

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**BÁRBARA DE ALVARENGA BORGES DA FONSÊCA**

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DAS ARGAMASSAS  
AUTONIVELANTES PARA CONTRAPISO UTILIZADAS EM OBRAS DE JOÃO  
PESSOA- PB**

João Pessoa  
2018

F676a Fonsêca, Bárbara de Alvarenga Borges da

Análise Das Propriedades Físicas E Mecânicas Das Argamassas Autonivelantes Para Contrapiso Utilizadas Em Obras De João Pessoa- PB./ Bárbara de Alvarenga Borges da Fonsêca. – João Pessoa, 2018.

52f. il.:

Orientador: Profº PhD. Givanildo Alves de Azeredo

Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Civil) Campus I - UFPB / Universidade Federal da Paraíba.

1. Argamassa 2. Contrapiso 3. Autonivelante I. Título.

BS/CT/UFPB

CDU: 2.ed.624(043.2)

BÁRBARA DE ALVARENGA BORGES DA FONSÊCA

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DAS ARGAMASSAS  
AUTONIVELANTES PARA CONTRAPISO UTILIZADAS EM OBRAS DE JOÃO  
PESSOA- PB**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como pré-requisito para  
obtenção do título de bacharel em  
Engenharia Civil pela Universidade Federal  
da Paraíba.

Orientador: Prof<sup>o</sup> PhD. Givanildo  
Alves de Azeredo

JOÃO PESSOA

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**BÁRBARA DE ALVARENGA BORGES DA FONSÊCA**

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DAS ARGAMASSAS  
AUTONIVELANTES PARA CONTRAPISO UTILIZADAS EM OBRAS DE JOÃO  
PESSOA- PB**

Trabalho de Conclusão de Curso em 07/06/2018 perante a seguinte Comissão Julgadora:

  
\_\_\_\_\_ APROVADO

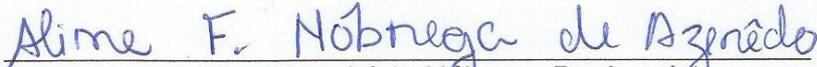
Givanildo Alves de Azeredo

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do  
CT/UFPB

  
\_\_\_\_\_ APROVADO

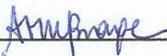
Roberto Leal Pimentel

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do  
CT/UFPB

  
\_\_\_\_\_ APROVADO

Aline Figueirêdo Nobrega De Azerêdo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da  
Paraíba (IFPB), Campus Princesa Isabel.

  
\_\_\_\_\_

Profª. Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga  
Matrícula Siape: 1668619  
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

## AGRADECIMENTOS

É com imensa gratidão que aqui cito todos que se doaram de coração e me ajudaram na caminhada acadêmica, em especial na realização deste trabalho. Um imenso abraço:

A todos os professores do Departamento de Engenharia civil e Ambiental, em especial ao Prof. PhD. Givanildo Azeredo pelo apoio, confiança e orientação neste trabalho.

A todos os funcionários do Laboratório de Ensaios de Materiais e Estruturas – LABEME da Universidade Federal da Paraíba, em especial Delby e Sebastião pelo apoio nos ensaios deste trabalho.

À Profa. Evelyne por me ceder o uso do equipamento para o ensaio de arrancamento.

Às Construtoras que me receberam e forneceram as amostras para os estudos deste trabalho.

À empresa Cosseno Construtora Souto, por me acolher na vida profissional e entender a importância da realização deste trabalho.

Aos amigos da universidade que juntos lutamos para cada conquista durante o curso.

Aos amigos mais íntimos que me deram forças nos momentos difíceis e sorriram comigo nos momentos de felicidade. Em especial ao amigo e meu companheiro Torquato Neto.

À minha Mãe Rosana, meus irmãos Elizabeth, Luiz Felipe e Renata e toda minha família que são meu alicerce.

E em especial ao meu Pai, Marcelo Rafael, que é meu orgulho e meu anjo protetor.

## RESUMO

No contexto da urgência pela busca por produtividade, a argamassa autonivelante chega ao Brasil como uma técnica alternativa para execução de contrapisos ou enchimentos. Trata-se de uma argamassa de base cimentícia de alto desempenho, caracterizada por sua capacidade de preencher os espaços vazios e se auto-adensar apenas sob o efeito da gravidade e de sua própria capacidade de fluxo e sem apresentar qualquer separação significativa de seus constituintes. Como são bombeáveis, eliminam problemas com transporte vertical e são de fácil aplicação, o que promove rendimentos de até 500m<sup>2</sup> por homem dia. Entretanto, relatos de experiências vividas por empresas no mercado de João Pessoa conferem à argamassa autonivelante grande índice de retrabalho e de patologias. Estes relatos incentivaram a investigação das propriedades físicas e mecânicas destas argamassas, que não possuem norma específica no Brasil. Os dados primeiramente levantados mostram que o grau de satisfação após o uso da argamassa autonivelante como contrapiso vem aumentando. Isto pode ser fruto dos bons resultados, obtidos após realização dos ensaios, das propriedades mecânicas no estado endurecido. Porém, estas argamassas ainda possuem deficiências de fluidez e consistência evidenciando a necessidade de estudos mais profundos e de uma normatização vigente no País.

**Palavras- Chaves:** argamassa, contrapiso, autonivelante.

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Trabalho de correção no contrapiso que apresentou trincas e baixa aderência ao substrato.....	4
Figura 2 – Exemplo genérico de um sistema de pisos e seus elementos.....	5
Figura 3 – Fluidez da argamassa autonivelante.....	9
Figura 4 – Materiais para limpeza do substrato.....	12
Figura 5 – Tripé para marcação da espessura.....	13
Figura 6 – Lançamento da Argamassa e Régua “T” para acabamento.....	14
Figura 7 – Fluxograma das Etapas do Programa Experimental.....	19
Figura 8 – Gráfico com as soluções mais adotadas para o Contrapiso em João Pessoa-PB.....	21
Figura 9 – Gráfico com o grau de Satisfação dos Profissionais que já tiveram experiências com argamassa autonivelante em João Pessoa- PB .....	22
Figura 10 – Gráfico com o grau de confiança passado pelo mercado aos Profissionais do uso de argamassa autonivelante em João Pessoa- PB .....	22
Figura 11– Diagrama Apresentando a matriz experimental, com propriedades avaliadas e seus respectivos ensaios .....	23
Figura 12 – Máquina utilizada para ensaios de Tração na Flexão .....	26
Figura 13 – Máquina utilizada para ensaios de Compressão.....	27
Figura 14 – Cone de Kantro (medidas em mm) .....	29
Figura 15 – Análise visual da borda da pasta escoada. (a) Pasta com borda desuniforme, (b) Pasta com borda uniforme.....	30
Figura 16 – Análise visual da seqüência da pasta escoada. (a) Pasta sem tendência à segregação, (b) Pasta com tendência à segregação.....	30
Figura 17 – Resultados de Resistência à Compressão para Amostra A pelo método da NBR12041 (ABNT,2012).....	31
Figura 18 – Resultados de Resistência à Compressão para Amostra B pelo método da NBR12041(ABNT, 2012) .....	32
Figura 19 – Resultados de Resistência à Compressão para Amostra A pelo método da NBR13279 (ABNT, 1995) .....	32
Figura 20 – Resultados de Resistência à Compressão para Amostra B pelo método da NBR13279(ABNT, 1995).....	33
Figura 21– Resultados de Resistência à Tração por Compressão diametral para Amostra A pelo	

método da NBR 12041(ABNT, 2012) .....	35
Figura 22– Resultados de Resistência à Tração por Compressão diametral para Amostra B pelo método da NBR 12041(ABNT, 2012).....	36
Figura 23 – Resultados de Resistência à tração na Flexão para Amostra A pelo método da NBR13279 (ABNT, 1995).....	36
Figura 24 – Resultados de Resistência à tração na Flexão para Amostra B pelo método da NBR13279 (ABNT, 1995).....	37
Figura 25 – Corpos de prova imersos na água durante a realização de ensaio de Resistência de Aderência da Amostra A .....	39
Figura 26 – Exemplo do tipo de ruptura encontrada no primeiro ensaio de Resistência de Aderência da amostra A. ....	39
Figura 27 –Visualização da Amostra A após Ensaio de cone de Kantro .....	44
Figura 28 –Visualização da Amostra B após Ensaio de cone de Kantro .....	44

# LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fornecimento de Argamassa de contrapiso ensacada x dosada em central x tipo farofa.....	11
Tabela 2 – Pasta autonivelane cimentícia e ensaios aplicáveis.....	15
Tabela 3 – Requisitos de desempenho da EFNARC (2001) para pisos cimentícios autonivelantes modificados com polímeros.....	16
Tabela 4 – Tabela com resultados de ensaios para Argamassa autonivelante encontradas no mercado Brasileiro.....	18
Tabela 5 – Ensaio e suas respectivas idades, números e dimensões dos corpos de provas.....	24
Tabela 6 – Resultados médios de compressão.....	33
Tabela 7 – Aumento necessário para se atingir valores recomendados de resistência à Compressão.....	35
Tabela 8 – Resultados médios de Resistência à Tração.....	37
Tabela 9 – Aumento necessário para se atingir valores recomendados de resistência à Compressão.....	38
Tabela 10 e 11 – Resistência de Aderência à Tração para a Amostra A.....	40
Tabela 12 – Resistência de Aderência à Tração para a Amostra B.....	41
Tabela 13 – Valores de retração no desmolde para Amostra A.....	42
Tabela 14 – Valores de retração no desmolde para Amostra B.....	43
Tabela 15- Resultados Amostra A e B para o ensaio de Consistência.....	44
Tabela 16- Tabela geral dos resultados obtidos em todos os ensaios realizados nesta pesquisa.....	47

# ÍNDICE

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 <i>Objetivos específicos</i> .....	2
1.2 JUSTIFICATIVA.....	2
1.3 HIPÓTESES.....	3
1.4 DELIMITAÇÕES.....	4
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>5</b>
2.1 CAMADA DE CONTRAPISO .....	5
2.2 ARGAMASSA AUTONIVELANTE .....	8
2.2.1 <i>Definições, características e componentes</i> .....	8
2.2.2 <i>Fornecimento e execução de contrapiso autonivelante</i> .....	10
2.2.3 <i>Prescrições Normativas e Requisitos de Desempenho</i> .....	14
<b>3 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>19</b>
3.1 PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	19
3.1.1 <i>Pesquisa de mercado e levantamento de dados</i> .....	20
3.1.2 <i>Matriz Experimental e Delimitações da pesquisa</i> .....	23
3.2 MÉTODOS DE ENSAIO.....	24
3.2.1 <i>Resistência à compressão simples e à tração por compressão diametral</i> .....	24
3.2.2 <i>Resistência à tração na flexão e compressão</i> .....	25
3.2.3 <i>Resistência de aderência à tração - Base/contrapiso</i> .....	28
3.2.4 <i>Retração</i> .....	28
3.2.5 <i>Mini-slump</i> .....	29
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>31</b>
4.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO.....	31
4.2 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO.....	35
4.3 RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - BASE/CONTRAPISO .....	38
4.4 RETRAÇÃO.....	42
4.5 MINI SLUMP- ABATIMENTO COM CONE DE KANTRO .....	43

<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>46</b>
5.1 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.....	48
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>49</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Como melhorar a produtividade no setor da construção civil? Pergunta esta que ronda as construtoras e empresas do segmento de todo o mundo. Trata-se, além de um questionamento recorrente, um ponto de urgência. Ainda mais se tratando de um momento de alta competitividade e de desaquecimento da economia brasileira, que se reflete nas baixas acumuladas do setor da construção desde o ano de 2014.

Na cartilha “*Estudo sobre produtividade na construção civil: desafios e tendências no Brasil*”, apresentada pela empresa EY em 2016, a adoção de materiais e métodos construtivos mais eficientes estão elencados entre as sete mais relevantes alavancas de produtividade. Os métodos construtivos ineficientes e materiais inadequados são apresentados na cartilha com 85% e 55% de importância relativa de impacto da produtividade, respectivamente.

Neste contexto, o contrapiso autonivelante (CPA) chega ao Brasil como uma técnica alternativa para a execução de contrapisos ou enchimentos. Trata-se de uma argamassa auto adensável, extremamente fluida, desenvolvida para uso em contrapisos que apresentam rendimentos de até 500m<sup>2</sup> por homem dia. Contudo, a falta de maturidade de conhecimento desta nova tecnologia e o fato de ainda não existir normas brasileiras são fatores que impedem a difusão do produto em larga escala no Brasil. Assim, o entendimento das propriedades mecânicas dessas argamassas se faz necessário para a extinção de manifestações patológicas como problemas de segregação, fissuras, retração e falta de aderência, que já se mostram nas obras do Brasil (GOMES; GONÇALVEZ, 2013).

Assim, este trabalho pretende analisar as características físicas e mecânicas dos traços desse material que estão sendo produzidos na cidade de João Pessoa- PB, avaliando se os resultados são satisfatórios para que ele seja utilizado em substituição ao processo tradicionalmente realizado.

## **1.1 OBJETIVOS**

O presente trabalho visa ponderar as características físicas e mecânicas dos traços de argamassa autonivelante que estão sendo utilizados na cidade de João Pessoa- PB, avaliando se os resultados são suficientes para que ele seja utilizado em larga escala.

### **1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Como objetivos específicos, este trabalho elenca os seguintes pontos:

- constatar as soluções mais utilizadas para a camada de contrapiso no Mercado da Construção Civil da cidade de João Pessoa/PB e a analisar a visão deste mesmo mercado em relação à solução de argamassa autonivelante;
- avaliar o comportamento das argamassas autonivelantes usinadas utilizadas no mercado local e verificando se as mesmas reúnem requisitos mínimos de suas propriedades, tanto no estado fresco quanto no estado endurecido, para que possam ser classificadas como autonivelantes de acordo com os parâmetros definidos nesta pesquisa, possibilitando sua aplicação em contrapisos.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

Segundo Barros (1991) a produção de um edifício, sistema organizado por diversas partes (os subsistemas), abrange atividades tanto de projeto como de canteiro. Para alguns subsistemas os cuidados empregados vão desde a elaboração de projetos ao acompanhamento da execução e do controle tecnológico dos materiais aplicados, com ensaios e testes normatizados.

