



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**MURILO TREVISAN BRESCI JUNIOR
RAFAEL GADELHA BATISTA DOS SANTOS**

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE EXECUÇÃO DE CONTRAPISO
AUTONIVELANTE E TRADICIONAL**

**RECIFE
2017**

MURILO TREVISAN BRESCI JUNIOR
RAFAEL GADELHA BATISTA DOS SANTOS

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE EXECUÇÃO DE CONTRAPISO
AUTONIVELANTE E TRADICIONAL**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Ms. Tibério Wanderley Correia de Andrade.

RECIFE

2017

Catálogo na fonte
Bibliotecária Valdicéa Alves, CRB-4 / 1260

B842a Bresci Junior, Murilo Trevisan; Santos, Rafael Gadelha Batista dos.
Análise comparativa entre execução de contrapiso autonivelante e tradicional / Murilo Trevisan Bresci Junior; Rafael Gadelha Batista dos Santos. – 2017.
53 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Msc. Tibério Wanderley Correia de Oliveira Andrade
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Graduação em Engenharia Civil, 2017.
Inclui Referências e Anexos.

1. Contrapiso autonivelante. 2. Argamassa. 3. Desempenho técnico. 4. Custo-benefício. I. Santos, Rafael Gadelha Batista dos. II. Andrade, Tibério Wanderley Correia de Oliveira (Orientador). III. Título.

UFPE

551 CDD (22. ed.)

BCTG/2017-418



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ATA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PARA CONCESSÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL

CANDIDATO(S): 1 – Murilo Trevisan Bresci Junior
2 – Rafael Gadelha Batista dos Santos

BANCA EXAMINADORA:

Orientador: Tibério Wanderley Correia de Andrade

Examinador 1: Rubens Alves Dantas

Examinador 2: João Ribeiro de Carvalho

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE EXECUÇÃO DE CONTRAPISO AUTONIVELANTE E TRADICIONAL

LOCAL: CTG – UFPE, Sala 107.

DATA: ___/___/___ **HORÁRIO DE INÍCIO:** _____.

Em sessão pública, após exposição de cerca de 30 minutos, o(s) candidato(s) foi (foram) arguido(s) oralmente pelos membros da banca com NOTA: _____(deixar 'Exame Final', quando for o caso).

1) () aprovado(s) (nota > = 7,0), pois foi demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema da monografia e o texto do trabalho aceito.

As revisões observadas pela banca examinadora deverão ser corrigidas e verificadas pelo orientador no prazo máximo de 30 dias (o verso da folha da ata poderá ser utilizado para pontuar revisões).

O trabalho com nota no seguinte intervalo, **3,0 = < nota < 7,0**, será reapresentado, gerando-se uma nota ata; sendo o trabalho aprovado na reapresentação, o aluno será considerado **aprovado com exame final**.

2) () reprovado(s). (nota <3,0)

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da banca e pelo(s) candidato(s).

Recife, 14 de Dezembro de 2017

Orientador:

Avaliador 1:

Avaliador 2:

Candidato 1:

Candidato 2:

A Deus, que possibilita todas as outras coisas.

AGRADECIMENTOS

Queremos agradecer, em primeiro lugar, a Deus, pela força e coragem durante toda essa caminhada ao longo do curso.

Aos nossos pais, familiares que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que chegássemos até esta etapa de nossas vidas.

Nossos agradecimentos aos amigos, companheiros de trabalhos e irmãos na amizade que fizeram parte da nossa formação e que vão continuar presentes em nossa vida com certeza.

Ao nosso orientador Tibério Andrade que aceitou este desafio e acreditou no sucesso deste projeto, por sua vontade e incentivo, dando todo suporte necessário.

A Tecomat Engenharia e ao Grupo Locmix – Hnível por contribuírem com materiais para a pesquisa.

Sinceros agradecimentos a todos aqueles que de alguma forma doaram um pouco de si para que a conclusão deste trabalho se tornasse possível.

RESUMO

O presente trabalho visa analisar o comportamento em uso do contrapiso autonivelante, e compará-lo com métodos tradicionais de execução com argamassa apiloada, mais conhecida como “farofada”, e o contrapiso com argamassa estabilizada. O trabalho foi dividido em duas etapas: a primeira etapa corresponde ao comparativo das técnicas de execução com objetivo de mensurar tempo e orçamento necessários para um resultado com o melhor custo-benefício em cada caso. A segunda etapa do trabalho tem o objetivo de analisar o desempenho técnico através de ensaios capazes de avaliar as características do contrapiso, apresentando os resultados e mostrando que o produto atende as expectativas e satisfaz as necessidades atuais de alta produtividade e baixa mão de obra.

Palavras-chave: Contrapiso autonivelante. Argamassa. Desempenho técnico. Custo-benefício.

ABSTRACT

This work aims to analyze the performance of self-leveling underlayment and compare it to the traditional methods of execution with pounded mortar, also known as “farofada” mortar, and the stabilized mortar underlayment. The work was divided in two stages: the first stage corresponds to the comparison of the execution techniques aiming to measure time and budget needed for the most favorable price-performance ratio, in each case. The second stage of the work has the purpose of analyzing the technical performance through the evaluation of characteristics by testing, presenting results and demonstrating the ability to attend expectations, and to satisfy the current high productivity with reduced labor needs.

Keywords: Self-leveling underlayment. Mortar. Technical performance. Price-performance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Camadas de um piso	16
Figura 2 – Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração.....	19
Figura 3 – Ensaio de espalhamento	19
Figura 4 – Placa base e tronco de cone totalmente nivelado para o <i>Slump Flow Test</i>	22
Figura 5 – Prensa de compressão axial automatizada do fabricante FORNEY.	23
Figura 6 – Juntas de dessolidarização	27
Figura 7 – Nivelamento a laser com o auxílio das niveletas	28
Figura 8 – Acabamento superficial do contrapiso com o auxílio do rodo metálico.....	29
Figura 9 – Cura do contrapiso por molhagem	29
Figura 10 – Slump Flow Test – Argamassa sem aditivo.....	34
Figura 11 – Slump Flow Test – Argamassa com aditivo	34
Figura 12 – Análise visual da argamassa autonivelante no estado fresco.....	35
Figura 13 – Análise visual do contrapiso autonivelante acabado.....	36
Figura 14 – Película superficial formada após a execução do contrapiso.....	36
Figura 15 – Corpos de prova de argamassa autonivelante para contrapiso.....	37
Figura 16 – Tensão de ruptura x Frequência (Contrapiso Tradicional)	38
Figura 17 – Tensão de ruptura x Frequência (Argamassa Estabilizada).....	38
Figura 18 – Tensão de ruptura x Frequência (argamassa autonivelante)	39
Figura 19 – Tensão de ruptura crescente por amostra (argamassa tradicional).....	40
Figura 20 – Tensão de ruptura crescente por amostra (argamassa estabilizada).....	40
Figura 21 – Tensão de ruptura crescente por amostra (argamassa autonivelante).....	41
Figura 22 – Comparativo de tensões de ruptura crescente por amostra	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Limites de resistência de aderência à tração (Ra).....	18
Tabela 2 – Classes de Índice de Estabilidade Visual (IEV)	24
Tabela 3 – Comparativo entre a argamassa dosada em central e a feita em obra	31
Tabela 4 – Classe de espalhamento do CAA em função de sua aplicação.....	33
Tabela 5 – Resultados do ensaio de espalhamento.....	34
Tabela 6 – Resultados do ensaio de compressão axial	37
Tabela 7 – Planilha orçamentária: Comparação dos tipos de execução de contrapiso.....	42
Tabela 8 – Comparativo de produtividade entre os sistemas de execução de contrapiso	43
Tabela 9 – Equipes necessárias para o mesmo tempo de execução	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Justificativa e motivação	13
1.2	Objetivos gerais e específicos	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Materiais	14
2.1.1	Cimento.....	14
2.1.2	Agregado miúdo	14
2.1.3	Aditivos.....	14
2.1.4	Água.....	15
2.2	Argamassa	15
2.2.1	Argamassa convencional	16
2.2.2	Argamassa dosada em central.....	16
2.3	Contrapiso	16
2.3.1	Contrapiso convencional (CPC)	17
2.3.2	Contrapiso autonivelante (CPA).....	17
2.4	Ensaios	17
2.4.1	Ensaio de compressão axial	17
2.4.2	Ensaio da resistência de aderência à tração	18
2.4.3	Ensaio de espalhamento.....	19
3	MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1	Materiais constituintes da argamassa	20
3.1.1	Cimento.....	20
3.1.2	Areia	20
3.1.3	Pó de pedra	20
3.1.4	Aditivos.....	21
3.1.5	Água.....	21
3.2	Metodologia	21
3.2.1	Ensaio de espalhamento.....	21
3.2.2	Ensaio de compressão axial	22

3.2.3	Ensaio de resistência de aderência à tração	23
3.2.4	Análise Visual.....	24
3.2.5	Comparativo entre sistema autonivelante e tradicional.....	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	33
4.1	Ensaio de espalhamento	33
4.2	Análise visual.....	35
4.3	Ensaio de compressão axial.....	37
4.4	Ensaio de resistência de aderência à tração	38
4.5	Análise de viabilidade econômica.....	42
5	CONCLUSÕES.....	45
	REFERÊNCIAS.....	46
	ANEXO I – Ensaio de resistência de aderência à tração (arrancamento) – Argamassa Tradicional	48
	ANEXO II – Ensaio de resistência de aderência à tração (arrancamento) – Argamassa Estabilizada	49
	ANEXO III – Ensaio de resistência de aderência à tração (arrancamento) – Argamassa Autonivelante	50
	ANEXO IV – Planilhas de Composição dos diferentes tipos de argamassa.....	52

1 INTRODUÇÃO

Fundamentada no avanço das tecnologias ao decorrer do tempo, a evolução dos processos construtivos vem sempre buscando métodos de racionalizar usos e minimizar custos de execução de modo a maximizar a eficiência dos procedimentos. Concomitantemente, a procura de melhores condições de trabalho justifica a tentativa de criar métodos alternativos ao uso do trabalho mecânico e braçal do ser humano, de modo a deixar as tarefas menos artesanais.

