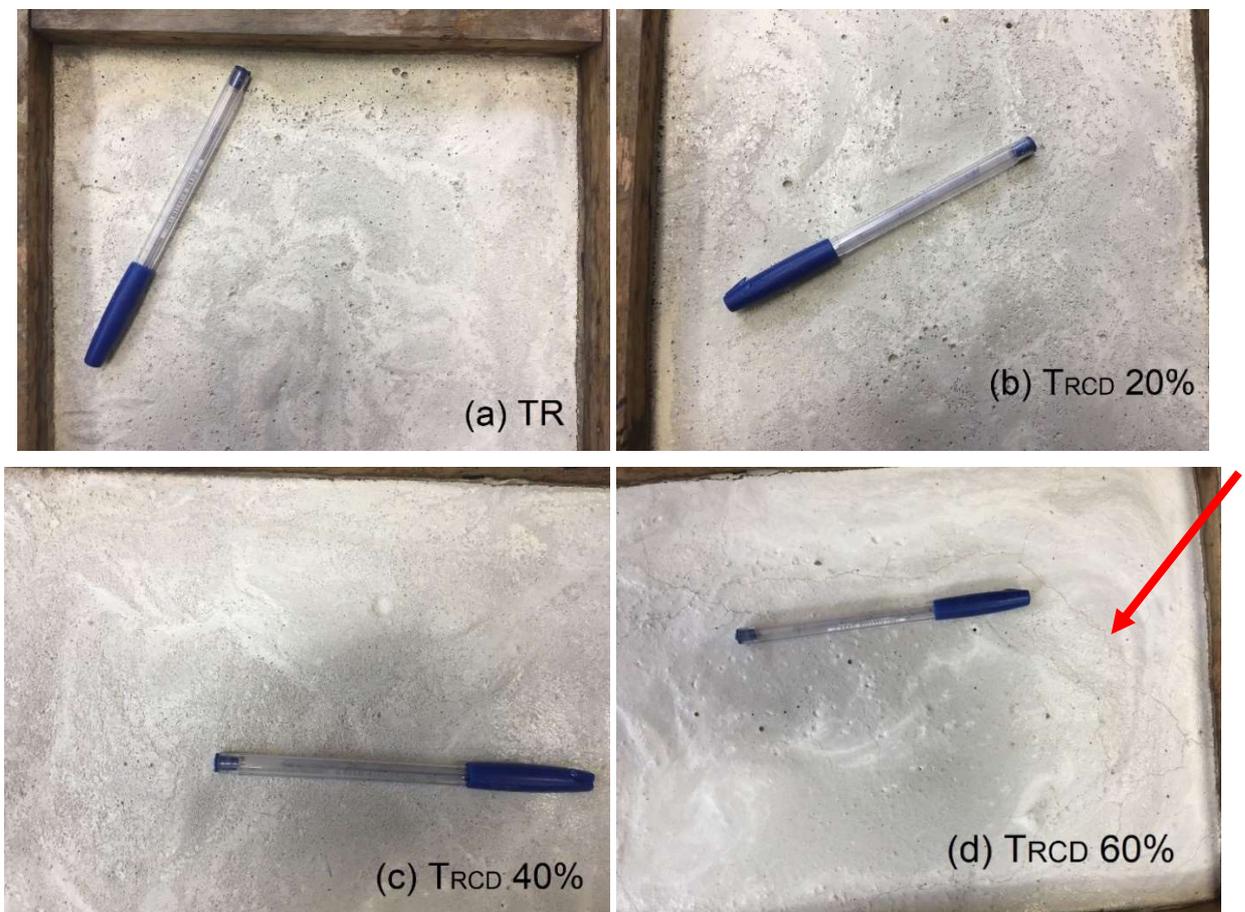
Figura 40 – Protótipo com os quatro traços estudados nessa pesquisa



Fonte: Autor (2017)

Podemos observar nesta imagem que a argamassa autonivelante produzido apenas com areia normal apresentou um número maior de poros em sua composição em comparação a todos os traços confeccionados com porcentagens de material reciclado, este fenômeno pode ser entendido com o aumento dos teores de RCD, em que este material se mostrou melhor distribuído granulometricamente do que a areia natural utilizada nesta pesquisa, ocasionando um empacotamento melhor da argamassa, diminuindo com isso a quantidade de poros da mesma. Para evidenciar melhor esta característica, é apresentado na Figura 41 as imagens aproximadas desse protótipo.