Entretanto, uma série de outros subsistemas, dentre eles o contrapiso, é encarada como atividades secundárias, sem projeto específico e deixada ao domínio do operário que na maioria das vezes não considera variáveis intervenientes no processo de produção. A exemplo do contrapiso tem-se as variáveis: suas funções, o tipo de revestimento que irá receber, os materiais disponíveis para a sua execução, a base sobre a qual será executado e as solicitações de uso.

A sistematização da produção do contrapiso deve se concentrar, ainda segundo Barros (1991), na definição dos métodos de dosagem da argamassa, nas técnicas de execução adequadas a cada situação de utilização e nos mecanismos de controle da produção que possam ser efetivamente implementados nas obras.

Frente ao uso tradicional da “farofa”, Nakakura (1997) e Tutikian et al. (2008, apud Martins, 2009), relacionam vantagens da argamassa autonivelante que contribuem para racionalização, sistematização da produção e melhor desempenho:

- Diminuição considerável no número de trabalhadores, tornando o ambiente de trabalho mais seguro e diminuindo os custos com mão-de-obra;
- Redução para até 5,0mm da espessura do contrapiso, o que leva ao um menor consumo de cimento e menor carregamento para o sistema estrutural;
- A tendência à fissuração também é restringida, com o acréscimo de aditivos químicos retentores de água;
- As ondulações ficam reduzidas apenas às que podem ocorrer na superfície de um líquido viscoso devido à ação da gravidade, assim a horizontalidade fica plenamente garantida;
- O tempo para a execução do contrapiso tem uma redução significativa;
- A cura da argamassa autonivelante é extremamente rápida, causada pela combinação de aditivos e adições, sendo que depois de decorridas 2 a 3 horas da sua aplicação já é possível pisar em sua superfície;

No entanto, a falta de normatização brasileira vigente para este tipo de material e a também de um procedimento para seu controle contribuem para a produção e venda de argamassas autonivelantes sem eficácia comprovada e, assim, tendo como consequência o aparecimento de patologias, como falta de aderência entre substrato e base, fissuração e baixa resistência à abrasão.

### **1.3 HIPÓTESES**

As hipóteses deste trabalho são de que as argamassas usinadas, produzidas no mercado da construção civil da capital paraibana, para o uso no subsistema de contrapiso ainda não apresentam propriedades físicas e mecânicas necessárias para se obter o título de autonivelante,

além de não possuírem um resultado satisfatório para vir a substituir, no mercado, o contrapiso convencional de argamassa dosada em obra.

Estas hipóteses foram estabelecidas através de relatos de experiências vividas por empresas no mercado local que conferem à argamassa autonivelante grande índice de retrabalho devido à falta de aderência entre a argamassa e a base de concreto, fissurações encontradas no contrapiso e uma alta taxa de pó desagregando da superfície ( Figura 1).



*Figura 1 –Trabalho de correção no contrapiso que apresentou trincas e baixa aderência ao substrato .*

Fonte: Melo, 2015

Assim, com a caracterização laboratorial, que este trabalho propõe, será possível coligar alguns parâmetros físicos-mecânicos nas argamassas avaliadas que podem vir a ser melhorados futuramente pelas empresas fabricantes.

## **1.4 DELIMITAÇÕES**

Para que todas as análises e experimentos propostos por este trabalho fossem executados em tempo fez-se necessário algumas delimitações:

- foram analisados 2 traços de contrapisos autonivelantes produzidos por usinas distintas, não foram encontrados no mercado local argamassas autonivelantes ensacadas;
- as amostras foram coletadas diretamente de obras que utilizam contrapiso autonivelante usinados;
- os ensaios no estado fresco e que devem ser feitos sobre placas foram realizados in loco, a exemplo o ensaio de resistência à aderência e o ensaio Mini-slump.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CAMADA DE CONTRAPISO

O contrapiso para áreas interiores ao edifício, definido pela norma britânica BS 8204 citada por Barros (1991), é formado por uma ou mais camadas de material lançado sobre a laje estrutural, terreno ou sobre uma camada intermediária (de impermeabilização ou de isolamento térmico e acústico).

A norma brasileira NBR 15575-3 (ABNT,2013) indica funções e as utilizam como forma de definição para a camada de contrapiso que é componente essencial no sistema de piso (Figura 2):

*“3.15 Camada de contrapiso: estrato com as funções de regularizar o substrato, proporcionando uma superfície uniforme de apoio, coesa, aderido ou não e adequado à camada de acabamento, podendo eventualmente servir como camada de embutimento, caimento ou declividade”*



**Figura 2** – Exemplo genérico de um sistema de pisos e seus elementos.

Fonte: NBR 15575-3 (ABNT,2013)

As delimitações de tais funções determinam características como espessura, regularidade superficial, resistência mecânica, compactidade e durabilidade. Podemos ainda elencar funções como:

- possibilitar a colocação do revestimento de piso, sendo o suporte e fixação deste, além de regular a base para um menor consumo de argamassa colante;
- transmitir as cargas de utilização à laje suporte (BARROS,1991)
- nivelar a superfície;
- melhorar o conforto acústico (CICHINELLI *apud* Souza,2013 ).

Entretanto, como lembra Rubin (2015), apesar da norma citada anteriormente estipular funções e estabelecer alguns requisitos de desempenho para o sistema de pisos, a normatização brasileira ainda é muito genérica quando se trata das especificações para execução e controle da camada de contrapiso propriamente dita.

Dentre as normas que apresentam prescrições para o contrapiso temos, para o caso de aplicação futura de revestimento cerâmico, a Norma NBR 13753 (ABNT,1996) que trata sobre “revestimentos de piso interno e externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante”:

*“5.5.1 O contrapiso (ou piso mono) deve ser executado diretamente sobre a base ou sobre a camada intermediária. e após um período de no mínimo sete dias após a conclusão da camada imediatamente inferior.*

*5.5.2 O contrapiso deve ser constituído por uma argamassa de cimento e areia media úmida, com traço recomendado em volume de uma parte de cimento para 6 partes de areia, ou por argamassa de cimento cal hidratada e areia media úmida. com traço recomendado em volume 1:0,25:6, respectivamente.*

*5.5.3 A espessura do contrapiso deve estar compreendida entre 15mm e 25mm.*

*5.5.4 O contrapiso deve ser executado com antecedência mínima de sete dias em relação ao assentamento do revestimento cerâmico, visando diminuir o efeito da retração da argamassa sobre o piso cerâmico a ser executado. A superfície da base. ou a superfície da*

*camada imediatamente anterior deve estar isenta de tudo que possa prejudicar a aderência da argamassa do contrapiso.*

*NOTA Bases antigas ou superfícies muito lisas devem ser apicoadas.*

*5.5.5 Antes do lançamento da argamassa, aplicar sobre a base uma ponte de aderência conforme 5.2.3<sup>1</sup>.*

*5.5.6 Caso o contrapiso seja executado sobre a camada de separação, observar os detalhes dados em 5.3.7<sup>2</sup> no tocante à inserção de tela metálica.*

*5.5.7 O acabamento da superfície do contrapiso deve ser executado na medida em que é lançada a argamassa. devendo esta superfície se apresentar com textura áspera, obtida por sarrafeamento ou ligeiro desempenamento.”*

A norma NBR 12260 – Execução de piso com argamassa de alta resistência mecânica (ABNT, 2012) também cita preceitos quando há a necessidade de utilização de contrapiso de correção para aplicação de argamassa de alta resistência mecânica

*“ Esta camada deve ser executada com uma argamassa de cimento e areia média (ou grossa), traço em massa 1:3. Sua espessura deve ser superior ou igual ao dobro da espessura do piso de alta resistência, e nunca inferior a 2cm.*

*Para espessuras superiores a 4cm, o traço acima indicado deve sofrer correções, de forma a reduzir os efeitos de retração.*

7 -----

<sup>1</sup>5.2.3- A ponte de aderência entre camadas é sempre realizada sobre a superfície previamente umedecida e sem poças de água, da camada já executada e curada, mediante aplicação de uma argamassa plástica com traço em volume de 1:1 (cimento e areia média) , com auxílio de vassouras de pêlo duro. A argamassa deve ser lançada sobre a superfície e espalhada de forma enérgica com as vassoura, imediatamente antes do lançamento da argamassa da camada seguinte.

<sup>2</sup>5.3.7 Sempre que for utilizada camada de separação, a camada de regularização acima dela ou o próprio contrapiso, se esta for a camada logo acima da camada de separação, deve ser reforçada com tela soldada de malha quadrada 50mmx50mm, e fios de diâmetro 16x16 BWG( Birgminghan Wire Gauge), ou seja, diâmetro de cerca de 1,65mm, colocada na metade da espessura da camada de argamassa. Sua função é a de inibir as tensões oriundas da retração das argamassas.

*A argamassa deve ter relação água/cimento compreendida entre 0,35 e 0,40, que não permita a formação de grumos ou torrões durante a operação de mistura e apresente consistência adequada ao processo de adensamento manual com soquetes. Sua resistência à compressão deve ser igual ou superior à resistência à compressão da base de concreto . A superfície final desta camada deve ser rugosa isenta de nata e água de exsudação, de forma a garantir a aderência à camada seguinte.”*

Apesar da NBR 12260 (ABNT, 2012) ainda definir parâmetros para a resistência à compressão do contrapiso, nota-se que não há em nenhuma norma brasileira pesquisada recomendações no tocante ao tipo de cura necessário a propriedades físico-mecânicas esperadas, equipamentos e métodos próprios de ensaio.

## **2.2 ARGAMASSA AUTONIVELANTE**

A argamassa autonivelante, introduzida nos anos 1980 na Europa, começou a ser utilizada no Brasil de modo discreto na década de 1990 com as primeiras formulações importadas. O estudo e desenvolvimento de traços nacionais se intensificaram no país a partir do ano de 2008, com o aumento da demanda por este produto (MELO,2015). No mercado paraibano, os primeiros contrapisos com a tecnologia do autonivelamento começaram a ser executados por volta de cinco anos atrás.

### **2.2.1 DEFINIÇÕES, CARACTERÍSTICAS E COMPONENTES**

As argamassas autonivelantes estão classificadas como argamassas de base cimentícia de alto desempenho, caracterizadas por sua capacidade de preencher os espaços vazios e se auto-adensar apenas sobre o efeito da gravidade e de sua própria capacidade de fluxo e sem apresentar qualquer separação significativa de seus constituintes (Figura 3.0). Essa capacidade é obtida com o equilíbrio entre alta fluidez com grande mobilidade e moderada viscosidade e coesão entre as partículas que constituem a mistura (MARTINS,2009).



*Figura 3 – Fluidez da argamassa autonivelante*

Fonte: Engle, 2010

A fluidez das argamassas autonivelantes foi uma das principais características que motivou o seu desenvolvimento, além da facilidade de nivelamento. A maior dificuldade de uma obra vertical na etapa de contrapiso é subir todos os materiais pelo equipamento de transporte, que geralmente é feito por elevador de cremalheira. Como vantagem, por ser desenvolvido com um sistema bombeável, a argamassa é lançada até o pavimento onde será utilizada, respeitando o limite da bomba (ENGLE,2010).

Sob o ponto de vista reológico, pode-se caracterizá-la como uma suspensão de partículas, ou seja, mistura do tipo sólido/líquido na qual as partículas se distribuem de forma relativa e uniforme através do meio líquido (MARTINS,2009). A homogeneidade dos compostos da argamassa autonivelante é necessária para assegurar características de resistência e durabilidade do produto final. Portanto, é imprescindível que a mistura apresente alta estabilidade (CARVALHO,2015).

Além dos compostos básicos, pasta cimentícia e agregado miúdo, adições minerais e aditivos químicos são componentes fundamentais para sistemas de argamassa autonivelantes.

De acordo com Katsiadramis et al. (2010), a alta fluidez proporciona uma necessidade de grande demanda de água, fazendo o material apresentar menor densidade, e conseqüentemente, maior risco para exsudação e segregação dos agregados. Com isso são esperados baixos valores na resistência e na durabilidade do material produzido. O uso de aditivos químicos compatíveis, como aditivos Superplastificantes (SP), confere à argamassa a fluidez esperada sem aumentar a relação água/cimento.

As partículas finas, presentes nas argamassas autonivelantes, também podem aumentar o consumo de água, devido ao acréscimo da área específica, e conseqüentemente, podem provocar maiores variações de volume da mistura durante o processo de endurecimento e assim favorecer o aparecimento de fissuras. (ALRIFAI *apud* CARVALHO, 2015).

A resistência à segregação é conseguida através da utilização de adições minerais, uma baixa relação água/aglomerante, e/ou, em alguns casos, de um aditivo modificador de viscosidade. O teor adequado de adições minerais em formulações de argamassas autonivelantes é importante para que propriedades como a demanda de água do sistema, teor de cimento, retração, calor de hidratação, adensamento e a microestrutura possam ser otimizados e assim possamos obter maior resistência e durabilidade (RIZWAN e BIER *apud* CARVALHO, 2015).

Segundo pesquisas realizadas por Libre et al. (2010), o aumento da relação a/c e uso de aditivos SP, apesar de eficazes para o aumento da fluidez, são prejudiciais para a estabilidade. Por outro lado, o uso de aditivos modificadores de viscosidade ou de adições minerais, serve para melhorar a estabilidade de uma argamassa autonivelante, mas pode reduzir a fluidez da mistura.