Apesar de encontrar-se momentaneamente lento e desestimulado, o mercado da construção civil é de grande importância para o desenvolvimento, apresentando fortes necessidades de crescimento, principalmente em países como o Brasil, onde existem déficits de infraestrutura e habitacional. Em tempos de crise, tende-se a economizar para garantir a sobrevivência do período, e em momentos de aquecimento de mercado, busca-se aumentar a produtividade para cumprir demandas.

Dentre as diversas etapas construtivas que se inserem nas obras, encontra-se a execução de contrapiso. Como toda e qualquer etapa construtiva, quando não há um sistema de qualidade definido e nem um controle de qualidade junto à execução, essa etapa pode se tornar consideravelmente onerosa, por conta de eventuais retrabalhos gerando atrasos de cronograma.

O contrapiso ou camada denominada de “regularização” é a interface entre o nível da estrutura bruta de concreto e o nível da superfície acabada, podendo ser caracterizada como uma camada subsistema do piso (Martins, 2009). É válido salientar, também, que a execução do contrapiso ainda é uma etapa construtiva para a qual não se é dada a devida importância, pois não é contemplada com um projeto específico, sendo na maioria das vezes realizada por mão de obra que não possui conhecimento técnico suficiente para analisar as variáveis que influenciam diretamente no processo de produção e execução. (BARROS e SABBATINI, 1991).

As obras e empreendimentos em geral estão sempre em busca de métodos de produção caracterizados pela sua rapidez e eficiência no resultado. A execução de contrapiso em sistema autonivelante (CPA) torna-se uma solução técnica alternativa para substituir o método tradicional, objetivando minimizar inconvenientes e efeitos patológicos recorrentes na construção civil.

O presente trabalho visa apresentar o sistema de execução de contrapiso autonivelante, cujas características englobam muitas das virtudes discorridas anteriormente, sendo sua aplicação em alta produtividade resultante em economia de mão de obra, alta qualidade, durabilidade e obtenção de superfícies sem falhas.

Utiliza-se uma argamassa desenvolvida e dosada especialmente para servir como contrapiso a partir de cimentos e areias de granulometria selecionada com uso de aditivos que lhe conferem propriedades necessárias para ser bombeada e servir de substrato para execução de pisos. Tal argamassa atinge o nível de fluidez que a torna capaz de se autoadensar apenas sob efeito da gravidade, atendendo as múltiplas solicitações de projeto com pouca ou nenhuma necessidade de intervenção humana em seu acabamento.

1.1 Justificativa e motivação

O estudo do tema se justifica pelo seu potencial de inovação e da contribuição técnica na eficiência dos processos, utilizando propriedades conhecidas dos materiais de construção civil de modo mais racional, imprimindo maior rapidez e reprodutibilidade nas construções onde tal método de execução seja adotado.

Adotar o sistema também tem como resultado superfícies de qualidade bastante superior quando comparadas às obtidas através do método tradicional de execução de contrapiso, fato que motiva um estudo mais aprofundado de sua viabilidade para garantir que possa ser adotado em quaisquer dos diferentes padrões de construção

Além disso, a utilização do sistema traz consigo uma maior economia e segurança relativas à menor intervenção humana na etapa construtiva em que é inserido, necessitando de um quantitativo menor de trabalhadores, apesar do maior uso de aditivos. Todos esses fatores demonstram o alto potencial de produtividade advindo da adoção do sistema.

1.2 Objetivos gerais e específicos

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar o sistema de execução de contrapiso autonivelante.

Como objetivos específicos:

- Avaliar através de ensaios laboratoriais o seu comportamento em uso
- Comparar metodologia e resultados com o sistema tradicional.
- Apresentar uma análise de viabilidade econômica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Materiais

A seguir serão definidos os materiais de interesse ao escopo da proposta de estudo.

2.1.1 Cimento

A NBR 5732:1991 define Cimento Portland como “aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. Durante a moagem é permitido adicionar a esta mistura materiais pozolânicos, escórias granuladas de alto-forno e/ou materiais carbonáticos”

De acordo com Gomes, et al.(2009), todos os cimentos do tipo Portland, de acordo com as especificações de normas técnicas locais, podem ser utilizados na produção de concreto autoadensável, CAA, e, da mesma forma, Martins (2009) diz que na confecção da pasta autonivelante não existe um cimento específico a ser utilizado, mas o cimento Portland, por ser facilmente produzido e comercializado no Brasil, geralmente é o mais empregado.

2.1.2 Agregado miúdo

De acordo com a NBR 5732:1991, define-se agregado como um material granular com propriedades adequadas para a preparação de argamassa ou concreto, sendo sua dimensão e distribuição granulométrica fatores de classificação. Para o escopo do presente estudo, atenta-se aos agregados miúdos, sendo definidos pela NBR 7211:2009 como aqueles cujos grãos passam pela peneira de malha 4,75 mm e ficam retidos na peneira de malha 150 µm.

A areia é um agregado miúdo advindo da desintegração de rochas, podendo ser designada areia natural se é proveniente da ação de agentes da natureza, areia artificial quando resultante de processos industriais, areia de reciclagem, ou areia de britagem, quando resultante da fragmentação mecânica de rocha. Quando essa última passa pela peneira de malha 6,3 mm, é designada pó de pedra.

2.1.3 Aditivos

A NBR 11768:2011 define aditivo como produto adicionado durante a preparação do concreto ou argamassa, em quantidade não superior a 5% da massa de material cimentício, visando modificar suas propriedades no estado fresco e/ou endurecido. Tais modificações consistem em alterar propriedades reológicas do concreto ou argamassa, ou seja,

características fluxo e deformação sob aplicação de forças, alterando as reações de hidratação do cimento. Cumpram funções de melhorar a trabalhabilidade, modificar a viscosidade, controle na retenção de água, modificar o tempo de pega, controlar o aumento de resistências mecânicas, atenuar patologias devidas a fissuração térmica, ataque por sulfatos, reação álcali-agregado e corrosão de armadura, entre outras propriedades.

Dentre os diversos tipos de aditivos, tem-se o chamado superplastificante, ou de alta redução de água que, sem alterar a quantidade de água, aumenta consideravelmente o abatimento e a fluidez do concreto, podendo apresentar ou não funções secundárias de retardo de pega.

O aditivo incorporador de ar permite a incorporação de uma quantidade controlada de bolhas de ar uniformemente distribuídas durante o amassamento do concreto, permanecendo essas no material no estado endurecido.

Os chamados aditivos polifuncionais ou multifuncionais são redutores de água, que permitem dosagens superiores aos plastificantes convencionais, conferindo maior trabalhabilidade e/ou redução de água.

2.1.4 Água

A água é de extrema importância para os processos de hidratação e aglutinação dos materiais constituintes da argamassa, assim como para garantir a consistência necessária para sua devida aplicação. Por necessitar de uma trabalhabilidade bastante elevada, a argamassa autonivelante requer uma quantidade superior de água, que em excesso reduziria sua resistência. Para evitar tal problema, recorre-se ao uso de aditivos que diminuem a necessidade de água para uma mesma fluidez, mantendo a resistência. Deve-se atentar também à falta de água tanto na composição da argamassa como na cura, fato que pode levar ao aparecimento de fendas, devido à perda da referida para o substrato.

2.2 Argamassa

Argamassas são definidas como materiais de construção, com propriedades de aderência e endurecimento obtidos a partir da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo e água, podendo conter ainda aditivos e adições minerais (CARASEK, 2010).

2.2.1 Argamassa convencional

O sistema tradicional de preparação de argamassa consiste na mistura mecânica in loco dos materiais constituintes em determinada sequência, sendo o traço definido em fase de projeto e o processo de fabricação empírico. Existe a necessidade de áreas reservadas para estoque dos materiais constituintes da argamassa.

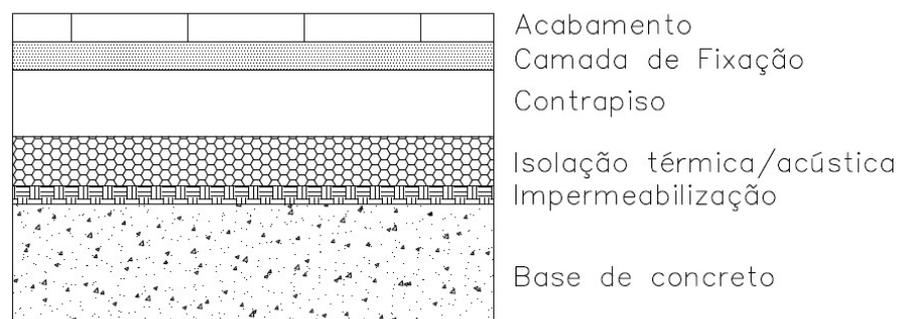
2.2.2 Argamassa dosada em central

Argamassas provenientes de centrais dosadoras são fornecidas em caminhões-betoneira já prontas para a aplicação. Devido ao fato de esse tipo de argamassa apresentar um curto período para aplicação, mesmo quando aditivadas, deve-se prever quantidades adequadas a serem recebidas em obra durante a execução dos serviços previstos. Por esse motivo, o sistema é recomendado apenas quando se necessita da aplicação de grandes quantidades de argamassa em um pequeno intervalo de tempo, como por exemplo, contrapisos de grandes extensões. Esse sistema de fornecimento elimina a necessidade da existência de centrais de preparo e de área reservada para estocagem de materiais na obra.

2.3 Contrapiso

A NBR 1343:1990 define contrapiso como uma camada de correção, constituída de argamassa de cimento e areia cuja função é de regularizar imperfeições de nivelamento da base de concreto onde será assentado piso, mostrada na Figura 1. Tem como objetivo o amortecimento das tensões internas existentes entre base de concreto e piso, a fim de reduzir, entre outros, os efeitos de retração.