Figura 41 – Imagem detalhada dos traços no Protótipo



Fonte: Autor (2017)

A presença de 20% de RCD na argamassa não foi tão significativa para a diminuição dos poros, porém como visto na Figura 41 (c), o traço com 40% de RCD apresentou uma superfície bastante homogênea com poucos poros, isto evidencia o fato de que este traço foi o que apresentou as melhores características mecânicas.

Porem a argamassa autonivelante apresentou um ponto em que o aumento do agregado reciclado já não contribui beneficemente para a estrutura da mesma, resultado este evidenciado na Figura 41 (d), em que o traço com 60% de RCD apresentou fissuras longitudinais ao seu maior vão, esta manifestação patológica possivelmente ocorreu pelo excesso de finos diminuindo a trabalhabilidade da argamassa, onde a fissura ocorre nas primeiras idades no ganho de resistência da pasta e espessura da argamassa. Estas fissuras contribuíram na diminuição das resistências mecânicas desta argamassa, como visto nesta pesquisa.

5 CONCLUSÃO

A caracterização dos agregados utilizados nesta pesquisa, serviu para evidenciar algumas características que a argamassa apresentou durante sua fabricação, demonstrando que o material reciclado por ser proveniente de um beneficiamento constou um teor de partículas passante da peneira 0,15mm de 18,28%, enquanto a areia natural contendo apenas 4,15%. Este fator influenciou no aumento do módulo de finura e teor de material pulverulento do agregado reciclado, enquanto as outras características físicas dos mesmos tiveram resultados semelhantes.

Para caracterizar uma argamassa como autonivelante, esta pesquisa usou referências bibliográficas como RIZWAN e BIER (2012), GEORGIN et al. (2008) e EFNARC (2002), onde estes estudos apontam que para ser considerados autonivelante é necessário que a argamassa tenha um espalhamento entre 24 e 27 cm, portanto foi determinado um traço referência que apresentou um valor de 24,80cm. Entretanto os traços dosados com RCD apresentou uma diminuição do espalhamento ficando fora dos limites aceitáveis, este fator foi governado pelo aumento do teor de finos na argamassa, que necessitava de uma maior quantidade de água para manter seu espalhamento. Com isso foi dosado novamente o traço com 40% de RCD por ter apresentado as melhores resistências mecânicas, utilizando o fator a/c de 1,30, os resultados obtidos nesse novo traço foram satisfatórios, pois o mesmo apresentou um espalhamento de 25,85cm e não apresentou exsudação e segregação.

Como esta argamassa autonivelante necessita o uso de alguns aditivos, dentre eles o incorporador de ar, foi feito o ensaio do teor de ar incorporado da argamassa, em que constatou a diminuição deste teor com o aumento de agregado reciclado, ou seja, os finos de RCD contribuíram para uma melhor compacidade da argamassa.

Em relação aos resultados de resistência mecânica foram possíveis verificar que todas as argamassas apresentaram valores dentro dos padrões permitidos para contrapiso, contudo houve um aumento expressivo destas características com o uso de material reciclado, em que o traço com 40% de RCD obteve um aumento comparado ao traço referência composto apenas por areia natural de 37,80% e 18,28% para compressão e flexão respectivamente. Porém o aumento do teor de RCD na argamassa demonstrou um ponto crítico em que o mesmo começa a influenciar negativamente na resistência mecânica, este fator pode ser evidenciado se compararmos o traço com 40% e 60% de RCD, com isso, foi demonstrado nesse estudo que o

ponto crítico para a argamassa autonivelante com substituição do seu agregado natural por RCD é de 55% e 40% de RCD para compressão e flexão respectivamente.

Outra característica importante para o uso desta argamassa como contrapiso é sua capacidade de absorver água, com isso, foi observado que o agregado reciclado por ser proveniente de blocos de concreto, apresentou um número bem elevado de poros se comparado com areias naturais, atribuindo um aumento desta característica, onde comparando o traço referência com o traço que possui 60% de RCD, constatou um aumento de 38,50% de absorção de água.

E por fim foi confeccionado um protótipo com substrato em concreto para que tornasse possível analisar o comportamento desta argamassa, e como já era previsto nesta pesquisa diante de todos os dados obtidos, o traço referência apresentou um número maior de poros em relação as argamassas que possuíam RCD. Porém o aumento excessivo de finos na argamassa gerou fissuras de retração paralelas ao maior vão como observado no traço com 60% de RCD.