### **2.2.2 FORNECIMENTO E EXECUÇÃO DE CONTRAPISO AUTONIVELANTE**

Com relação ao fornecimento de argamassa autonivelante no Brasil, têm sido disponibilizados dois tipos: argamassa autonivelante ensacada para contrapiso (industrializada) e a argamassa produzida em centrais dosadoras. A primeira é misturada no momento do lançamento e a segunda transportada já pronta até a obra em caminhão betoneira (SOUZA, 2013).

Segundo Souza (2013), cada um destes processos, incluindo o processo tradicional, tem suas vantagens e desvantagens em relação à logística ( Tabela 1.0)

Argamassa de contrapiso ensacada	Argamassa de contrapiso dosada em central	Argamassa de contrapiso tipo farofa
-Não depende de entrega programada.	-A entrega precisa ser programados com antecedência.	-Não depende de entrega programada.
-Necessita de argamassadeira acoplada à bomba.	-A argamassa é lançada direto na bomba.	-A mistura é feita em betoneira convencional
-Necessita de mais mão de obra para transporte e mistura da argamassa.	-A mão de obra fica responsável apenas pelo bombeamento e espalhamento da argamassa.	-Necessita de mais mão de obra para transporte dos materiais e mistura da argamassa.
-Não depende diretamente do mercado das concreteiras.	-Mais susceptível a variações de demanda da central em outras áreas do mercado.	-Materiais comuns e encontrados com facilidade em depósitos de construção.
-Deve-se atentar para a correta dosagem da água de emassamento.	-Melhor controle da dosagem.	-Deve-se atentar para a correta dosagem dos materiais e da água de emassamento.
-A argamassa vai sendo produzida na medida em que será utilizada.	-A demora na entrega pode acarretar em perda do material.	-A argamassa vai sendo produzida na medida em que será utilizada.
-O uso não depende de infraestrutura de usina próxima à obra.	-O uso está condicionado à presença de usina próxima à obra.	-O uso não depende de infraestrutura de usina próxima à obra.

**Tabela 1** – Fornecimento de Argamassa de contrapiso ensacada x dosada em central x tipo farofa

Fonte: Souza, 2013

Independente do tipo de fornecimento, das orientações dos fabricantes e da espessura desejada, o processo de execução do contrapiso autonivelante segue, em linhas gerais, as seguintes etapas:

a) Preparo da Base

Deve ser realizada limpeza da laje que irá receber a argamassa autonivelante, eliminando todos os restos de sujeiras, resíduos, óleos, partículas soltas ou material que impeça a correta aderência entre o contrapiso e o substrato. (GUGELMIN *apoud* RUBIN, 2015). Deve-se atentar a resíduos aderidos no concreto de restos de argamassas provenientes do chapisco e reboco. Em geral recomenda-se que estas fases sejam executadas após o contrapiso.

A associação Nacional de fabricantes de argamassa da Espanha (AFAM), segundo Rubin (2015), sugere que a retirada de resíduos seja feita mediante a aspiração, lavagem, polimento ou,

ainda raspagem da laje. Uma forma mais simples e comumente usada é o uso da talhadeira como instrumento de retirada de resíduos aderidos e posteriormente a varredura da laje com vassourão (Figura 4).



**Figura 4** – Materiais para limpeza do substrato

Fonte: Melo, 2015

O polimento ou fresamento, com disco de vídea em sentido cruzado, pode ser utilizado como tratamento superficial para melhorar a aderência entre argamassa e substrato, pois fornece maior rugosidade à laje e aumenta a área de contato entre os materiais (CICHINELLI,2013). Outro método utilizado, visto durante a pesquisa no mercado de João Pessoa, é a utilização da tradicional ponte de aderência com polvilhamento de cimento, após a limpeza da laje.

A AFAM apud Rubin (2015) atenta para a taxa de absorção e porosidade da laje em que a argamassa será aplicada. A elevada porosidade e/ou a má saturação de água do substrato, podem absorver a água da argamassa autonivelante o que pode vir a provocar fissuras no material depois de seco ou ainda o aparecimento de bolhas. Por isso, recomenda-se o umedecimento superficial ou aplicação de “primers” antes da execução do contrapiso.

#### b) Colocação de juntas e barreiras de proteção

Deve-se atentar à existência de juntas estruturais da edificação ou à necessidade de juntas de combate à dilatação antes da aplicação do contrapiso autonivelante. No caso de elevadas

espessuras devem ser colocadas juntas de espuma em todo o perímetro do ambiente, entre o futuro contrapiso e a alvenaria (RUBIN,2015).

Como o contrapiso autonivelante fornece uma área nivelada, deve-se limitar a área de aplicação excluindo aquelas que necessitam de desníveis e caimentos

### c) Lançamento, Aplicação e Acabamento

Antes de proceder o lançamento da argamassa autonivelante é importante ter conhecimento do nível do contrapiso e conseqüentemente de sua espessura. Recomenda-se a utilização de nível a laser e tripés para a marcação da espessura em toda a área de aplicação (Figura 5).



*Figura 5 – Tripé para marcação da espessura*

Fonte: Arquivo Pessoal

Após toda a preparação, bombeia-se a argamassa, espalhando-a sobre a base em movimentos de zigue-zague para que ocorra uma correta distribuição do material. É recomendado a utilização de uma régua “T” de alumínio com movimentos leves somente sobre a superfície para dar acabamento mais uniforme ( Figura 6 ).



*Figura 6 – Lançamento da Argamassa e Régua “T” para acabamento*

Fonte: Melo ,2015, e Arquivo Pessoal

### **2.2.3 PRESCRIÇÕES NORMATIVAS E REQUISITOS DE DESEMPENHO**

Como já mencionado anteriormente, não há normatizações brasileiras específicas para contrapiso, assim como para argamassas autonivelantes. Fazendo uma busca pelas prescrições normativas em outros países, podemos destacar as normas europeia e americana.

A norma europeia UNE-EM 13813 (AENOR apud SILVA, 2016) informa especificações para o desempenho esperado de cada tipo de pasta autonivelante de acordo com o material aglomerante utilizado (cimento, sulfato de cálcio, magnésio, emulsão asfáltica ou resina sintética). No caso de pastas cimentícias seguem, na Tabela 2, os ensaios especificados.

Materiais das pastas	Resistência a compressão	Resistência à flexão	Resistência ao desgaste "Bohme"	Resistência ao desgaste "BCA"	Resistência ao desgaste por rodadura	Dureza superficial	Resistência a penetração	Resistência ao desgaste por rodadura em solo	Tempo de pega	Retração e inchamento	Consistência	Valor de pH	Módulo de elasticidade	Resistência ao impacto	Resistência à tração
Cimento	N	N	N <sup>a</sup> (um dos três)	O	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O <sup>a</sup>	O

Legenda: (N) Normativa; (O) Opcional onde seja relevante; ( - ) Não relevante; (<sup>a</sup>) Somente para pastas autonivelantes utilizadas em superfícies de desgaste.

**Tabela 2** – Pasta autonivelante cimentícia e ensaios aplicáveis

Fonte: Silva, 2016

Como citado por Rubin (2015), essa norma indica, quando há a exigência por alguma outra norma ou em casos que apresentam alguma característica em particular, outros ensaios avaliativos de desempenho do produto. Por exemplo: ensaios de resistência elétrica, térmica, química e ao fogo, corrosividade, permeabilidade à água e ao vapor de água, isolamento ao ruído de impacto e absorção acústica.

Em relação aos parâmetros esperados em cada ensaio a norma europeia não determina valores ideais ou limites a serem seguidos, contudo solicita que os fabricantes de argamassa autonivelantes tenham um alto controle de produção e qualidade de forma a atestar e comprovar que todas as informações e propriedades divulgadas são cumpridas e alcançadas (RUBIN,2015).

Diferente da norma europeia, como destaca novamente Rubin (2015), a norma americana ASTM C1708 (2012) enumera e prescreve métodos de testes avaliativos do desempenho de argamassas autonivelantes tanto no estado endurecido como no estado fresco. Os ensaios referentes ao último estado são os de fluxo inicial (consistência), fluxo de retenção (perda de trabalhabilidade) e tempo de cicatrização (capacidade da argamassa em voltar ao seu estado original de nivelamento, sem apresentar deformações, após sofrer alguma vibração), sendo os dois últimos testes próprios para a avaliação da argamassa autonivelante. A norma americana também não prescreve parâmetros e limitações de resultados.

No ano de 2001, um documento emitido pela Federação Europeia para Construções Específicas de Sistemas Químicos e de Concreto (EFNARC), que trata exclusivamente de pisos autonivelantes modificados por polímetro estabelece, além dos ensaios necessários para avaliação de desempenho, parâmetros esperados para os mesmos. O documento traz como ensaios obrigatórios os de resistência à compressão, à flexão, à abrasão, ao arrancamento e ao impacto e como ensaios opcionais os de consistência, resistência ao escorregamento e permeabilidade ao vapor de água (Tabela 3).

Classificação conforme uso pretendido	Características de desempenho	Método de ensaio especificado	Requisitos
A	Resistência a compressão	EN 13892-2	$\geq 20$ MPa
A	Resistência a flexão	EN 13892-2	$\geq 5$ MPa
A	Resistência a abrasão	EN 13892-4 (BCA)	$\geq 0,2$ mm de desgaste por ano, ou melhor
A	Resistência de arrancamento ao substrato	EN 1542, usando como referência EN 1766 para substratos de concreto (relatar a área de ruptura)	$\geq 1,0$ MPa
A	Resistência ao impacto	ISO 6272 (quando ligado a uma superfície de concreto de acordo com a EN 13892-1)	$\geq 4$ Nm
B	Consistência (para misturas bombeadas)	EN 13454-2 ou EN 12706	$\geq 220$ mm $\geq 130$ mm
B	Resistência ao escorregamento (molhado)	EN 13036-4 (Pêndulo de deslizamento)	$\geq 40$ , quando testado molhado
B	Permeabilidade ao vapor da água	EN 12086	$\leq 4$ g/(m <sup>2</sup> .d)

Classificação para uso pretendido:

A - Requisito obrigatório para todas utilizações previstas - métodos de testes padrão e limites de desempenho são especificados.

B - Exigência especial para situações particulares - métodos de teste padrão é especificado e os limites de desempenho especificados ou o resultado declarado no pedido.

**Tabela 3** – Requisitos de desempenho da EFNARC (2001) para pisos cimentícios autonivelantes modificados com polímeros.

Fonte: Silva, 2016

Na literatura Nacional, podem-se destacar os parâmetros indicados por Nakakura e Bucher (1997) que propõem limites de resistência baseados na norma brasileira para produção de pisos:

- Resistência à compressão: 25 a 35 MPa;
- Resistência à tração na flexão: 8 a 11 MPa;
- Resistência ao arrancamento por tração:
  - Pisos residenciais: 1 MPa (cura de 28 dias), 0,5 MPa (cura de 28 dias com 10.000 ciclos de passagem de carga de 25 N);
  - Pisos de locais públicos e indústrias leves: 2,0 MPa (após 28 dias de cura ao ar) e de 1,0 MPa (28 dias de cura e mais 10.000 aplicações de carga de 250 N com rodízios);
  - Pisos industriais submetidos à ação de rodas maciças de carregadeiras: > 3,0 MPa (28 dias de cura e mais 10.000 aplicações de 2.000 N).
- Resistência à abrasão (pelo método de ensaio de abrasão na máquina de Böhme): 6,0 cm<sup>3</sup>/50 cm<sup>2</sup> ou 1,2 mm de espessura;  
Além destes parâmetros Nakakura e Bucher (1997) também definem:
  - Para ensaio de consistência ( Mini Slump- Cone de Kantro): Na obra, a consistência para material de regularização deve estar compreendida entre 130 a 140mm de diâmetro de espalhamento e, no caso de argamassa para acabamento o espalhamento deve ficar entre 160 a 165mm;
  - Retração por Secagem: em desmolde na idade de 3 a 24h e cura à temperatura de (23 ± 2)°C e (50 ± 2)% de umidade relativa durante 28 dias, existem três limites máximos de retração por secagem: 0,03% para material sobre qualquer substrato; 0,05% para argamassas sobre concreto pouco absorvente e utilizando uma ponte de aderência polimérica; e 0,08% para aplicação em bases não absorventes, com ponte de aderência e tomando precauções rigorosas para evitar a fissuração.

Dentre os diversos trabalhos que se propõem a avaliar o desempenho das argamassas autonivelantes comercializadas e os boletins técnicos de produtos industrializados do mercado brasileiro, se realizou o levantamento dos valores para os ensaios apresentados na Tabela 4.

	Argamassas Autonivelantes	Resistência à compressão (MPa)	Resistência potencial de aderência à tração (MPa)	Resistência à tração (MPa)	Resistência à Flexão(MPa)	Consistência (Cone de Kantro) (mm)
MERCADO (Valores fornecidos pelos fabricantes)	Vale massa- Ficha Técnica	11	>0,3	-	-	-
	Voto massa- Ficha Técnica	25,5 a 29,0	-	2,1 a 2,41	5,9 a 6,6	-
	Quimiflex- Ficha Técnica	>8	-	-	-	-
	Matrix- Ficha Técnica (Votorantim Cimentos ) (2014)	12 a 20	-	-	3,5 a 6	-
	Protec- Ficha Técnica (2014)	35	>0,5	-	-	-
	Weber.floor nivela rápido- Ficha Técnica	20	>0,5	-	-	-
	Ceramfix- Ficha Técnica (2018)	20	-	1,3	7,3	-
	Contrapiso autonivelante(AI) -Quartzolit <i>apud</i> SILVA(2016)	>8	>1	-	-	-
LITERATURA (Testes realizados com argamassas do mercado)	Material 3 - Nakakura e Bucher (1997)	10,7	-	-	2,3	129
	Fabricante 01 - Rubin (2015)	17,72	1,34	2,1	-	240,8
	Fabricante 02 - Rubin (2015)	14,36	2,81	1,51	-	350
	Fabricante 03 - Rubin (2015)	10,04	1,39	1,25	-	321,7
	Mn (Segunda Fase) - Souza (2013)	14	-	-	-	-
	Teste AI - Silva (2016)	16	-	-	4,8	-

**Tabela 4** – Tabela com resultados de ensaios para Argamassa autonivelante encontradas no mercado Brasileiro

Fonte: Elaborada pelo Autor

### 3 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo apresenta-se como foi formulada e desenvolvida a pesquisa para a obtenção de respostas às hipóteses levantadas e o alcance dos objetivos propostos em tempo hábil e compatível com as exigências dos procedimentos experimentais. São relatadas as atividades desenvolvidas no Laboratório de Ensaios de Materiais e Estruturas – LABEME na Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e em campo, em obras da cidade de João Pessoa.