Figura 1 – Camadas de um piso



Fonte: Elaborada pelo autor

2.3.1 Contrapiso convencional (CPC)

O método convencional de execução de contrapiso é normalmente feito com argamassa seca popularmente conhecida por argamassa "farofada", energicamente apiloada contra a base. Tem espessura que pode variar em função do tipo de contrapiso, dos desníveis finais pretendidos para o piso, a exemplo de áreas molhadas e do nivelamento da laje, na qual se assenta o contrapiso. (CICHINELLI, 2009).

Os cuidados com a base ou substrato de aplicação são de extrema importância para a qualidade final do produto. O substrato ou base do contrapiso deve estar livre de resíduos; ter superfície coesa, livre de fissuras, rachaduras e/ou desníveis acentuados; não apresentar partes soltas; ter a superfície nivelada, a ser conferida com mangueira de nível e régua. (NAKAKURA et al., 1997)

2.3.2 Contrapiso autonivelante (CPA)

O sistema de execução de contrapiso autonivelante surgiu e se fez relevante no cenário da construção civil brasileiro em um contexto de aceleração de cronogramas para cumprir demandas em ritmo crescente. O desenvolvimento da tecnologia teve como referência modelos já existentes na Europa, sendo adaptado à realidade brasileira. Utiliza-se uma argamassa dosada em central, que consiste em agregado miúdo – areia e opcionalmente outro fino como pó de pedra, cimento e aditivos para aumentar a plasticidade da mistura, garantir a fluidez e permitir o autonivelamento, ou seja nivelar-se apenas pela ação da gravidade. Destaca-se pela alta produtividade, necessidade de mão de obra reduzida para um mesmo serviço no sistema convencional, e pela redução no transporte vertical nas obras, que geralmente é feito por elevador cremalheira, sendo esta última uma das causas que motivou o desenvolvimento dessa nova tecnologia. (EGLE, 2010)

2.4 Ensaaios

Para avaliar as características resistivas, de composição e de controle de qualidade dos contrapisos, geralmente são realizados os ensaios de compressão axial, aderência e espalhamento.

2.4.1 Ensaio de compressão axial

Corpos de prova de dimensões 10 x 20 cm extraídos conforme a NBR 7680:2015 e moldados conforme a NBR 5738:2008 são ensaiados à compressão conforme a NBR

5739:2007. Os corpos de prova são enviados a laboratórios onde são armazenados em câmara úmida para o processo de cura, atingindo sua resistência característica aos 28 dias. Após esse período, é feito o nivelamento das superfícies, para ser colocado entre os pratos de compressão no equipamento onde o corpo de prova é rompido. A máquina aplica uma força de compressão que aumenta gradativamente sobre o corpo de prova até a ruptura, sendo a força exercida nesse momento dividida pela área de sua face superior, obtendo uma medida de força por área expressa em megapascal – MPa.

2.4.2 Ensaio da resistência de aderência à tração

Também chamado de ensaio de arranchamento, o ensaio de resistência de aderência à tração é feito segundo a NBR 13528:2010. A aderência é a propriedade do revestimento de resistir às tensões atuantes na interface com o substrato e a resistência de aderência à tração é a tensão máxima suportada por uma área limitada de revestimento na interface de avaliação, quando submetida a um esforço normal de tração.

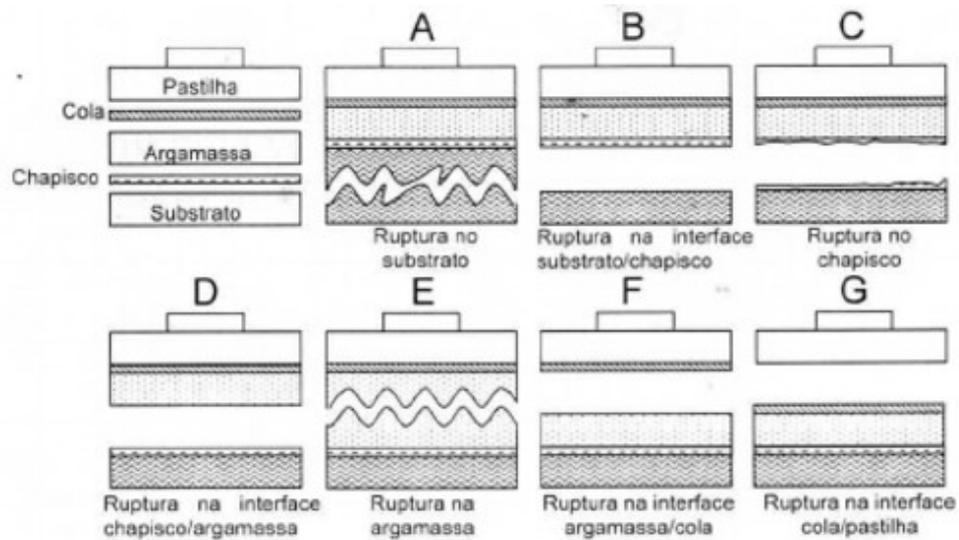
Para realizar o ensaio procede-se fazendo furos para retirada de 12 corpos de prova distribuídos de forma aleatória, incluindo juntas e blocos. Realiza-se então a limpeza da superfície dos corpos de prova e sobre cada furo é colada uma pastilha. Na pastilha será acoplado equipamento de tração designado dinamômetro de tração. As pastilhas então são arrancadas por tal dispositivo, que permite leitura da carga aplicada. Com esse dado, é possível calcular a resistência de aderência à tração (R_a) de cada corpo de prova em MPa e também a forma de ruptura de cada um deles, como ilustra a Figura 2. Para aceitação, pelo menos quatro valores devem ser iguais ou superiores aos indicados na Tabela 1, de acordo com a NBR 5738:2008.

Tabela 1 – Limites de resistência de aderência à tração (R_a)

Local	Acabamento	R_a	
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,2$
		Cerâmica ou laminado	$\geq 0,3$
	Externa	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,3$
		Cerâmica	$\geq 0,3$
Teto		$\geq 0,2$	

Fonte: ABNT

Figura 2 – Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração



Fonte: ABNT

2.4.3 Ensaio de espalhamento

Também denominado *slump flow test*, é feito segundo a norma europeia EFNARC 2002, devido à ausência de material normativo por métodos brasileiros no que tange avaliação do tempo de fluxo e consistência das argamassas autonivelantes. O procedimento para realização é semelhante ao *slump test* do concreto conforme a Figura 3, porém em vez de distância vertical, será medido o diâmetro resultante do espalhamento da argamassa fluida.

Figura 3 – Ensaio de espalhamento



Fonte: Site Núcleo de Referência Parede de Concreto

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais e métodos adotados para o alcance dos objetivos são estabelecidos em duas etapas: sendo a primeira a definição dos materiais empregados para argamassa autonivelante, ensaios de caracterização da argamassa no estado fresco e ensaios de caracterização da argamassa no estado endurecido e a segunda, a análise comparativa em relação ao contrapiso convencional. Em cada um desses tópicos é feita a descrição da metodologia levando em consideração as dificuldades encontradas nos ensaios. Com isso, os ensaios escolhidos para cada etapa são justificados pelo tempo e recursos disponibilizados.

3.1 Materiais constituintes da argamassa

Antes de tudo, é válido ressaltar que para produzir o contrapiso autonivelante é necessário um conjunto de materiais, que são: cimento, água, areia, pó de pedra e aditivos específicos.

3.1.1 Cimento

O cimento utilizado para o traço da argamassa autonivelante foi CII-F-32, em que suas propriedades são caracterizadas por atender desde estruturas de concreto armado até argamassa de assentamento e revestimento.

3.1.2 Areia

Na confecção da argamassa para contrapiso autonivelante, utilizou areia natural da Região Metropolitana do Recife (RMR) – PE e da Região Metropolitana de Salvador – BA como agregado miúdo, caracterizado pela NBR 7211:2009 – Agregados para concreto.

3.1.3 Pó de pedra

O pó de pedra utilizado para o traço da argamassa autonivelante é proveniente da Região Metropolitana do Recife – PE e da Região Metropolitana de Salvador – BA. Tal material foi considerado um agregado miúdo por se tratar de um material com pequena granulometria, estabelecido pela NBR 7211: 2009 – Agregados para concreto, que classifica como agregado miúdo, materiais cujos grãos passam pela peneira ABNT 4,8mm e ficam retidas na peneira ABNT 0,075mm.

3.1.4 Aditivos

Foram usados três aditivos: hiperplastificante, incorporador de ar e polifuncional. O hiperplastificante além de aumentar as características mecânicas da argamassa, aumentará a fluidez, conseqüentemente proporcionando uma maior bombeabilidade. Já os incorporadores de ar promovem proteção à corrosão e formação de microporos, melhoram a plasticidade e trabalhabilidade e diminuem a tendência de segregação. Por fim, o aditivo polifuncional, que é um aditivo químico redutor de água/plastificante, permite dosagens superiores aos plastificantes convencionais, conferindo maior trabalhabilidade e/ou redução de água.

3.1.5 Água

A água utilizada para confecção do CPA foi a água potável disponibilizada pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) e pela Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA) nas regiões metropolitanas da Bahia e de Pernambuco.

3.2 Metodologia

A metodologia para o estudo da execução de contrapiso no sistema autonivelante é feita em duas etapas: caracterização da argamassa nos estados fresco e endurecido, e análise de viabilidade econômica. Para a caracterização no estado fresco são realizados ensaios de espalhamento e consistência a fim de obter informações importantes como fluidez, qualidade da argamassa, entre outras propriedades que auxiliam a conferência das características da sua composição. Já a caracterização da argamassa no estado endurecido dará informações sobre seu comportamento em uso, mostrando se atende aos esforços solicitantes. Por fim, será feita uma análise comparativa em relação ao contrapiso convencional (CPC) em função de fatores econômicos e de controle de qualidade.