Concluimos que o uso do RCD como agregado miúdo em argamassas autonivelantes foi satisfatório para as características mecânicas da mesma, onde a diminuição dos poros decorrente do aumento de finos na mistura influenciou em uma argamassa mais coesa e compacta. Mas vale ressaltar que o uso de RCD teve grande influência no espalhamento desta argamassa, fazendo com que seja necessária uma nova dosagem aumentando o fator a/c da mistura, assim deixando a argamassa dentro dos parâmetros de autonivelante.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Após análise dos resultados encontrados e verificação das possibilidades de continuidade e aprimoramento em pesquisa científica, seguem algumas sugestões para trabalhos futuros.

- Realizar um estudo mais aprofundado de dosagem, principalmente em relação a influência do fator a/c em argamassas autonivelantes que possuem material reciclado em sua composição;
- Realizar estudos com substituição parcial do cimento Portland por finos de RCD em argamassas autonivelantes;
- Analisar a viabilidade econômica na fabricação destas argamassas autonivelantes, comparando os custos da substituição do agregado natural por agregado reciclado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AÏTCIN, P. C. **Concreto de alto desempenho**. Tradução de Geraldo G. Serra. São Paulo: PINI, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768**: Aditivos para concreto de cimento Portland - Requisitos. ABNT. Rio de Janeiro. 2011.

_____. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado – Método de ensaio, Rio de Janeiro, ABNT, 2005.

_____. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da resistência à tração na flexão e à compressão (2005).

_____. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais - Desempenho. ABNT. Rio de Janeiro. 2013.

_____. **NBR 15823-2**: Determinação do Espalhamento e Tempo de Escoamento – Método do cone de Abrams (2010).

_____. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. ABNT. Rio de Janeiro. 2014.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto – especificação. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. ABNT. Rio de Janeiro. 2009.

_____. **NBR 9935**: Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR NM 52**: Agregado Miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente (2009).

_____. **NBR NM 65**: Cimento Portland – Determinação do tempo de pega. ABNT. Rio de Janeiro. 2003.

_____. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR NM ISO 3310-1**: Peneiras de ensaio – requisitos técnicos e verificação - parte 1: peneiras de ensaio com tela de tecido metálico. Rio de Janeiro, 2010.

BARROS, M. M. S. B; SABBATINI, F. H. **Tecnologia de produção de contrapiso para edifícios habitacionais e comerciais.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1991.

BAUER, E. ; SOUSA, J. G. G. **Materiais constituintes e suas funções.** In: ELTON BAUER. (Org.). **REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA - CARACTERÍSTICAS E PECULIARIDADES.** 1ed. Brasília: SINDUSCON-DF, LEM-UnB, 2005, v. 1, p. 25-36.

CASTRO, A. L. **Aplicação de conceitos reológicos na tecnologia dos concretos de alto desempenho.** 334p. Tese de Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais – INTERUNIDADES. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007.

CICHINELLI Gisele. **Construção Passo a Passo [Livro].** – São Paulo: Pini, 2009.

EFNARC – **European Federation for Specialist Construction and Concrete Systems. Specification and guidelines for self-compacting concrete.** In, EFNARC, 2002.

EGLE Telma Técnica ed.164 [Online] // PINI. - Novembro de 2010. - 28 de Janeiro de 2013. - <http://www.revistatechne.com.br/engenhariacivil/164/contrapiso-autonivelante-com-prazo-de-execucao-reduzido-e-custos-191782-1.asp>.

FIORITO Antonio J.S.I. **Manual de argamassas e revestimentos : estudos e procedimentos de execução [Livro].** - São Paulo: Pini, 2009.

FONSECA, G. C. **Adições minerais e as disposições normativas relativas à produção de concreto no Brasil: uma abordagem epistêmica.** 106p. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.

FREITAS, C. **Argamassa de revestimento com agregados de britagem da região metropolitana de Curitiba: Propriedades no estado fresco e endurecido.** 135p. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

GEORGIN, J.F.; AMBROISE, J.; PÉRA, J.; REYNOUARD, J.M. **Development of self-leveling screed based on calcium sulfoaluminate cement: Modelling of curling due to drying.** *Cement & Concrete Composites*, v.30, p. 769-778, 2008.