#### 3.1 PROGRAMA EXPERIMENTAL

O programa experimental foi dividido em etapas e montado esquematicamente no fluxograma apresentado na Figura 7.



*Figura 7 – Fluxograma das Etapas do Programa Experimental*

Cada etapa apresenta como objetivo gerar informações, dados ou resultados, sendo cada uma delas explicadas a seguir:

**Etapa 1 – Revisão Bibliográfica:** compreende toda a pesquisa e levantamento bibliográfico do assunto em questão. Foram analisados pesquisas anteriores, os experimentos mais recorrentes e os parâmetros comumente usados para as análises;

**Etapa 2 – Pesquisa do Mercado e Levantamento de Dados:** nesta etapa entrou-se em contato com empresas construtoras e empresas responsáveis pela execução do contrapiso autonivelante a fim de recolher informações, entre elas: a) quais soluções/traços mais adotados nas construtoras da cidade de João Pessoa-PB para o subsistema de contrapiso; b) qual a visão do mercado quanto ao desempenho da argamassa autonivelante para contrapiso; c) e possíveis amostras para ensaios e análise de qualidade;

**Etapa 3 – Determinação dos Ensaios:** objetivou-se definir quais variáveis de resposta se deseja para analisar o desempenho do material e quais ensaios serão realizados para a obtenção destes dados e se estão de acordo com os recursos disponíveis;

**Etapa 4 – Definição das Delimitações de Pesquisa:** identificados os recursos disponíveis, objetivou-se definir a quantidade e qual origem das amostras a serem estudadas;

**Etapa 5 - Coleta de Amostra e Ensaios de Laboratórios:** etapa que compreende o contato com construtoras para obtenção e recolhimento das amostras e todo o desenvolvimento de ensaios de laboratório para obtenção dos dados e resultados de desempenho esperados;

**Etapa 6 – Análise dos Resultados :** Análise e discussões dos resultados obtidos com base na bibliografia específica;

**Etapa 7 – Escrita e Revisão da Monografia:** Sintetização de todo o trabalho desenvolvido e todas as conclusões obtidas.

### **3.1.1 PESQUISA DE MERCADO E LEVANTAMENTO DE DADOS**

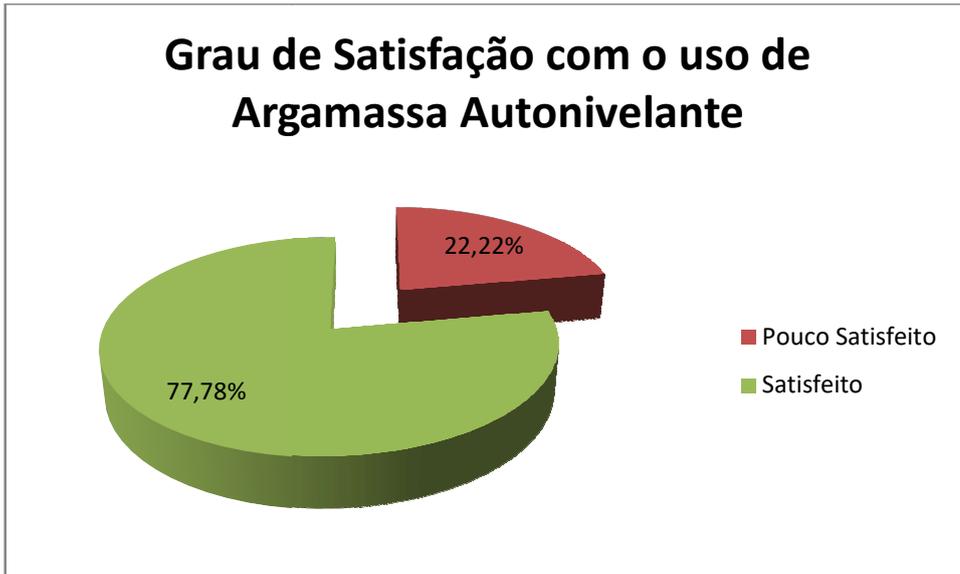
A pesquisa se iniciou com um primeiro contato com as empresas de execução de argamassa autonivelante para entender como se dá o processo produtivo e a relação entre o fornecedor do material, a empresa terceirizada de execução e a construtora.

Existem no mercado da construção civil da capital paraibana apenas duas empresas que atuam na terceirização da execução do contrapiso autonivelante. Estas por sua vez, trabalham de duas maneiras distintas. Em ambas, o fornecimento de argamassa é feito pelas centrais de dosagem locais, “concreteiras”, porém a responsabilidade do bombeamento e conseqüentemente do traço da argamassa podem variar. Na primeira forma de trabalho a “concreteira” fornece a argamassa e o bombeamento é de responsabilidade da empresa de execução, que altera o traço de acordo com as necessidades- geralmente de fluidez- observadas na obra. Na segunda forma, o bombeamento é de responsabilidade da “concreteira” e a alteração do traço é permitida dentro das limitações já pré-definidas.

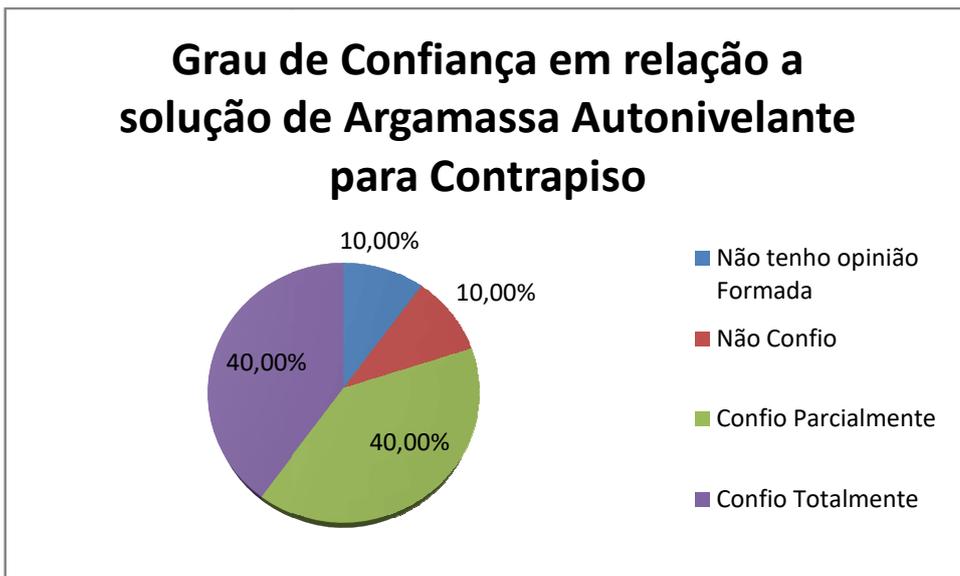
Numa segunda etapa, foi aplicado um questionário elaborado com base nos questionamentos: qual a solução mais adotada para o sistema de contrapiso na cidade de João Pessoa, e qual a visão do mercado sobre a argamassa autonivelante. O questionário foi aplicado a 11 profissionais de empresas distintas e o resultado deste levantamento é apresentado nas Figuras 8, 9 e 10 .



**Figura 8** – Gráfico com as soluções mais adotadas para o Contrapiso em João Pessoa-PB



**Figura 9** – Gráfico com o grau de Satisfação dos Profissionais que já tiveram experiências com argamassa autonivelante em João Pessoa- PB



**Figura 10** – Gráfico com o grau de confiança passado pelo mercado aos Profissionais do uso de argamassa autonivelante em João Pessoa- PB

A partir do levantamento realizado é possível perceber que apesar da boa aceitação do mercado, com aproximadamente 78% dos entrevistados satisfeitos com experiências anteriores com argamassa autonivelante e 80% que declaram confiar totalmente ou parcialmente no produto, vemos que a “farofa”, rodada em obra e com traço de 1:3, ainda é a mais adotada (50%) dentre as demais soluções.

Esse fenômeno pode ser explicado pela visão, como relatado em entrevista, de que a argamassa autonivelante apresenta maior custo ou pela desaceleração do mercado que estendem os prazos de entrega das obras e a alta produtividade não é o principal foco.

### 3.1.2 MATRIZ EXPERIMENTAL E DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

A matriz experimental foi montada a partir das variáveis de respostas escolhidas para análise. Estas variáveis foram selecionadas com o estudo das normativas estrangeiras (americana e europeia) para argamassas autonivelantes e normativas nacionais para argamassas. Foram selecionadas cinco propriedades e os ensaios estão expostos no diagrama da Figura 11.



**Figura 11** – Diagrama Apresentando a matriz experimental, com propriedades avaliadas e seus respectivos ensaios

Na tabela 5 são dadas as idades de realização dos ensaios, os números de corpos de prova para cada idade e suas dimensões de acordo com a norma vigente para cada ensaio.

Ensaio	Norma	Idade de ensaio (dias)	Nº (mínimo) de CP's	Forma dos Cp's	Dimensões dos CP's (cm)
Resistência à Compressão	NBR 12041/2012	7	2	Cilíndricos	5x10
		28	3		
	NBR 13279/1995	7	3	Primáticos	4x4x16
		28	3		
Resistência à Tração por Compressão Diametral	NBR 12041/2012	7	2	Cilíndricos	5x10
		28	3		
Resistência à Tração na flexão	NBR 13279/1995	7	3	Primáticos	4x4x16
		28	3		
Resistência de Aderência ( Base-contrapiso)	NBR 15258/2005	28	10	redondos	5
Resistência de Aderência ( contrapiso-argamassa colante )	NBR14081-4/2012	28	10	quadrados	5x5

Cp's: Corpos de prova

**Tabela 5** – Ensaio e suas respectivas idades, números e dimensões dos corpos de provas

As amostras de argamassa autonivelante foram coletadas nas obras durante a sua aplicação no contrapiso. No decorrer da coleta foi realizado o ensaio de cone de Kantro. Para resultados mais consistentes o ensaio foi repetido três vezes.

A medição da retração, utilizando o paquímetro, foi realizada nos corpos cilíndricos

Coletou-se duas amostras, uma com o bombeamento e a responsabilidade do produto a cargo da “concreteira” e a outra a cargo da empresa de execução do contrapiso.

## 3.2 MÉTODOS DE ENSAIO

### 3.2.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES E À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

A norma brasileira NBR 12041 (ABNT,2012) prescreve a metodologia a ser adotada para determinação da resistência à compressão simples e à tração por compressão diametral para argamassas de alta resistência mecânica para pisos. Por não haver normatização brasileira para contrapisos optou-se por realizar os procedimentos desta norma (adaptados por se tratar de uma argamassa especial), pois ela é a que mais se aproxima do uso de argamassas em sistemas de piso.

Os moldes utilizados, como já mencionados em 3.1.2, foram moldes cilíndricos com dimensões 5x10 cm. Sua moldagem dos corpos-de-prova foi feita imediatamente após a coleta

da amostra e com a maior rapidez possível. A colocação da argamassa na fôrma foi realizada com auxílio de espátula e por se tratar de uma argamassa fluida que se auto adensa, não foi necessário realizar as camadas e golpes para a modelagem. A operação foi finalizada com a rasadura do topo do corpo-de-prova por meio de régua que se desliza sobre os bordos da fôrma, em direção normal à régua.

Os corpos foram moldados em obra e permaneceram em molde até sua coleta e transporte ao laboratório. A norma NBR 12041 (ABNT,2012) recomenda que a cura final seja feita em tanque de água não corrente saturada com cal até o dia da ruptura. Por equívoco, a cura foi realizada em ambiente laboratorial.

O cálculo da resistência à tração por compressão diametral deve ser calculado pela expressão (NBR 7222- ABNT 2011):

$$F_{ct,sp} = \frac{2F}{\pi dl} \quad (1,0)$$

Onde:

$F_{ct,sp}$  é a resistência à tração por compressão diametral, expressa em megapascal (MPa);

F é a força máxima obtida no ensaio, expresso em newtons (N);

d é o diâmetro do corpo de prova, expresso em milímetros (mm);

l é o comprimento do corpo de prova, expresso em milímetros (mm).

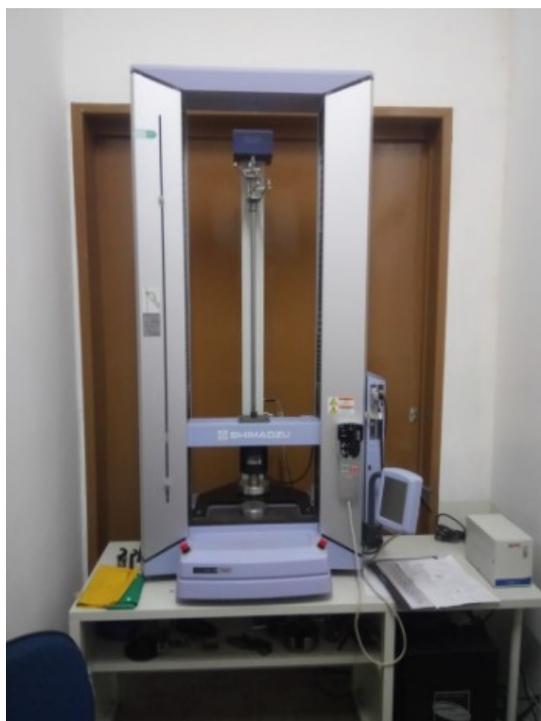
### **3.2.2 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO E COMPRESSÃO**

Outro método adotado neste trabalho para a aferição das resistências mecânicas da argamassa autonivelante foi o procedimento recomendado da NBR 13279 (ABNT, 2005). Esta norma traz prescrições a serem adotadas para a determinação da resistência à Tração na Flexão e compressão para o caso de argamassa para assentamento de revestimento de paredes e tetos.