3.2.1 Ensaio de espalhamento

O ensaio utilizado para medição da consistência foi o ensaio de espalhamento, ou *slump flow test* – SFT, utilizando a mesma instrumentação e tendo finalidade semelhante ao *slump test* do concreto, ou seja, medir a fluidez da argamassa quando exposta a forças exteriores. Tal ensaio, é composto por uma base e um tronco de cone que não provocam mudanças no estado fresco da argamassa, ou seja, não absorvem água e nem provocam atrito na interface argamassa e os instrumentos.

De acordo com a NBR 15823:2010 – Concreto auto-adensável, para a realização do ensaio, é necessário colocar a placa base sobre um chão totalmente nivelado e firme, colocando sobre essa base o tronco de cone de Abrams, pressionando de tal forma que não tenha frechas entre o tronco de cone e a placa base para evitar a fuga de argamassa no momento da sua colocação, conforme a Figura 4.

Figura 4 – Placa base e tronco de cone totalmente nivelado para o *Slump Flow Test*



Fonte: Registrada pelo autor.

Após isso, retira-se verticalmente o tronco de cone, permitindo que a argamassa flua livremente por um determinado instante para que posteriormente haja a medição do espalhamento da argamassa em duas direções perpendiculares. A média das medições obtidas será o valor do SFT. Outro ponto importante, é a observação da existência ou não de segregação, pois a argamassa autonivelante devidamente dosada, não deve apresentar segregação, que se por ventura observada será necessário investigar o motivo da ocorrência.

3.2.2 Ensaio de compressão axial

O controle de qualidade de concretos e argamassas no estado endurecido, tem como principal indicador a resistência à compressão axial, pois os resultados obtidos a partir deste ensaio, tornam possível caracterizar a qualidade do traço. No entanto, a resistência característica traz consigo fatores que podem tornar os resultados obtidos desprezados, pois é necessário que haja o manuseio correto dos corpos de prova, seguindo todas as normas

técnicas desde a moldagem dos corpos de prova, capeamento, processo de cura até a utilização correta da prensa.

Para a realização deste ensaio, foi utilizada a prensa de compressão axial automatizada do fabricante FORNEY ilustrada na Figura 5 com retorno de pistão. A prensa tem a finalidade de romper o corpo de prova com dimensões de 10 x 20 cm de idades variáveis para a obtenção da resistência característica de ruptura, e também de obter o tipo de ruptura, para a sua caracterização geométrica.

Figura 5 – Prensa de compressão axial automatizada do fabricante FORNEY.



Fonte: Registrada pelo autor.

3.2.3 Ensaio de resistência de aderência à tração

O ensaio de resistência de aderência à tração é importante para verificar a interação entre as camadas constituintes do revestimento (base, camada de ligação, revestimento), determinando o valor da tensão de aderência máxima que o revestimento suporta, assim como qual a interface do revestimento que apresenta menor resistência às tensões atuantes no revestimento.

O ensaio utilizado que é previsto na NBR 13.528:2010 – Revestimentos de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas – Determinação da Resistência de Aderência à Tração se destina a medir se o piso funcionará adequadamente como um sistema, dado que esta camada

também é incorporada à capacidade da laje ou base e, com isso, deve ficar monoliticamente unida a ela. O método de ensaio é semelhante ao utilizado no teste de argamassas de revestimentos de paredes e tetos e de placas cerâmicas em pisos ou azulejos em paredes, em que a resistência de aderência à tração deve ser igual ou maior a 0.30 MPa em no mínimo 4 amostras.

3.2.4 Análise Visual

A análise visual da superfície de acabamento do contrapiso autonivelante é um indicador muito importante, mas que não possui interferência ao seu desempenho técnico. Nessa perspectiva, tal análise tem como objetivo avaliar a presença ou não de segregação dos materiais constituintes da argamassa e a homogeneidade do contrapiso já acabado ainda no estado fresco, já em relação ao contrapiso executado e endurecido pode-se avaliar sua planicidade e a presença ou não de fissuras, outro ponto que também pode ser avaliado é a espessura da película de exsudação. Portanto, é de extrema importância a identificação dos itens citados acima, pois estão relacionados a processos durante e após a execução do contrapiso.

Para obter conclusões visualmente, foi utilizado um ensaio que determina o Índice de Estabilidade Visual de acordo com NBR 15823:2010, que para a equipe técnica operacional é de extrema importância, pois através dele é possível identificar de forma ágil qualquer anormalidade da argamassa antes do seu lançamento, logo após o ensaio de espalhamento, evitando possíveis ocorrências durante e após a execução do contrapiso. Esta análise visual, determina de forma simplificada a segregação da argamassa, que é a separação dos materiais constituintes da argamassa. Com isso foi utilizada a Tabela 2, que apresenta resultados de acordo com cada critério para avaliar qualitativamente a estabilidade da argamassa.

Tabela 2 – Classes de Índice de Estabilidade Visual (IEV)

Classes de índice de estabilidade visual (IEV)	
CLASSE	IEV
IEV 0 (Altamente estável)	Sem evidência de segregação ou exsudação
IEV 1 (Estável)	Sem evidência de segregação ou leve exsudação
IEV 2 (Instável)	Uma pequena auréola de argamassa ($\leq 10\text{mm}$) e/ou empilhamento de agregados no centro do concreto

Classes de índice de estabilidade visual (IEV)	
CLASSE	IEV
IEV 3 (Altamente instável)	Segregação claramente evidenciada pela concentração de agregados no centro do concreto ou pela dispersão de argamassa nas extremidades.

Fonte: ABNT, NBR 15823:2010

3.2.5 Comparativo entre sistema autonivelante e tradicional

Enquanto no sistema convencional o contrapiso normalmente é feito com argamassa seca do tipo farofa, que precisa ser espalhada, compactada com auxílio de soquete, e sarrafeada com régua, no sistema autonivelante, como se trata de um material fluido, o desnível é preenchido pela argamassa se ajustando naturalmente à área, acarretando numa economia de material. Nesse sentido, diminui-se a necessidade de esforços físicos ou grande capacitação técnica da mão de obra.

Para essa análise, a metodologia adotada foi realizar um levantamento comparativo de todas as atividades presentes em cada método de execução, mostrando as suas vantagens e desvantagens.

Antes de tudo, é válido ressaltar a importância dos cuidados com o substrato de aplicação, pois independente do sistema a ser adotado para execução, os processos citados posteriormente são de extrema importância não só para garantir a perfeita aderência do contrapiso ao substrato, mas também a qualidade e o seu pleno uso. Nessa perspectiva, chama-se atenção para os seguintes cuidados:

- **Limpeza:** o substrato de aplicação deverá estar totalmente limpo, varrido, sem incrustações ou restos de outras argamassas, gessos, tinta ou outros materiais similares e isento de material pulverulento;
- **Saturação:** o substrato onde será aplicado o contrapiso terá de ser lavado e saturado 24h antes do dia da execução;
- **Fechamento:** o substrato de aplicação não deve conter fissuras ou rachaduras;
- **Porosidade:** é necessária avaliação da superfície de aplicação, pois em casos de superfícies muito lisas, deverá fazer um tratamento de apicoamento ou ponte de aderência.
- **Possuir referencial de nivelamento,** como por exemplo indicação do ponto de saída dado pela obra ou utilização de mestras.

- Em casos de contrapiso sobre manta, é necessário seguir o projeto de contrapiso seguindo as recomendações da manta como espessura mínima e posicionamento de armações e juntas de movimentação, caso solicitado pelo fabricante da manta.

Cichinelli (2009) descreve de maneira detalhada o método de execução do contrapiso convencional. De acordo com a autora, após seguir todas as recomendações de preparação do substrato de aplicação, 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. Depois disso, com o auxílio de uma trena, marca-se a altura do contrapiso e sobre a superfície limpa e já saturada, caso haja necessidade, polvilha-se cimento sobre o substrato de aplicação do contrapiso e com a ajuda de um vassourão, escova-se a superfície do substrato, esse procedimento serve de ponte de aderência entre a laje e o contrapiso.

Após essas etapas, aplica-se pontualmente a argamassa sobre a superfície e depois de nivelar a argamassa, colocam-se as mestras interligadas por um fio e com o auxílio da trena, prevendo o caimento no sentido dos ralos conforme o projeto da obra e confere-se a altura do nível do contrapiso. Depois de efetuar toda a verificação das mestras, aplica-se a argamassa “farofada” do contrapiso ao longo de toda extensão do substrato e com o auxílio de pás e enxadas realiza-se o espalhamento.

A argamassa “farofada” deve ser compactada ou apiloada com um soquete de madeira, fazendo com que esse processo nivele a argamassa ao nível pré-estabelecido pelas mestras com o auxílio do fio que as interliga. Após a compactação da argamassa, sarrafeia-se com movimento de “vai e vem” apoiando a régua de alumínio nas mestras para que não haja diferença de nível. Em relação às falhas e pequenos buracos, coloca-se um pouco de argamassa e nivela-se manualmente a superfície até ficar totalmente lisa.

Ao finalizar a etapa de sarrafeamento, realiza-se o desempenamento da argamassa, alisando-a e dando o acabamento no serviço com o auxílio de uma desempenadeira de madeira (ou de alumínio, se necessário).

Por outro lado, a execução do contrapiso com argamassa fluida consiste em uma técnica específica que tem como característica o bombeamento e a aplicação da argamassa no local preparado para recebê-la. A execução do contrapiso em sistema autonivelante necessita de planejamento e programação, tanto da bomba e do fornecimento de argamassa pela central de concreto como da montagem da tubulação para que a execução possa alcançar pavimentos mais altos.