GOMES Paulo César Correia e BARROS Alexandre Rodrigues. **Métodos de dosagem de concreto autoadensável [Livro].** - São Paulo : Pini, 2009.

GRAEFF, A. G.; SILVA FILHO, L. C. P., **Análise e Comparação das Propriedades de Aditivos Superplastificantes.** In: XVII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia, 2002, Passo Fundo – RS. CRICTE, 2002.

- HARTMANN, C. T.; HELENE, P. **Avaliação do Uso de Aditivos Superplastificantes com Base de Policarboxalatos na Produção de Concretos de Alta Resistência.** In: 45 Congresso Brasileiro do Concreto, 2002, Vitória - ES. 45 Congresso Brasileiro do Concreto, 2003. v. 1.
- ITIM, A.; EZZIANE, H.; KADRI, E.H. **Compressive strength and shrinkage of mortar containing various amounts of mineral additions.** Construction and Building Materials, v. 25, p. 3603-3609, 2011
- KATSIADRAMIS, A.B.; SOTIROPOULOU; PANDERMARAKIS, Z.G. **Rheological and Mechanical Response Modifications for a Self-Leveling Mortar.** EPJ Web of Conferences 6, 23002, 2010.
- LIBRE, N.A.; KHOSHNAZAR, R.; SHEKARCHI, M. **Relationship between fluidity and stability of self-consolidating mortar incorporating chemical and mineral admixtures.** Construction and Building Materials, v. 24, p. 1262-1271, 2010.
- MACIEL, L. L.; BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H.; **Recomendações para a execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos.** São Paulo, 1998.
- MALHOTRA, V.M.; MEHTA, P.K. **Pozzolanic and cementitious materials. Advances in Concrete Technology,** v. 1, Gordon and Breach Publishers, 1996.
- MARTINS Eliziane Jubanski. **Procedimento para dosagem de pastas para argamassa auto-nivelante** // Dissertação de Mestrado. - Curitiba: UFPR, 2009.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: Pini, 1994.
- MELO, K. A. **Contribuição à dosagem de concreto auto-adensável com adição de filer calcário.** Florianópolis, 2005. 183p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil - PPGEC – Universidade Federal de Santa Catarina.
- MIRANDA, L.F.R.; SELMO, M.S. **CDW recycled aggregate renderings: Part I – Analysis of the effect of materials finer than 75 μ m on mortar properties.** Construction and Building Materials, v. 20, p. 615-624, 2006.
- NAKAKURA, E. H.; BUCHER, H. R. E. **Pisos Auto-nivelantes. Propriedades e Instalações.** II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Salvador, 1997.
- NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto.** Ed. Pini, 2ª edição. São Paulo, 1997. 828 p.

NUNES, S. C. B. **BETÃO AUTO-COMPACTÁVEL: TECNOLOGIA E PROPRIEDADES**. Porto, 2001. Dissertação (Mestrado). Universidade do Porto – Faculdade de Engenharia (FEUP).

PERIUS, G. R. **INFLUÊNCIA DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DE AGREGADOS RECICLADOS SOBRE A RETRAÇÃO POR SECAGEM EM CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL**. Florianópolis (SC), 2009. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

RESOLUÇÃO CONAMA – **CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE**, Nº 307, 5/07/2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

RIBEIRO Carmem Couto, PINTO Joana Darc Silva e STARLING Tadeu. **Materiais de Construção Civil [Livro]**. - Belo Horizonte: UFMG, 2006.

RIZWAN, S.A.; BIER, T.A. **Blends of limestone powder and fly-ash enhance the response of self-compacting mortars**. Construction and Building Materials, v. 27, p. 398-403, 2012.

SOUZA, Aline Suzane de; FERREIRA, Aline Zuchi; AZEVEDO, Bruna Louise de Oliveira. **Estudos para o desenvolvimento de argamassa autonivelante para contrapiso**. 2012. 104 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SOUZA Ubiraci Espinele Lemes de Equipe de Obra ed. 14 [Online]. - PINI, Dezembro de 2007. - 10 de Março de 2017. - <http://www.equipededeobra.com.br/construcao-reforma/14/artigo67899-1.asp>.

TUTIKIAN Bernardo Fonseca e DAL MOLIN Denise Carpena, **Concreto autoadensável [Livro]**. - São Paulo: Pini, 2008.

VERGARA, S. C. **Projeto e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas Editora, 2003.