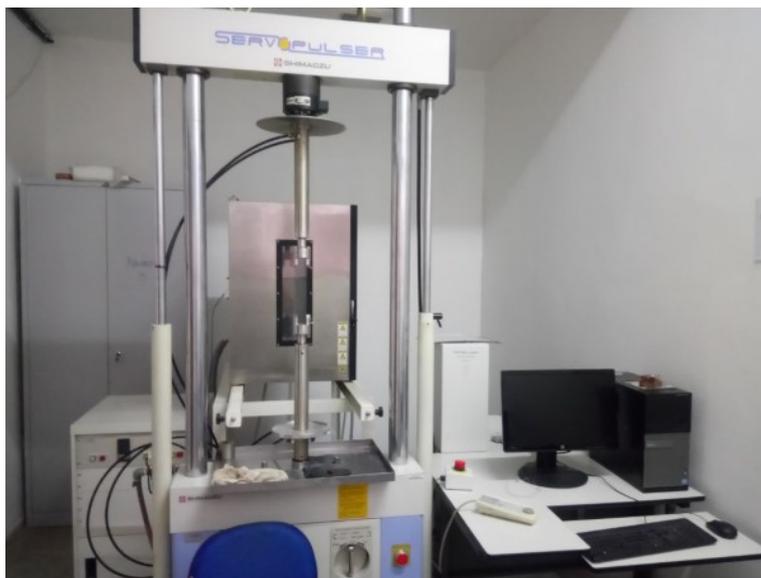
A aparelhagem necessária à execução do ensaio são moldes prismáticos metálicos com paredes removíveis servindo de molde para 6 corpos de prova com dimensões de 4cm x4cm x16cm. No caso da argamassa autonivelante não se faz necessário a mesa de adensamento e sua moldagem se dá de forma direta.

Como os corpos de prova foram moldados em obra, permaneceram em seus moldes até a sua coleta e transporte ao laboratório. A cura final realizada, recomendada pela norma, foi em ambiente laboratorial.

Os seis corpos de prova foram rompidos em máquinas para ensaios de resistência, com capacidade de aplicar cargas uniformes e sem choque com velocidade controlada, 50N/s para resistência à tração na Flexão e 500N/s para resistência à compressão (Figuras 12 e 13)



*Figura 12 – Máquina utilizada para ensaios de Tração na Flexão*



**Figura 13** – Máquina utilizada para ensaios de Compressão

A ruptura foi realizada nas idades de 7 dias e 28 dias, três corpos para cada idade. No ensaio de resistência à tração na flexão os corpos de prova foram posicionados no dispositivo de apoio de modo que a face rasada não ficasse em contato com os suportes que tiveram uma distância entre si de 100mm.

O valor da resistência foi calculado pela equação 2 (NBR 13279-ABNT, 2005) :

$$Rf = \frac{1,5 Ff L}{40^3} \quad (2)$$

Onde:

Rf é a resistência à tração na flexão, em megapascal;

Ff é a carga aplicada verticalmente no centro do prisma, em newtons;

L é a distância entre os suportes, em milímetros

A ruptura à tração na Flexão gera para cada corpo de prova duas metades que são utilizadas no ensaio de resistência a compressão. A resistência a compressão é calculada segundo a equação 3 (NBR 13279-ABNT,2005).

$$Rc = \frac{Fc}{1600} \quad (3)$$

Onde:

Rc é a resistência à compressão, em megapascal;

$F_c$  é a carga máxima aplicada, em newtons.

### **3.2.3 RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - BASE/CONTRAPISO**

A determinação da resistência potencial de aderência à tração foi obtida seguindo os procedimentos recomendados da NBR 15258 (ABNT,2005) que é utilizada para casos de argamassas para revestimentos de paredes e teto.

Para esta norma aderência é a propriedade da argamassa resistir às tensões atuantes na interface com o substrato, ou seja, para o caso em questão a interface entre contrapiso e a laje de concreto.

Todos os procedimentos foram realizados na idade acima dos 28 dias em campo, nas obras onde se coletaram as amostras.

Para a execução do ensaio, o contrapiso deve ser submetido a um corte de delimitação dos corpos de prova. Este corte deve ser executado a seco e a partir de 3 dias antes da data de ruptura. Deve possuir o mesmo tamanho do corpo de prova, redondo com 5cm de diâmetro e atingir uma profundidade de cerca de 1mm para dentro do substrato.

Após o corte, deve-se proceder a colagem da pastilha, que foi realizada com adesivo estrutural de base epóxi, cuja resistência após 24h atinge valores de 40MPa.

Foram ensaiados no mínimo 10 corpos de prova, como recomenda a norma NBR 15258 (ABNT,2005).

### **3.2.4 RETRAÇÃO**

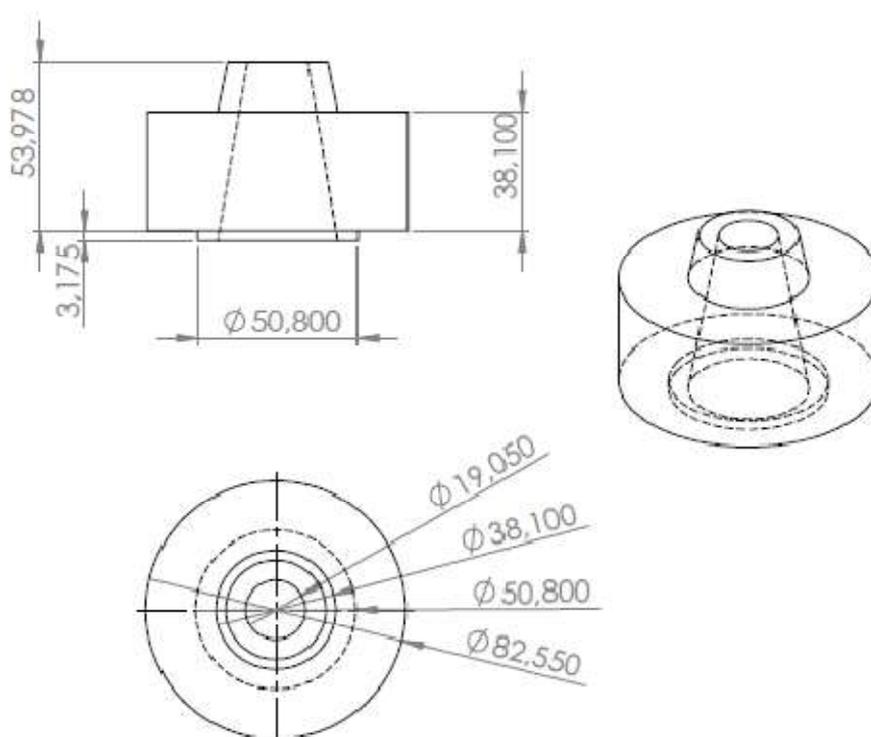
A aferição da retração foi realizada de maneira simples, com o auxílio de um paquímetro. Acompanhou-se a retração observada na altura dos corpos de prova cilíndricos utilizados no ensaio de resistência à compressão e à tração por compressão diametral.

### 3.2.5 MINI-SLUMP

O mini-Slump é o ensaio de consistência realizado com o cone de Kantro (Kantro,1980) em que se verifica o diâmetro de espalhamento do material para avaliar a fluidez. Simultaneamente à avaliação da consistência pode-se avaliar, seguindo os critérios de Martins (2009), as condições de borda e a existência de segregação e exsudação.

Como lembrado por Silva (2016), o ensaio do cone de Kantro foi originalmente desenvolvido para avaliação de pasta, porém Nakakura e Bucher (1997) propuseram à avaliação da consistência de argamassas autonivelantes por esse método, devido à fluidez e composição das mesmas.

O ensaio se resume em adicionar a argamassa autonivelante dentro do cone, representado na Figura 14, que deve estar centralizado numa placa de vidro nivelada e referenciada com os diâmetros mínimos e máximos, sendo estes 115mm (T115) e 180mm respectivamente, e em seguida retirar o cone para cima (90°) (MELO,2015).

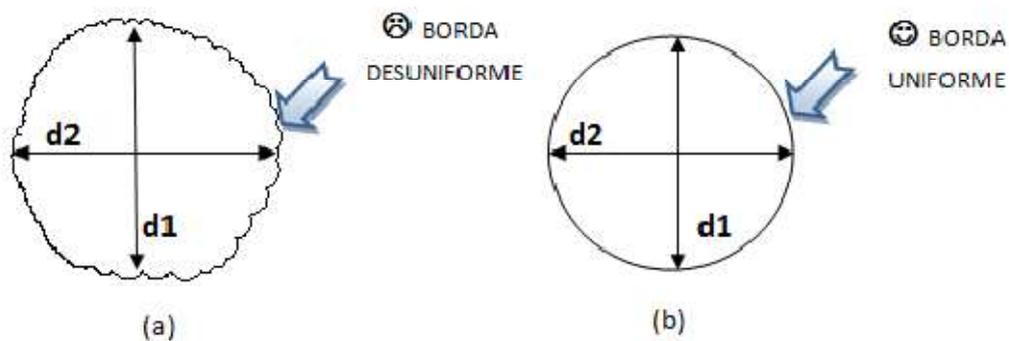


**Figura 14** – Cone de Kantro (medidas em mm)

Fonte: Silva (2016)

Para Nakakura e Bucher (1997) a consistência para material de regularização deve estar compreendida entre 130 a 140mm de espalhamento, quando ensaiado em obra.

As duas avaliações visuais proposta por Martins (2009) avaliam os aspectos da borda da argamassa após escoamento, que pode ser uniforme ou desuniforme, e analisam a segregação da mistura (separação nítida dos seus constituintes), que indica a existência de segregação ou não. Apresentando bordas uniformes e espessas, as pastas não tenderão a segregar e indicarão que possuem forte coesão entre os materiais que a compõem ( Figura 15 e 16 ).



**Figura 15** – Análise visual da borda da pasta escoada. (a) Pasta com borda desuniforme, (b) Pasta com borda uniforme

Fonte: Martins (2009)



**Figura 16** – Análise visual da seqüência da pasta escoada. (a) Pasta sem tendência à segregação, (b) Pasta com tendência à segregação

Fonte: Martins (2009)

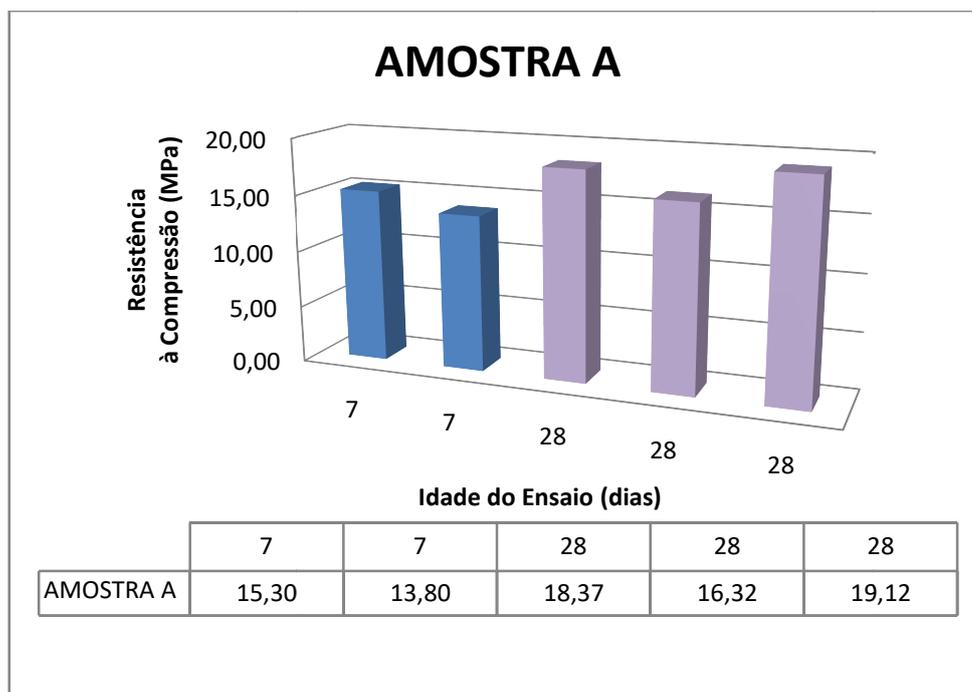
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O contato com os engenheiros responsáveis pelas obras ocorreu de maneira simultânea com o levantamento de dados da Etapa 2 do trabalho. A coleta de amostra procedeu de acordo com a programação e cronograma das obras, assim houve certa dificuldade para se obter as amostras. Porém, assim como planejado, duas amostras foram coletadas em duas obras diferentes, uma amostra com o bombeamento e a responsabilidade do produto a cargo da empresa de execução do contrapiso (Amostra A) e a outra a cargo da “concreteira” (Amostra B).