Antes de tudo, é necessário realizar a vistoria do local de aplicação com antecedência, para que além de possibilitar o dimensionamento de argamassa a ser solicitada na central de concreto, permita também verificar se o local de aplicação está adequado para receber a argamassa fluida. Para que ocorra a liberação do local, é necessário que os cuidados citados anteriormente sejam seguidos, mas no caso da utilização da argamassa autonivelante, é necessário a execução de contenções de barramento das áreas molhadas, pois a argamassa autonivelante não possui característica de executar caimentos, e da colocação de juntas de dessolidarização, que ajudam a absorver as movimentações das paredes e contrapisos. Devem ser dimensionadas em função das movimentações previstas para o revestimento e em função da deformabilidade admissível do selante (em geral variam de 5 a 20 mm). As juntas de dessolidarização, como mostradas na Figura 6, devem ter tratamento similar aos das juntas de movimentação. Têm por finalidade absorver as tensões na interface de diferentes elementos do sistema revestimento devido ao comportamento diferencial entre eles. (CICHINELLI, 2014).

Figura 6 – Juntas de dessolidarização



Fonte: Registrada pelo autor

Após ser feita toda etapa de planejamento e liberação do local, a próxima etapa é o recebimento da argamassa na obra, que é feito pelo almoxarife sob supervisão de técnicos especializados para que haja o controle de qualidade. Autorizado o recebimento da argamassa, a equipe técnica de execução adiciona dois aditivos que compatibilizam com os materiais utilizados da argamassa formando uma mistura homogênea, sendo o primeiro o incorporador

de ar e o segundo o hiperplastificante, ambos com proporções pré-estabelecidas de acordo com o traço e quantidade de argamassa solicitada na central de concreto. No entanto, faz-se o ensaio *Slump Flow Test* antes e depois da adição dos aditivos com o objetivo atestar que a argamassa está dentro da especificação recomendada e mostrando também que há o controle tecnológico antes do lançamento da argamassa na obra.

Iniciado o bombeamento da argamassa fluida, a aplicação da argamassa é feita do ponto mais distante do local de saída da tubulação ao ponto mais próximo, pois a medida que distância vai reduzindo, os mangotes que estão sendo utilizados são recolhidos para fora do local de aplicação. No instante que a argamassa é aplicada, espalha-se até o nível adotado nas niveletas, mostradas na Figura 7, e com a argamassa ainda fresca faz-se o adensamento com o auxílio dos batedores, que são rodos metálicos em formato de um “T” com diâmetro de base que varia entre 2,5 cm a 3,0 cm, e em seguida executa-se o acabamento superficial, que é um procedimento fundamental para manter a planicidade do contrapiso, conforme Figura 8. Após a execução, o local executado deve ser isolado para evitar o tráfego de pessoas e cargas em geral.

Figura 7 – Nivelamento a laser com o auxílio das niveletas



Fonte: Registrada pelo autor

Figura 8 – Acabamento superficial do contrapiso com o auxílio do rodo metálico



Fonte: Registrada pelo autor

O processo de cura consiste em molhar o contrapiso, mantendo uma lâmina d'água por no mínimo 72h, em que as primeiras 24h são fundamentais para evitar qualquer patologia como ilustrado na Figura 9.

Figura 9 – Cura do contrapiso por molhagem



Fonte: Registrada pelo autor

Vantagens do método de execução de contrapiso no sistema autonivelante:

- Agilidade na execução (Tempo de execução);
- Qualidade da argamassa;
- Redução de mão de obra;
- Maior aderência do contrapiso ao piso;
- Não interferência no transporte vertical, sem a necessidade da utilização do elevador de carga;

- Redução de resíduos sólidos e de energia elétrica
- Espaço de armazenamento de materiais reduzido, sem necessidade da estocagem de material.

A preparação de argamassa para contrapiso no sistema tradicional consiste na mistura mecânica in loco dos materiais constituintes, sendo o traço estabelecido na obra. Há a necessidade de áreas reservadas para a estocagem dos materiais constituintes da argamassa, que atualmente tornou-se um problema, pois a tendência das obras são espaços de projeções cada vez menores e edificações cada vez maiores.

Já argamassas provenientes de centrais dosadoras são fornecidas em caminhões-betoneira prontas para a aplicação. Devido ao fato de esse tipo de argamassa apresentar um curto período para aplicação, mesmo quando aditivadas, deve-se prever quantidades adequadas a serem recebidas em obra durante a execução dos serviços previstos, fazendo com que haja economia de material. Esse sistema de fornecimento elimina a necessidade da existência de centrais de preparo e de área reservada para estocagem de materiais na obra.

Não obstante, é válido ressaltar a importância do controle tecnológico dos materiais que fazem parte da composição da argamassa. Quando preparada em obra, não é possível estabelecer parâmetros, pois a não valorização da etapa construtiva do contrapiso faz com que a obra não tenha preparação necessária e suficiente para a estocagem do material, geralmente disponibilizando uma área não prevista no gerenciamento de obras e, conseqüentemente, deixando os materiais da argamassa sujeita às intempéries, como por exemplo: modificando a curva granulométrica e teor de umidade dos agregados, também podendo haver contaminação dos materiais por substâncias nocivas a estrutura, acarretando em ocorrências patológicas.

Por outro lado, a argamassa industrializada segue rígidos processos desde sua produção até o momento do lançamento da argamassa na obra de acordo com a NBR 12654:1992 – Controle Tecnológico dos Materiais Componentes do Concreto, que dispõe sobre os ensaios que devem ser efetuados nestes materiais. É praticamente impossível encontrar materiais totalmente isentos de substâncias nocivas. As normas desempenham um papel de fundamental importância, pois apresentam parâmetros que colocam limites de tolerância destes elementos. No caso da compra da argamassa dosada em central, os encargos com os ensaios dos materiais e com as dosagens experimentais já estão implícitos nas responsabilidades da própria concreteira. Isto é, não impede que o comprador faça ensaios paralelos, ou solicite que a concreteira lhe forneça para análise, os resultados dos ensaios que ela fez em seus materiais.

Tomando como base o método de execução de contrapiso tradicional e o contrapiso autonivelante, verifica-se que cada um destes processos tem suas vantagens e desvantagens, desta forma, foram apresentadas as características de planejamento com relação a toda logística para viabilizar a execução de contrapiso na Tabela 3.

Tabela 3 – Comparativo entre a argamassa dosada em central e a feita em obra

ARGAMASSA DE CONTRAPISO		
Item	Dosada em central	Feita em obra
Estocagem	Toda argamassa adquirida é utilizada.	Precisa de um espaço destinado a armazenagem no canteiro de obras.
Planejamento	O fornecimento precisa ser programado com antecedência.	Não depende de entrega programada.
Lançamento	Lançada diretamente na bomba, reduz a interferência no transporte vertical.	A mistura é feita em betoneira e transportada por meio de elevador de obra.
Mão de obra	Responsável apenas pelo espalhamento e nivelamento da argamassa.	Além da aplicação, precisa da mão de obra para o transporte mistura da argamassa.
Controle tecnológico	Melhor controle no preparo, controle e recebimento da argamassa.	Necessária maior atenção para correta dosagem dos materiais e da água.
Ocorrências patológicas	Fácil caracterização da argamassa devido à sua rastreabilidade.	Difícil identificação do traço, tornando a investigação patológica mais onerosa.

Fonte: Elaborada pelo autor

Portanto, fica claro que a argamassa usinada possui rastreabilidade suficiente para que caso haja ocorrência patológica, esta seja facilmente caracterizada, tornando sua resolução menos onerosa e direcionada ao causador da patologia. A avaliação do controle de qualidade da argamassa autonivelante em relação a argamassa convencional produzida no canteiro de obra é de grande importância, pois falhas relativas tanto no recebimento da argamassa usinada nos canteiros de obra, quanto na estocagem dos materiais e produção da argamassa convencional podem acarretar em prejuízos significativos.

Para a análise de viabilidade econômica dos custos de execução de cada tipo de contrapiso, foi consultada a tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da

Construção Civil, SINAPI/PE, da Caixa Econômica Federal, que fornece preços estimados de mercado que são amplamente utilizados em orçamentos e licitações de obras públicas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir serão apresentados os resultados obtidos em cada etapa do trabalho proposto, com base nos ensaios e nos métodos de levantamento comparativo.

4.1 Ensaio de espalhamento

Para análise da fluidez da argamassa autonivelante, foi utilizada a norma NBR 15823:2010, que indica parâmetros de acordo com a Tabela 4, que define e estabelece limites para as classes de autoadensabilidade através do ensaio de espalhamento.

Tabela 4 – Classe de espalhamento do CAA em função de sua aplicação

CLASSE DE ESPALHAMENTO	ESPALHAMENTO	APLICAÇÃO	EXEMPLO
SF 1	550 a 650	Estruturas não armadas ou com baixa taxa de armadura e embutidos, cuja concretagem é realizada a partir do ponto mais alto, com deslocamento livre. Estruturas que requerem uma curta distância de espalhamento horizontal do concreto auto adensável.	Lajes, estacas e certas fundações profundas
SF 2	660 a 750	Adequada para maioria das aplicações correntes	Paredes, vigas, pilares e outras
SF 3	760 a 850	Estruturas com alta densidade de armadura e/ou de forma arquitetônica complexa, com o uso de concreto com agregado graúdo de pequenas dimensões (menor que 12,5 mm)	Pilares-parede, parede-diafragma e pilares

Fonte: ABNT, NBR 15823:2010

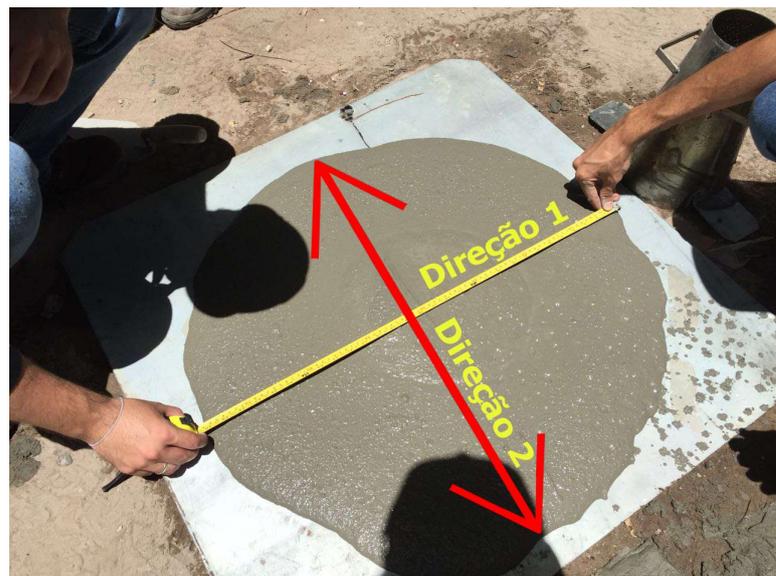
Os ensaios de espalhamento foram realizados seguindo todos as recomendações da NBR 15823:2010 com relação ao controle no recebimento da argamassa. A seguir, ilustra-se na Figura 10 e na Figura 11 a realização do ensaio de espalhamento. Foram feitos três ensaios com argamassa antes e depois da adição dos aditivos visando atestar que a argamassa está dentro da especificação recomendada.