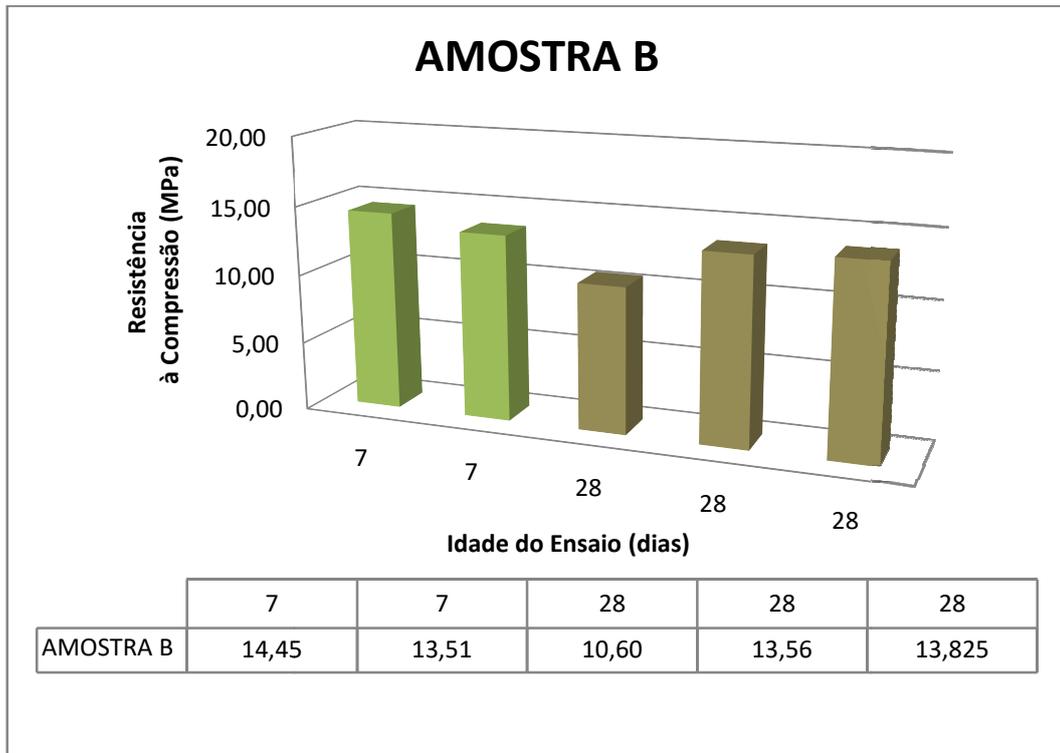
Não se teve acesso ao traço das argamassas recolhidas. Sabe-se que para a Amostra A foi adicionado aditivo plastificante no momento do bombeamento e que a Amostra B teve em seu traço adição de pó de pedra.

### 4.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

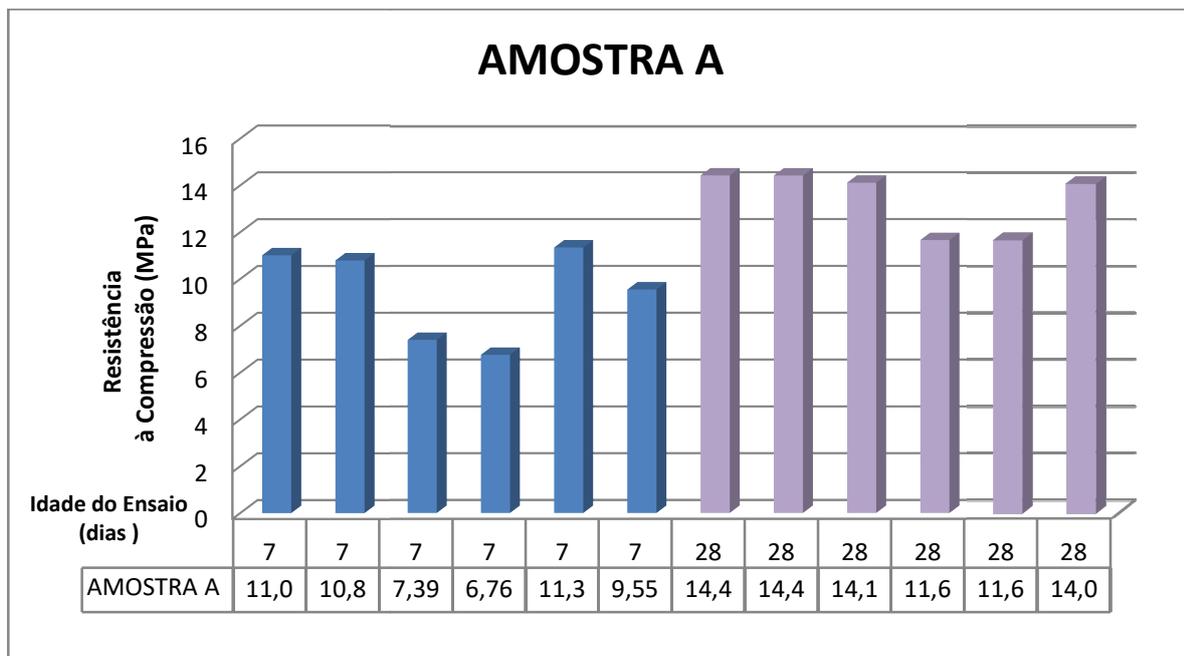
Os resultados obtidos, para cada amostra, de resistência à compressão pelos métodos citados em 3.2.1 e 3.2.2 são apresentados nos gráficos das Figuras 17 à 20 :



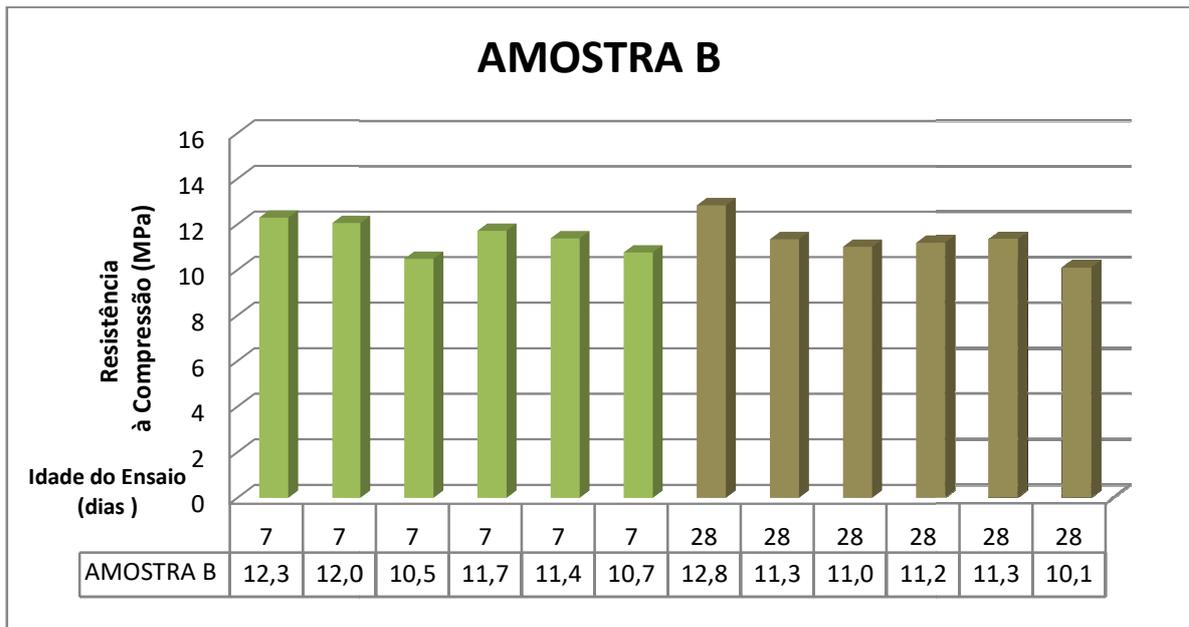
*Figura 17 – Resultados de Resistência à Compressão para Amostra A pelo método da NBR 12041(ABNT, 2012)*



*Figura 18 – Resultados de Resistência à Compressão para Amostra B pelo método da NBR 12041(ABNT, 2012)*



*Figura 19 – Resultados de Resistência à Compressão para Amostra A pelo método da NBR 13279(ABNT, 1995)*



**Figura 20** – Resultados de Resistência à Compressão para Amostra B pelo método da NBR 13279 (ABNT, 1995)

Os valores médios obtidos são apresentados na tabela 6.

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO				
Amostra	NBR 12041		NBR 13279	
	Resistência Média 7dias (MPa)	Resistência Média 28dias (MPa)	Resistência Média 7dias (MPa)	Resistência Média 28dias (MPa)
A	14,55	17,94	9,48	13,39
B	13,98	12,66	11,47	11,32

**Tabela 6** – Resultados médios de compressão

Observa-se de maneira clara nos gráficos apresentados que não houve aumento considerável de resistência à compressão entres os ensaios de idade 7 dias e 28 dias. No caso da amostra B, este fenômeno aconteceu de maneira mais evidente.

Uma hipótese para o fato acima citado seria a não realização de cura úmida durante os 28 dias. A cura tem como objetivos evitar a perda de umidade e controlar a temperatura por um período suficiente para atingir o nível de resistência desejado. Com a não perda de água e a

temperatura controlada garante-se de forma completa a hidratação do cimento e o ganho de resistência (MONTEIRO E MEHTA, 2008).

A norma NBR 13279 (ABNT, 1995), uma das normas seguidas para a realização do ensaio de compressão, recomenda a cura em ambientes laboratoriais. Carvalho (2015), Azevedo *et al* (2012) também utilizaram esta norma e não realizaram a cura úmida. Porém, a norma refere-se a argamassas de revestimento de paredes e teto, que utilizam cal hidratada em seu traço, e por causa da cal apresentam uma cura interna mais eficiente.

A cal hidratada tem uma elevada capacidade de reter água em torno de suas partículas, tanto a água de hidratação como a de amassamento. Ao reagir com CO<sub>2</sub> presente no ar, a cal hidratada libera a água retida e esta é absorvida pelo cimento, proporcionando-lhe cura interna (SEABRA *et all*, 2004) .

Os valores de resistência à compressão obtidos não atendem aos parâmetros recomendados pela EFNARC (2001), que considera valores mínimos de 20 MPa, e por Nakakura e Bucher (1997), que determina uma faixa de 25 a 30 MPa de resistência.

Apesar do fato da cura úmida não ter sido realizada, os valores de resistência estão próximos aos encontrados em pesquisas que testaram argamassas comercializadas no Brasil, como as testadas por Rubin (2015) que obtiveram valores médios aos 7 dias de 13,28 MPa, 13,39MPa e 10,30 MPa e aos 28dias de 17,72 MPa ,14,36 MPa e 10,04 MPa.

Nas argamassas testadas por Nakakura e Bucher (1997) para acabamento de classe industrial, industrial leve e nivelamento foram obtidas médias de resistência aos 7 de 9,3 MPa, 3,6 MPa e 8,5 MPa e aos 28 dias 12MPa, 5,2 MPa e 10,7MPa, respectivamente.

Nota-se que os acréscimos de resistência entre as idades de 7 e 28 dias obtidos por Rubin (2015), apesar de ter feito a cura úmida recomendada, não foram significativas. Este autor também estudou o efeito da cura com ciclos de aquecimento e levantou a hipótese de que seria admissível que as argamassas autonivelantes estudadas apresentassem maior resistência mecânica se curadas ao ambiente, com uma umidade relativa do ar mais baixa, ao invés de cura imersa em água com cal, como realizado, o que justificaria o ganho de resistência das argamassas quando submetidas à cura com ciclos de aquecimento.

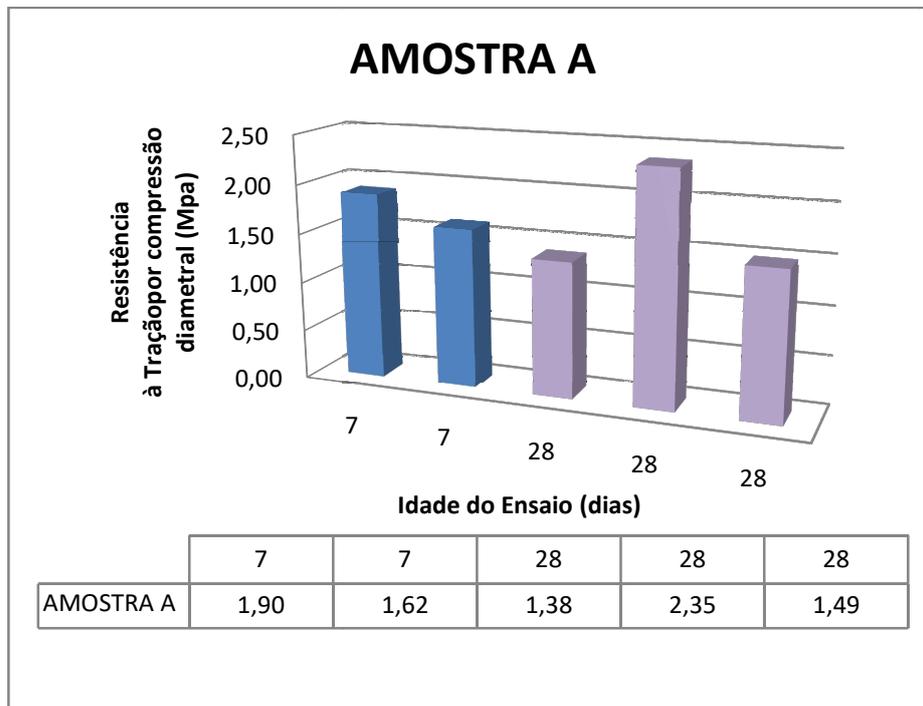
Para valores de resistência na idade de 28 dias maiores ou iguais a 20 MPa, segundo recomendações da EFNARC (2001), os valores dos ensaios realizados devem ter o crescimento como apresentado na tabela 7.

Amostra	Acréscimo necessário de Resistência à compressão aos 28 dias para se alcançar 20MPa	
	NBR 12041	NBR 13279
A	11,50%	49,32%
B	57,99%	76,66%

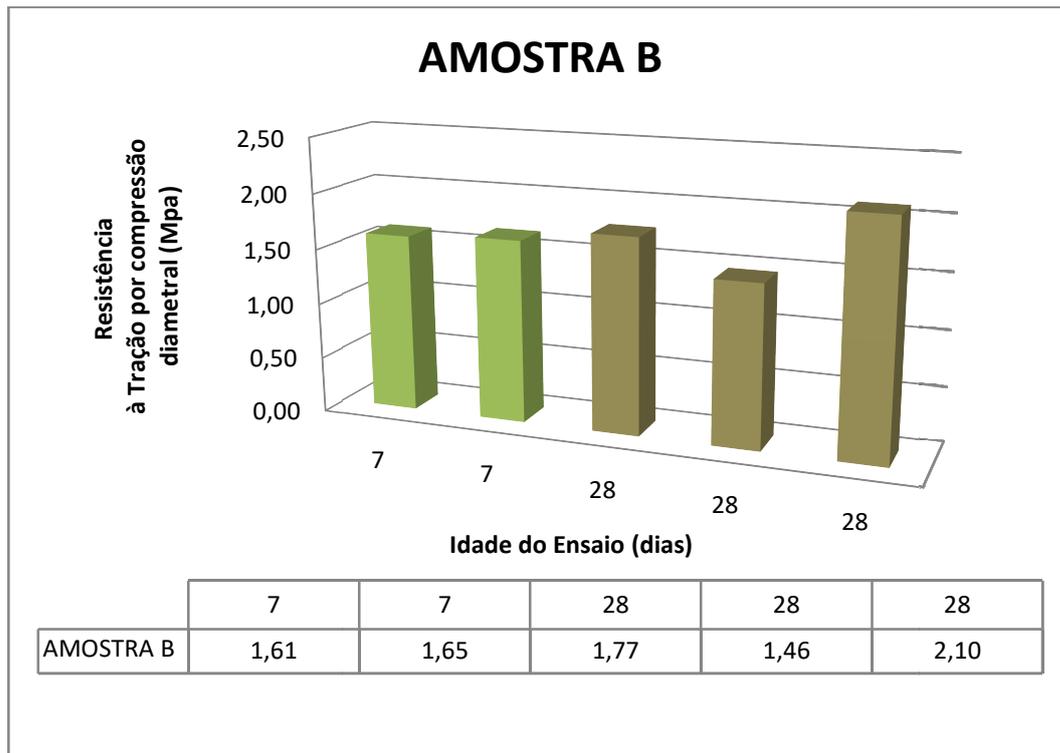
**Tabela 7** – Aumento necessário para se atingir valores recomendados de resistência à compressão

## 4.2 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

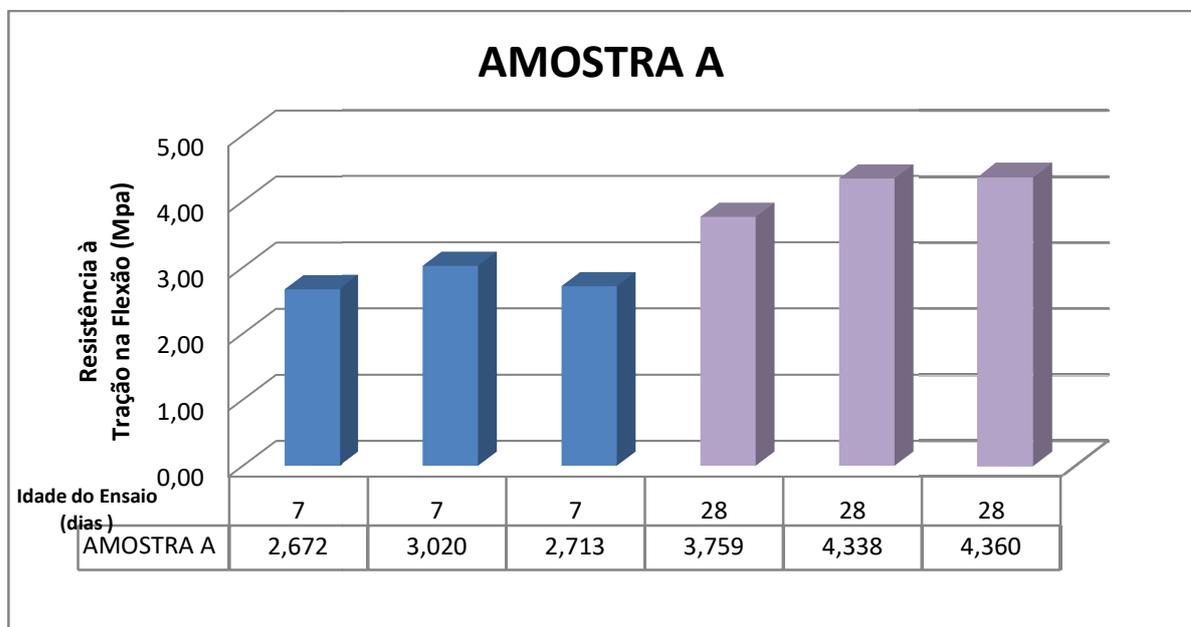
Os resultados obtidos, para cada amostra, de resistência à tração por compressão diametral e na flexão, métodos citados em 3.2.1 e 3.2.2, são apresentados nos gráficos das Figuras 21 a 24 :



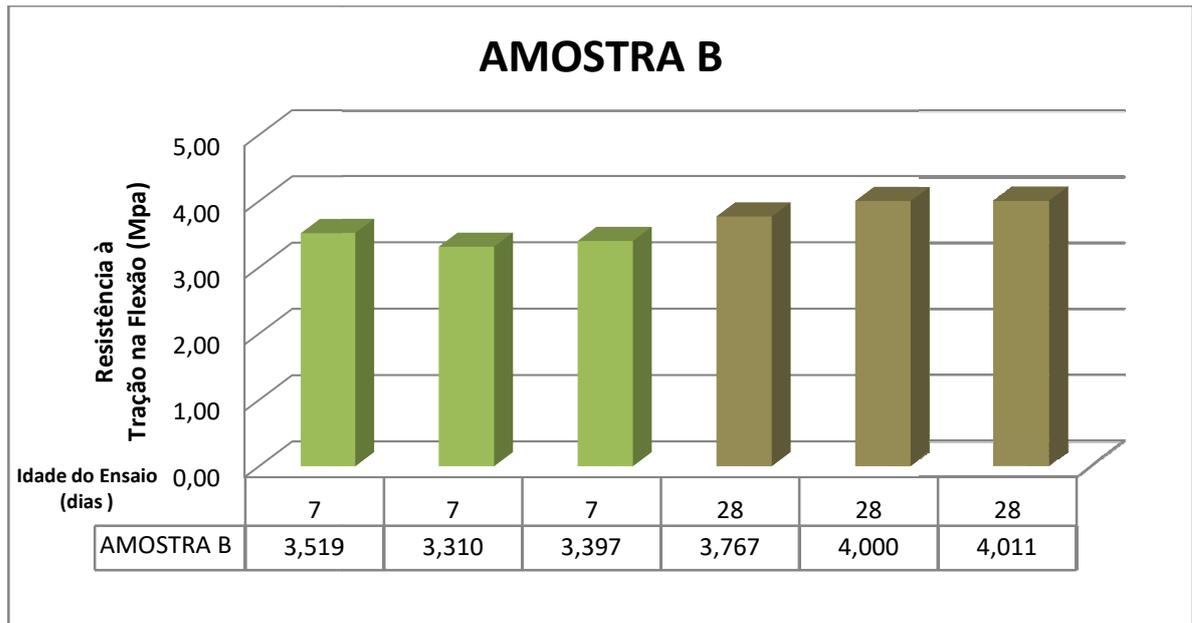
**Figura 21**– Resultados de Resistência à Tração por Compressão diametral para Amostra A pelo método da NBR 12041 (ABNT, 2012)



*Figura 22*– Resultados de Resistência à Tração por Compressão diametral para Amostra B pelo método da NBR 12041 (ABNT, 2012)



*Figura 23* – Resultados de Resistência à tração na Flexão para Amostra A pelo método da NBR 13279 (ABNT, 1995)



**Figura 24** – Resultados de Resistência à tração na Flexão para Amostra B pelo método da NBR 13279(ABNT, 1995)

Os valores médios obtidos são apresentados na tabela 8.

RESISTÊNCIA À TRAÇÃO				
Amostra	Compressão diametral		Na flexão	
	Resistência Média 7dias (Mpa)	Resistência Média 28dias (Mpa)	Resistência Média 7dias (Mpa)	Resistência Média 28dias (Mpa)
A	1,76	1,74	2,80	4,15
B	1,63	1,78	3,41	3,93

**Tabela 8** – Resultados médios de Resistência à Tração

Da mesma maneira que os resultados de resistência à compressão, a falta da cura úmida pode ter provocado o mesmo fenômeno de pouca variação entre os valores obtidos aos 7 dias e aos 28 dias.

Os valores obtidos nesta pesquisa para a tração por compressão diametral em comparação aos alcançados por Rubin (2015) ( 1,28 , 1,51 e 1,15 MPa aos 7 dias e 2,10, 1,51 e 1,21 aos 28 dias) apresentam bons resultados. O mesmo acontece no caso da tração na flexão alcançados por Nakakura e Bucher (1997) ( 2,1, 0,8 e 2,4 MPa aos 7 dias e 2,4, 1,1 e 2,3 aos 28 dias).

Para valores de resistência na idade de 28 dias maiores ou iguais a 5 MPa, segundo recomendações da EFNARC (2001), os valores dos ensaios realizados devem ter o crescimento como apresentado na tabela 7.

Amostra	Acréscimo necessário de Resistência à Tração aos 28 dias para se alcançar 5 MPa	
	NBR 12041	NBR 13279
A	65,16%	16,95%
B	64,46%	21,48%

**Tabela 9** – Aumento necessário para se atingir valores recomendados de resistência à Compressão

### **4.3 RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - BASE/CONTRAPISO**

Os ensaios de aderência à tração de acordo com a NBR 15258 (ABNT,2005) foram realizados nas obras de coletas das amostras. Foi esperado um período de 28 dias para a realização do ensaio.

Para a Amostra A foram feitos dois ensaios, pois o resultado encontrado em primeiro instante se apresentou duvidoso devido à presença de água no momento do arrancamento dos corpos de prova (Figura 25) ou a não retirada eficaz do pó da superfície, já que todas as rupturas tiveram a mesma configuração representada na Figura 26. No segundo ensaio, procurou-se proteger o local da chuva e procedeu-se a retirada do pó com escovão com cerdas de aço.



*Figura 25 – Corpos de prova na água durante a realização de ensaio de Resistência de Aderência da Amostra A*



*Figura 26 – Exemplo do tipo de ruptura encontrada no primeiro ensaio de Resistência de Aderência da amostra A.*

Os resultados dos dois ensaios estão apresentados nas tabelas 10 e 11. Os valores destacados foram descartados por se afastarem do intervalo de aceitação, média  $\pm$  30% da média.

## 1º Ensaio – Amostra A

Corpo de Prova nº	Carga (N)	Seção (mm <sup>2</sup> )	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura			
				S	S/A	A	F
1	1873,07	1963,50	0,95			100	
2	1873,07	1963,50	0,95			100	
3*	2549,73	1963,50	1,30			100	
4	1941,72	1963,50	0,99			100	
5	2461,47	1963,50	1,25			100	
6*	1265,06	1963,50	0,64			100	
7*	1206,22	1963,50	0,61			100	
8	1333,70	1963,50	0,68			100	
9	1608,29	1963,50	0,82			100	
10	1402,35	1963,50	0,71			100	
11	1696,55	1963,50	0,86			100	
12	1931,91	1963,50	0,98			100	
<b>Média</b>	<b>1761,93</b>	<b>1963,50</b>	<b>0,87</b>				
	Intervalo de Aceitação (MPa)		1,13				
			0,61				

## 2º Ensaio – Amostra A

Corpo de prova	Carga (N)	Seção (mm <sup>2</sup> )	Tensão (MPa)	Forma de Ruptura			
				S	S/A	A	F
1	3069,48	1963,50	1,56		100		
2*	1804,42	1963,50	0,92		100		
3*		1963,50					100
4	3265,61	1963,50	1,66			100	
5*	2069,20	1963,50	1,05		30	60	
6	3020,45	1963,50	1,54		100		
7	3883,43	1963,50	1,98			100	
8	3353,87	1963,50	1,71		100		
9*	1618,10	1963,50	0,82		30	60	
10	4314,93	1963,50	2,20			100	
11							
12							
<b>Média</b>	<b>2933,28</b>	<b>1963,50</b>	<b>1,77</b>				
	Intervalo de Aceitação (MPa)		2,31				
			1,24				

Onde:

S é a ruptura no substrato

S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa

A é a ruptura na argamassa

F é a falha na colagem da peça metálica

**Tabela 10 e 11** – Resistência de Aderência à Tração para a Amostra A

Observa-se que no segundo ensaio obteve-se praticamente metade das rupturas na interface Substrato/Argamassa e isto torna o valor de resistência encontrado mais representativo quando se pretende estudar a aderência entre o contrapiso e a base de concreto. A média obtida entre o 1º e 2º ensaio obteve aumento de um pouco mais de 100%, comprovando a interferência externa no 1º ensaio.

Durante o preparo do ensaio da amostra B não se conseguiu fazer o corte da argamassa com a serra copo diamantada acoplada a furadeira, como foi realizado com a amostra A. Foi preciso fazer este corte com uma perfuratriz utilizada para furos em concretos. Este fato pode ser um indicio da elevada dureza adquirida pela argamassa devido à utilização de pó de pedra em seu traço.

Os resultados do ensaio para a amostra B são apresentados na tabela 12.