Figura 10 – *Slump Flow Test* – Argamassa sem aditivo



Fonte: Registrada pelo autor.

Figura 11 – *Slump Flow Test* – Argamassa com aditivo



Fonte: Registrada pelo autor.

Tabela 5 – Resultados do ensaio de espalhamento

Ensaio	Sem aditivos			Com aditivos		
	A (mm)	B (mm)	C (mm)	A (mm)	B (mm)	C (mm)
Direção 1	460	450	465	780	770	770
Direção 2	430	440	435	780	780	755
Média	445	445	450	780	775	762.5

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.2 Análise visual

Conforme a metodologia descrita para a análise visual, após o ensaio *Slump Flow Test*, foi possível observar o Índice de Estabilidade Visual (IEV) da argamassa autonivelante conforme a Figura 12.

Figura 12 – Análise visual da argamassa autonivelante no estado fresco



Fonte: Registrada pelo autor.

Observa-se que visualmente a argamassa não sofreu nenhum tipo de segregação dos seus materiais constituintes, sendo ela classificada de acordo com a Tabela 2 como altamente estável, ou seja, sem evidência de segregação ou exsudação. É de extrema importância essa avaliação antes do bombeamento da argamassa, pois a segregação, além de causar possíveis obstruções na tubulação, pode também causar graves patologias no contrapiso.

Outro ponto a ser avaliado é o contrapiso já acabado conforme a Figura 13, porém ainda no estado fresco. Após um determinado tempo de aplicação e adensamento, pode ocorrer o surgimento de água em sua superfície, caracterizando que a argamassa sofreu o efeito da exsudação.

Figura 13 – Análise visual do contrapiso autonivelante acabado



Fonte: Registrada pelo autor.

Essa avaliação do contrapiso já acabado e adensado é imprescindível, pois irá determinar a espessura da camada superficial que inevitavelmente irá surgir após seu endurecimento devido a exsudação, mostrada na Figura 14. No entanto, é válido ressaltar que essa exsudação deverá ser reduzida ao mínimo possível, pois, caso contrário, poderão surgir possíveis problemas de nivelamento, devidos a rebaixamentos pontuais do nível da argamassa fresca já adensada devido ao peso próprio da camada de exsudação, e também possíveis patologias de aderência à argamassa colante, pois esta película formada não possui resistência para receber assentamento cerâmico ou qualquer outro tipo de piso que será assentado posteriormente.

Figura 14 – Película superficial formada após a execução do contrapiso



Fonte: Registrada pelo autor.

Na Figura 14, nota-se que há a formação da película superficial, no entanto, é possível observar que essa película não está aderida ao contrapiso, pois apresenta uma espessura muito pequena e não apresenta nenhum tipo resistência, sendo ela carregada pela ação do vento ou desgastada pelo tráfego leve de pessoas. Nesse contexto, recomenda-se a retirada dessa camada em toda sua totalidade por meio de varrição leve após o processo de cura, fazendo com que o contrapiso esteja totalmente pronto para o assentamento cerâmico.

4.3 Ensaio de compressão axial

Os resultados obtidos a partir dos ensaios de resistência à compressão axial não podem ser considerados conclusivos como ferramenta de comparação, pois não foi possível a realização de ensaios de compressão com outros tipos de argamassa por não ser um tipo de ensaio usual para contrapiso. No entanto, foi registrada a partir de corpos de provas moldados, tais como ilustrados na Figura 15, a magnitude dos resultados obtidos nos ensaios de compressão da argamassa autonivelante para contrapiso na Tabela 6.

Figura 15 – Corpos de prova de argamassa autonivelante para contrapiso



Fonte: Registrada pelo autor.

Tabela 6 – Resultados do ensaio de compressão axial

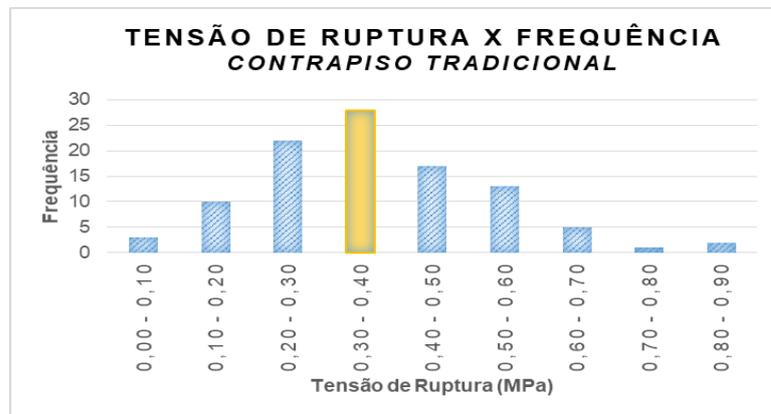
Ensaio (28 dias)	Obra			
	A (MPa)	B (MPa)	C (MPa)	D (MPa)
Corpo de Prova 1	10,32	10,21	9,72	12,11
Corpo de Prova 2	9,63	11,36	10,12	11,02

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.4 Ensaio de resistência de aderência à tração

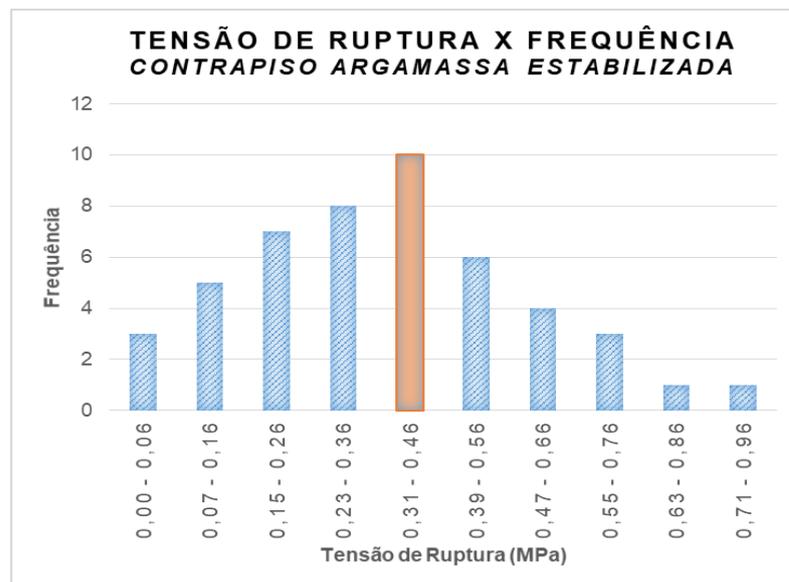
Para avaliar a resistência de aderência à tração foram utilizadas 102 amostras de contrapiso com argamassa tradicional, 48 com argamassa estabilizada e 134 com argamassa autonivelante, coletadas em obras localizadas nos estados de Pernambuco e Bahia. Os resultados dos ensaios estão disponíveis no ANEXO I, ANEXO II e ANEXO III. Para cada tipo de argamassa, foi confeccionado um gráfico de distribuição das resistências das amostras, sendo os resultados obtidos ilustrados na Figura 16, Figura 17 e Figura 18.

Figura 16 – Tensão de ruptura x Frequência (Contrapiso Tradicional)



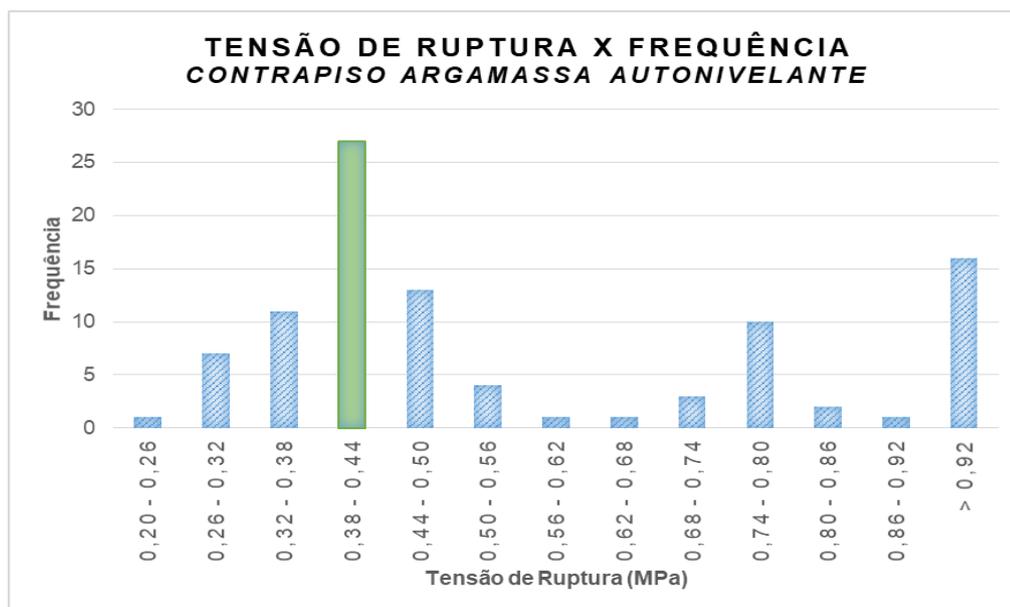
Fonte: Elaborada pelo autor. Dados fornecidos por Tecomat Engenharia Ltda.