#### Ensaio Amostra B

Corpo de prova	Carga (N)	Seção (mm <sup>2</sup> )	Tensão (Mpa)	Forma de Ruptura			
				S	S/A	A	F
1*	2471,28	1963,50	1,26			20	80
2	2294,76	1963,50	1,17			10	90
3*	2765,48	1963,50	1,41			5	95
4	2294,76	1963,50	1,17			5	95
5	1676,94	1963,50	0,85			5	95
6	2128,04	1963,50	1,08			5	95
7	1353,32	1963,50	0,69	100			
8*	2951,80	1963,50	1,50			10	90
9*	343,23	1963,50	0,17			10	90
10*	1255,25	1963,50	0,64			5	95
11	1363,12	1963,50	0,69			10	90
12	1421,96	1963,50	0,72	100			
<b>Média</b>	<b>1859,99</b>	<b>1963,50</b>	<b>0,91</b>				
	Intervalo de Aceitação (Mpa)		1,19				
			0,64				

Onde: S é a ruptura no substrato  
 S/A é a ruptura na interface substrato/argamassa  
 A é a ruptura na argamassa  
 F é a falha na colagem da peça metálica

**Tabela 12** – Resistência de Aderência à Tração para a Amostra B

Observa-se que a ruptura ocorreu na maioria dos casos devido à falha de colagem. Recomenda-se a repetição deste ensaio, porém devido a problemas de logística e prazos não foi possível cumprir esta

exigência. Mas o valor encontrado, embora representativo da interface superfície da argamassa e a cola utilizada, também representa uma resistência ao arrancamento que a interface concreto/argamassa “aguenta” sem ruptura.

Os valores obtidos pela amostra A e também pela amostra B evidenciam bons resultados comparados aos parâmetros adotados pela EFNARC (2001) e por Nakakura e Bucher (1997), apresentados em 2.2.3.

Durante o preparo do ensaio realizou-se uma conferência rápida do comportamento do som ao deferir sobre o contrapiso leves pancadas com uma haste de ferro. Não foi encontrado nenhum som oco, que representa o descolamento da argamassa da laje de concreto. A equipe técnica da obra também relatou quase nenhuma incidência de partes “fofas” no contrapiso, o que evidencia os bons resultados obtidos neste ensaio.

#### 4.4 RETRAÇÃO

Os valores obtidos de retração no dia de desmolde dos corpos de prova cilíndricos estão apresentados na tabela 13 e 14. Não houve retração para idades mais avançadas.

<b>RETRAÇÃO - PAQUÍMETRO</b>			
CORPOS DE PROVA	MOLDE (mm)	DESMOLDE (mm)	Retração (%)
	0 DIA	1º DIA	
A1	100	97,5	0,025
A2	100	98	0,02
A3	100	96,5	0,035
A4	100	97	0,03
A5	100	98	0,02
A6	100	97,8	0,022
A7	100	96,5	0,035
A8	100	97	0,03
A9	100	97,8	0,022
A10	100	97	0,03
<b>Média</b>	<b>100</b>	<b>97,31</b>	<b>0,0269</b>

*Tabela 13* – Valores de retração no desmolde para a Amostra A

<b>RETRAÇÃO - PAQUÍMETRO</b>			
CORPOS DE PROVA	MOLDE (mm)	DESMOLDE (mm)	Retração (%)
	0 DIA	1º DIA	
B1	100	95,5	0,045
B2	100	96	0,04
B3	100	96,2	0,038
B4	100	95,8	0,042
B5	100	97,9	0,021
B6	100	97,8	0,022
B7	100	99,1	0,009
B8	100	96,2	0,038
B9	100	96,1	0,039
B10	100	-	-
<b>Média</b>	<b>100</b>	<b>96,7</b>	<b>0,033</b>

*Tabela 14* – Valores de retração no desmolde para a Amostra B

O valor médio obtido pela amostra A se encontra abaixo da recomendação de Nakakura e Bucher (1997), retração máxima de 0,03% para material sobre qualquer substrato, o que reflete em pouca fissuração ou quase nenhuma fissuração encontrada em vistoria na obra. Para a argamassa da Amostra B o valor médio obtido ficou ligeiramente acima do recomendado de 0,03%, contudo não se encontraram fissuras aparentes.

#### **4.5 MINI SLUMP- ABATIMENTO COM CONE DE KANTRO**

Os ensaios de consistência utilizando o cone de Kantro foram realizados em obra, no momento da execução do contrapiso. Por isso espera-se resultados entre 130 a 140mm de espalhamento, como recomendado por de Nakakura e Bucher (1997).

Os espalhamentos obtidos e as avaliações visuais para as duas amostras são apresentados na Tabela 15 e na Figura 27 e 28. Nota-se que nenhuma das amostras atingiu a marca de 115mm.

ENSAIO CONE DE KANTRO - MINI SLUMP									
Ensaio nº	Espalhamento (mm)			T 115mm	Bordas		Segregação		Observações
	d1	d2	Média		Uniforme	Desuniforme	Com	Sem	
A1	45	45	45	-	x			x	Não houve escoamento
A2	50	50	50	-	x			x	Não houve escoamento
A3	60	55	57,5	-		x		x	Não houve escoamento
B1	95	85	90	-	x			x	A Argamassa não atingiu 115mm
B2	100	95	97,5	-	x			x	A Argamassa não atingiu 115mm
B3	90	95	92,5	-	x			x	A Argamassa não atingiu 115mm

**Tabela 15-** Resultados Amostra A e B para o ensaio de Consistência



**Figura 27** – Visualização da Amostra A após Ensaio de cone de Kantro



**Figura 28** – Visualização da Amostra B após Ensaio de cone de Kantro

O péssimo desempenho da Amostra A revela que a argamassa não se apresenta no estado fluido por não ter apresentado características de escoamento assim como a característica de autonivelamento.

Em relação à Amostra B, nota-se que houve escoamento da argamassa porém o espalhamento apresentado não foi o suficiente para atingir as recomendações de Nakakura e Bucher (1997).

Com relação aos aspectos visuais, pode-se perceber que as bordas se apresentam uniformes, altas e sem indícios de segregação.

## 5 CONCLUSÕES

Embora as argamassas autonivelantes não representem a mais recorrente das soluções adotadas para o contrapiso em João Pessoa, elas apresentam potencial crescimento devido aos resultados positivos obtidos com o grau de satisfação de quem já utilizou esta metodologia.

Este contentamento com o produto se deve aos ganhos de produtividade alcançados e a solução de um problema muito enfrentado nas obras: o transporte vertical. Se aliado ao bom comportamento de suas propriedades físicas e mecânicas o poder de substituição deste tipo de argamassa face à tradicional “farofa” se torna muito maior.

Porém, as argamassas autonivelantes sofrem com a não normatização deste produto, além da falta de especificações e parâmetros de qualidade para a camada de contrapiso. Este, sem dúvidas, foi a principal dificuldade apresentada para a elaboração deste trabalho.

A falta de ensaios específicos para esse tipo de material faz com que se usem normatizações e ensaios adaptados, provocando incertezas e falta de padronização nas metodologias de avaliações. Porém, trabalhos como este fomentam as discussões sobre quais procedimentos devem ser seguidos e considerados, facilitando futuramente a elaboração de uma norma específica.

Dito isso, a partir do programa experimental proposto e das metodologias adotadas, é apresentado na tabela 16 um resumo dos resultados finais alcançados pelas argamassas avaliadas que foram recolhidas do mercado local.

Ensaio	Norma	Idade	Amostra A	Amostra B
Resistência à Compressão (MPa)	NBR 12041/2012	7 dias	14,55	13,98
		28 dias	17,94	12,66
	NBR 13279/1995	7 dias	9,48	11,47
		28 dias	13,39	11,32
Resistência à Tração (MPa)	NBR 12041/2013	7 dias	1,76	1,63
		28 dias	1,74	1,78
	NBR 13279/1996	7 dias	2,8	3,41
		28 dias	4,15	3,93
Resistência de aderência à Tração (MPa)	NBR 15258/2005	> 28 dias	1,77	0,91
Retração (%)	-	1 dia	0,0269	0,033
Mini Slump - Cone de Kantro (mm)	-	-	Não houve escoamento	93,33

**Tabela 16-** Tabela geral dos resultados obtidos em todos os ensaios realizados nesta pesquisa

Ao contrário das hipóteses anteriormente levantadas, de maneira geral as argamassas avaliadas fornecem características mecânicas aceitáveis para a aplicação em contrapisos no estado endurecido, pois apresentam concordância com argamassas estudadas na bibliografia levantada. Apesar de apresentarem valores abaixo das recomendadas por EFNARC (2001) e Nakakura e Bucher (1997) para as propriedades de resistência à compressão e tração, questiona-se a necessidade de valores tão altos visto que o contrapiso não apresenta função estrutural alguma.

O fator crítico se dá na questão das propriedades físicas no estado fresco que requerem mais estudos e aperfeiçoamento.

No caso da Argamassa A, apesar de apresentar melhores resultados de propriedades do estado endurecido, o problema enfrentado para o alcance da fluidez e escoamento adequado para garantir o autonivelamento é evidenciado com o resultado no ensaio de Mini Slump. É importante salientar que não é interessante melhorar estas propriedades sem se atentar à diminuição dos valores de resistências à compressão, tração e de aderência.

## 5.1 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Como fomento ao trabalho científico e continuação do desenvolvimento das argamassas autonivelantes este trabalho sugere para pesquisas futuras:

- estender a matriz experimental e incluir estudos de desempenho recomendados pela norma NBR 15575-3 (ABNT,2013);
- estudar o efeito de diferentes tipos de cura sobre as propriedades de resistência mecânicas das argamassas testadas;
- estender os estudos sobre os traços utilizados e os efeitos de adições, como o pó de pedra por exemplo, sobre as propriedades da argamassa;
- fazer estudo comparativo entre as argamassas comercializadas e as argamassas de “farofa” dosadas em obra.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS. NBR 13528 – **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração**– Método de Ensaio, Rio de Janeiro, ABNT, 2010.

\_\_\_\_ NBR 13279 – **Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão**– Método de Ensaio, Rio de Janeiro, ABNT, 2005

\_\_\_\_ NBR 15258 – **Argamassa para revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência potencial de aderência à tração**– Método de Ensaio, Rio de Janeiro, ABNT, 2005

\_\_\_\_ NBR 12260 –**Execução de piso, com argamassa de alta resistência mecânica** – Procedimento, Rio de Janeiro, ABNT, 2012.

\_\_\_\_ NBR 11801 –**Argamassa de alta resistência mecânica para pisos** – Rio de Janeiro, ABNT, 1993.

\_\_\_\_ NBR 12041 – **Argamassa de alta resistência mecânica para pisos - Determinação da resistência à compressão simples e à tração por compressão diametral**– Método de Ensaio, Rio de Janeiro, ABNT, 2012

\_\_\_\_ NBR 15575 –**Edificações Habitacionais- Desempenho. Parte 3: Requisitos para os sistemas pisos** – Rio de Janeiro, ABNT, 2013

\_\_\_\_ NBR 13753 –**Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante** – Procedimento. Rio de Janeiro, ABNT, 1996

\_\_\_\_ NBR 7222 –**Concreto e Argamassa- Determinação da resistência à Tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos**– Rio de Janeiro, ABNT, 2011.

ASTM- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C1708/C1708M-12**. Standard Test Methods for Self-leveling Mortars Containing Hydraulic cements. 2012

BARROS Mércia Maria S. Bottura de **Recomendações para a produção de contrapisos para edifícios** // Boletim Técnico USP. - São Paulo : [s.n.], 1995.

CARVALHO, H. D. S. **Análise da Retração por Secagem em Argamassas Autonivelantes Utilizando Adições Mineraias Como Substitutos Parciais do Cimento Portland**. Dissertação de Mestrado- Florianópolis: UFSC, 2015.

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, 2001.

ENGLE, Telma. **Contrapiso Argamassa autonivelante**. Técnica – Tecnologia, 2010 Disponível em <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/164/contrapiso-autonivelante-com-prazo-de-execucao-reduzido-e-custos-286771-1.aspx>>. Acesso em 12 de dezembro de 2017.

EY. **Estudo sobre produtividade na construção civil: desafios e tendências no Brasil**. TM. Rio de Janeiro. 20016

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

GOMES, A. O. ; GOLÇALVES, J. P. **Inovações Tecnológicas em canteiro de obras**. X SBTA- Simpósio Brasileiro em Tecnologia de Argamassas. Fortaleza, 2013.

KANTRO, D.L.: **“Influence of water-reducing admixtures ou properties of cement paste - A miniature slump test”**, Cement, Concrete anual Aggregates, vol. 2, no2, 1982, pág. 95-102.

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.

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**. Ed. Ibracon, São Paulo, 2014.

MELO, K. A. **Contribuição à dosagem de concreto auto-adensável com adição de filler calcário**. Florianópolis, 2005. 183p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil - PPGEC –Universidade Federal de Santa Catarina.

NAKAKURA, E. H.; BUCHER, H. R. E. **Pisos Auto-nivelantes. Propriedades e Instalações**. Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, II. Anais... Salvador, 1997.

RUBIN, A. P. **Argamassas autonivelantes industrializadas para contrapiso: análise do desenvolvimento físico-mecânico frente às argamassas dosadas em obra**. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015.

SEABRA, A. M; GOMES, R. D.; GUIMARÃES, J. E. P. **Guia das Argamassas nas construções- Construindo para sempre com Cal Hidratada**. Associação Brasileira dos Produtores de Cal, 8ª Edição, 2004

SILVA, S. H. L. **Desenvolvimento de formulações de argamassas autonivelantes para pisos e avaliação da retração por secagem**. Dissertação de Mestrado. Curitiba: UFPR, 2016.

SOUZA, A. S; FERREIRA, A. Z.; AZEVEDO, B. L. O. **Estudo para o desenvolvimento de argamassa autonivelante para contrapiso.** Trabalho de Final de Curso de Engenharia Civil – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.