Figura 17 – Tensão de ruptura x Frequência (Argamassa Estabilizada)



Fonte: Elaborada pelo autor. Dados fornecidos por Tecomat Engenharia Ltda.

Figura 18 – Tensão de ruptura x Frequência (argamassa autonivelante)



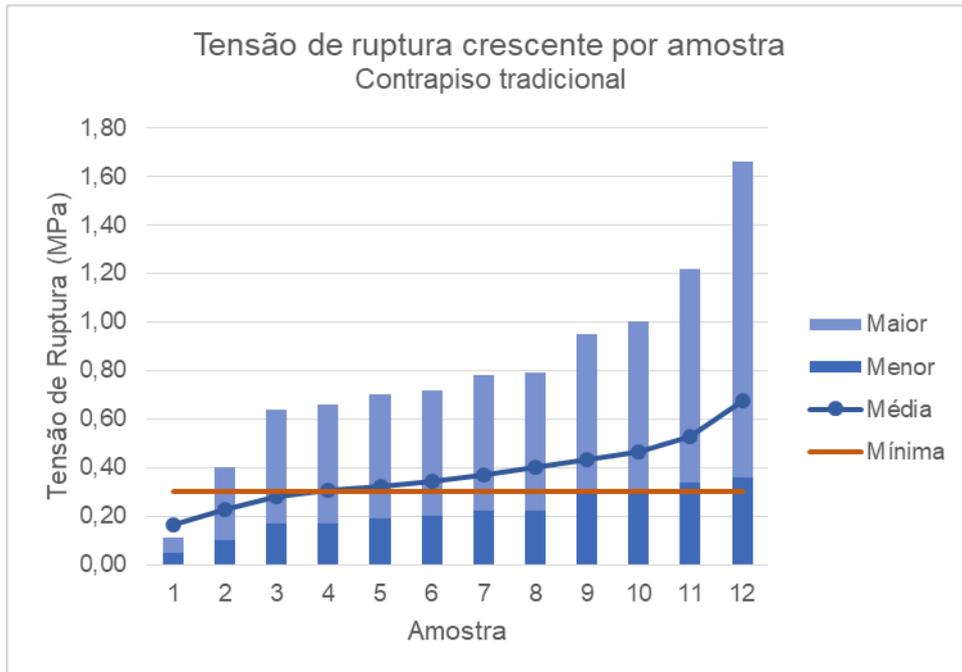
Fonte: Elaborada pelo autor. Dados fornecidos por Tecomat Engenharia Ltda e Grupo Locmix – HNível.

Nota-se que a distribuição de frequências no caso das amostras de contrapiso com argamassa tradicional e estabilizada é similar à distribuição normal, o que se explica pelo alto número de amostras independentes e aleatórias. Apesar disso, a grande variabilidade se justifica pelo fato de que o processo de execução de contrapiso é suscetível a diversas variáveis nas obras, desde a limpeza do substrato até o processo de cura.

Os resultados dos ensaios obtidos no caso do contrapiso autonivelante foram mais distribuídos, com picos de concentração, o que sugere uma alta variabilidade proveniente de peculiaridades das obras, ou seja, da maior necessidade de rigidez nos preparos e cuidados posteriores à sua aplicação em relação aos contrapisos executados pelos métodos anteriores.

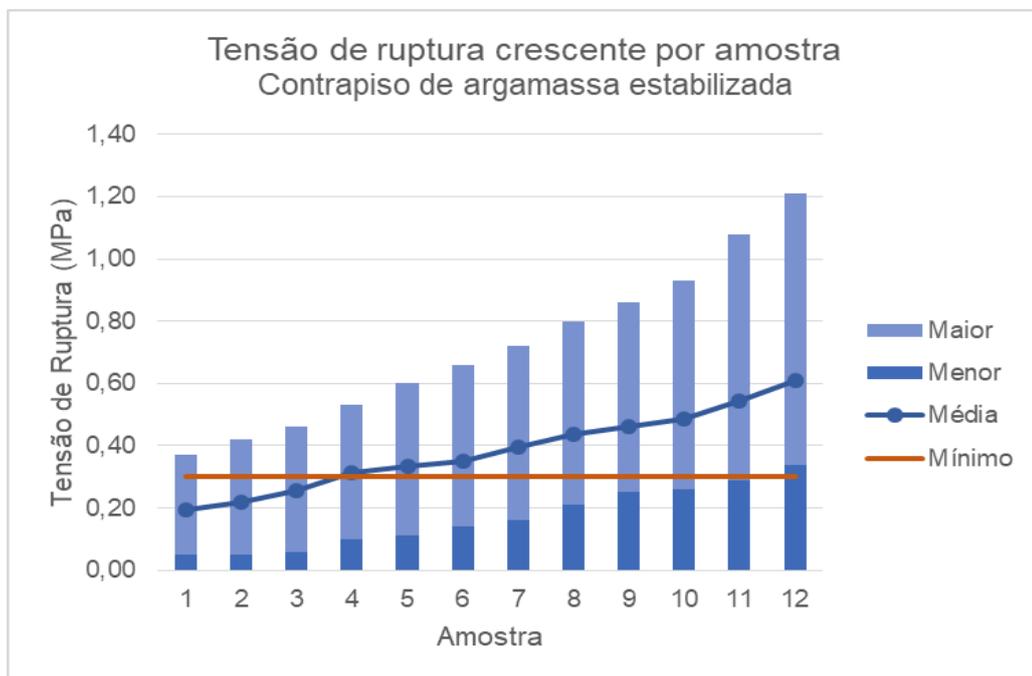
Com a finalidade de obter uma curva média de resistência por ensaio, foi feito um gráfico com as médias das resistências de aderência à tração para cada tipo de argamassa utilizada para contrapiso, em contraste com os ensaios de maior e menor resistência média obtidas e o valor mínimo normatizado de resistência de 0,30 MPa, tal como descrito na Tabela 1. Como parte dos ensaios obtidos possuem uma quantidade de amostras inferior a 12, para permitir a melhor visualização dos resultados em geral, as lacunas presentes foram aproximadas por retas entre valores conhecidos e interpoladas linearmente para padronizar o número de amostras. Tais gráficos podem ser visualizados na Figura 19, Figura 20 e Figura 21.

Figura 19 – Tensão de ruptura crescente por amostra (argamassa tradicional)



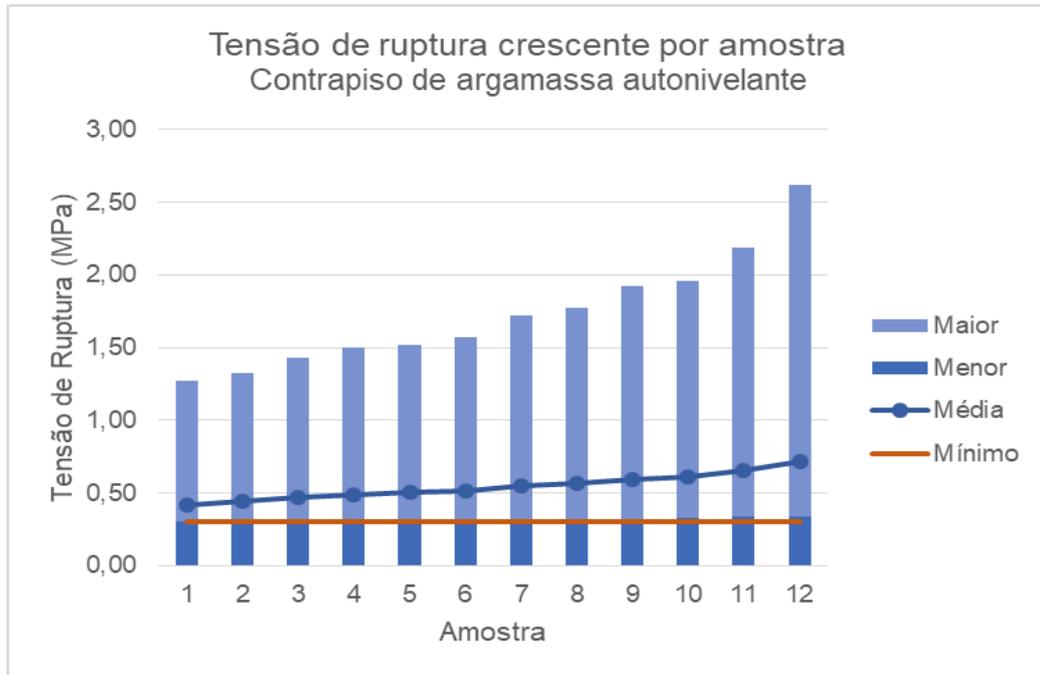
Fonte: Elaborada pelos autores. Dados fornecidos por Tecomat Engenharia Ltda.

Figura 20 – Tensão de ruptura crescente por amostra (argamassa estabilizada)



Fonte: Elaborada pelos autores. Dados fornecidos por Tecomat Engenharia Ltda.

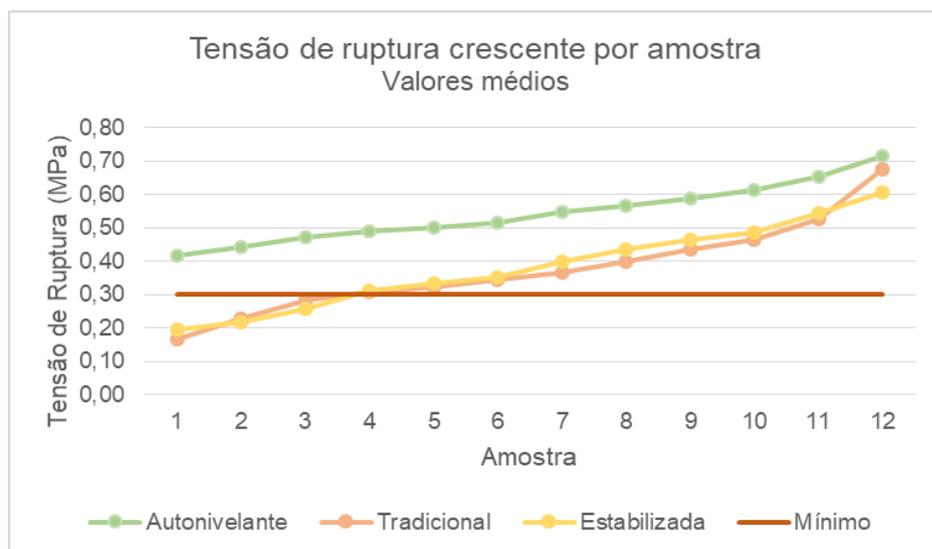
Figura 21 – Tensão de ruptura crescente por amostra (argamassa autonivelante)



Fonte: Elaborada pelos autores. Dados fornecidos por Tecomat Engenharia Ltda e Grupo Locmix - HNível

Para efeito comparativo dos três tipos de argamassa ilustradas nas figuras anteriores, foi confeccionado um gráfico, apresentado na Figura 22, relacionando os valores médios crescentes de resistência de aderência à tração por amostra para cada tipo de argamassa, além do valor mínimo recomendado de 0,30 MPa.

Figura 22 – Comparativo de tensões de ruptura crescente por amostra



Fonte: Elaborada pelos autores. Dados fornecidos por Tecomat Engenharia Ltda.

Percebe-se que os contrapisos de argamassa tradicional e estabilizada avaliados possuem valores de resistência similares, enquanto que os contrapisos autonivelantes ensaiados apresentam resultados superiores, sendo todas as médias superiores ao recomendado pela NBR 5738:2008. Tais resultados são fruto não só do maior controle tecnológico e maior rigidez no processo de preparação para recebimento do contrapiso, mas também da metodologia exigida na pós-execução, inclusive o processo de cura.

4.5 Análise de viabilidade econômica

A análise de viabilidade econômica do sistema autonivelante em relação ao sistema tradicional foi baseada nas planilhas do SINAPI/PE. Foram tomados como referência os valores do mês de Outubro de 2017, e adotadas espessuras médias de 3 e 4 centímetros de contrapiso. Vale ressaltar que o traço de argamassa no sistema de execução tradicional de contrapiso é fixado em 1:4 pelo SINAPI, apesar de que o traço de argamassa convencional pode variar de acordo com as necessidades e padrões adotados por cada obra. Os valores obtidos se encontram na Tabela 7.

Tabela 7 – Planilha orçamentária: Comparação dos tipos de execução de contrapiso.

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA (SINAPI/CEF)					
FONTE	ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UND	PREÇO UNITÁRIO
		1.0	CONTRAPISO CONVENCIONAL		
SINAPI (Outubro/17)	1.1	87630	CONTRAPISO EM ARGAMASSA TRAÇO 1:4 (CIMENTO E AREIA), PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, APLICADO EM ÁREAS SECAS SOBRE LAJE, ADERIDO, ESPESSURA 3CM.	m ²	26,61
SINAPI (Outubro/17)	1.2	87640	CONTRAPISO EM ARGAMASSA TRAÇO 1:4 (CIMENTO E AREIA), PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, APLICADO EM ÁREAS SECAS SOBRE LAJE, ADERIDO, ESPESSURA 4CM.	m ²	30,5
		2.0	CONTRAPISO AUTONIVELANTE		
SINAPI (Outubro/17)	2.1	88477	CONTRAPISO AUTONIVELANTE, APLICADO SOBRE LAJE, ADERIDO, ESPESSURA 3CM.	m ²	20,78
SINAPI (Outubro/17)	2.2	88478	CONTRAPISO AUTONIVELANTE, APLICADO SOBRE LAJE, ADERIDO, ESPESSURA 4CM.	m ²	25,25

Fonte: SINAPI/PE - Caixa Econômica Federal

Nota-se que, de acordo com o SINAPI, os custos de produção do contrapiso no sistema autonivelante é inferior aos custos de produção do contrapiso no sistema tradicional. Apesar de contrassenso, esses valores são compatíveis aos praticados no mercado para o sistema autonivelante, porém bastante inflados no que se refere ao sistema tradicional, no qual chegasse a utilizar traços menos nobres, baixando a qualidade e, conseqüentemente, o custo dos insumos.

Como pode ser observado na planilha de composições de custos que encontra-se disponível no ANEXO IV, os valores apresentados na Tabela 7 incluem insumos e mão de obra envolvidos na produção do contrapiso. Também na planilha de composições, é estimado o tempo que uma equipe gasta para concluir a execução de cada metro quadrado de contrapiso. Nesse contexto, para efeitos de comparação, e fixando uma espessura média do contrapiso em 3 cm, foi elaborada a Tabela 8 e a Tabela 9 com o objetivo de mostrar a viabilidade operacional do sistema autonivelante quando comparado ao tradicional, com foco no tempo de execução para uma equipe minimizada.

Tabela 8 – Comparativo de produtividade entre os sistemas de execução de contrapiso

CONTRAPISO	UN.	QTD.	EQUIPE		PRODUÇÃO		JORNADA (h/dia)	DIAS/ EQUIPE
			Pedreiro	Servente				
Tradicional (SINAPI)	m ²	10.000	1,00	2,00	0,33	h/m ²	8	413
Autonivelante (SINAPI)	m ²	10.000	1,00	2,62	0,17	h/m ²	8	210
Autonivelante (TERCEIRIZADO)*	m ²	10.000	1,00	3,00	0,01	h/m ²	8	14

Fonte: Elaborada pelo autor. SINAPI - Caixa Econômica Federal. Grupo Locmix – HNível.

Tabela 9 – Equipes necessárias para o mesmo tempo de execução

CONTRAPISO	DURAÇÃO DESEJADA (dias)	QTD. DE EQUIPES	MÃO DE OBRA	
			Pedreiro	Servente
Tradicional (SINAPI)	14	30	30	59

CONTRAPISO	DURAÇÃO DESEJADA (dias)	QTD. DE EQUIPES	MÃO DE OBRA	
			Pedreiro	Servente
Autonivelante (SINAPI)	14	15	15	39
Autonivelante (TERCEIRIZADO)*	14	1	1	3

Fonte: Elaborada pelo autor. SINAPI - Caixa Econômica Federal. Grupo Locmix – HNível.

Observa-se, de início, que as duas primeiras linhas das tabelas estão respaldadas pelos dados do SINAPI. Verifica-se que o sistema autonivelante apresenta uma vantagem no que tange a produtividade, necessitando de menos tempo para executar um mesmo serviço. Tal fator é de grande interesse das obras, pela conferência de agilidade, redução de custos fixos e maleabilidade de cronogramas.

Contudo, a planilha do SINAPI possui inconsistências quanto à composição da mão de obra, no sistema autonivelante. Verifica-se que na prática, uma equipe de execução terceirizada é composta de apenas quatro colaboradores, sendo capaz de atender demandas bastante superiores às aquelas previstas conforme contrastado na Tabela 9.

5 CONCLUSÕES

Os resultados das análises técnicas comparativas permitiram visualizar a superioridade do sistema de execução de contrapiso autonivelante quando comparado ao método tradicional. Tal característica é possível devido ao alto nível de controle tecnológico da argamassa usinada e à presença de aditivos que garantem sua trabalhabilidade sem reduzir sua performance e qualidade.

A análise de viabilidade, por outro lado, demonstrou que os orçamentos dos diferentes tipos execução de contrapiso são compatíveis e, a rigor dos padrões estipulados de qualidade, se exibem inferiores no caso do sistema autonivelante. Porém o fator que mais diferencia o sistema em questão é o ganho em produtividade com economia no tempo, uma dimensão que dificilmente é mensurada quando se avalia não só uma única etapa construtiva, mas o processo global da obra. Vale ressaltar também que a produtividade de uma equipe de execução de contrapiso no sistema autonivelante dependerá muito da disposição da área a ser executada, esse sistema permite economia no transporte vertical, redução de estocagem e locais de armazenamento na obra em que estiver inserido.

Ao analisar os fatores envolvidos na execução dos contrapisos podemos concluir que dependem de fatores externos e variáveis que podem alterar seu desempenho e produtividade. Para obter o melhor desempenho possível, a limpeza do substrato é essencial para que se consiga uma aderência satisfatória e o processo de cura deve ser seguido a rigor para que não ocorram fissuras por retração.

REFERÊNCIAS

- CARASEK Helena. **Materiais de construção civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. Ed. ISAIA Geraldo Cechella. São Paulo: IBRACON, 2010.
- FIORITO Antonio J.S.I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução** São Paulo: Pini, 2009.
- HELENE Paulo e ANDRADE Tibério **Concreto de cimento Portland**. Ed. ISAIA Geraldo Cechella. - São Paulo: IBRACON, 2007. - Vol. 2 : 2.
- NAKAKURA, E. H.; BUCHER, H. R. E. **Pisos Auto-nivelantes. Propriedades e Instalações**. II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Salvador, 1997.
- MARTINS Eliziane Jubanski **Procedimento para dosagem de pastas para argamassa auto-nivelante**. Dissertação de Mestrado. Curitiba: UFPR, 2009.
- BARROS e SABBATINI, 1991. **Tecnologia de Produção de Contrapisos para Edifícios Habitacionais e Comerciais**. São Paulo, 1991.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9935:2011. **Agregados – Terminologia**.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5732:1991. **Cimento Portland comum**.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 11768:2011. **Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos**.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 1343:1990. **Execução de pisos, com argamassa de alta resistência mecânica – Terminologia**.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13528:2010 – **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração**.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13749:2013 – **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificações**.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5739:2007 – **Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15823:2010 – **Concreto auto adensável**.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7211:2009 – **Agregados para Concreto**.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7680:2015 – **Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto – Parte 1: Resistência à compressão**.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5738:2008 – **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12654:1992 – **Controle tecnológico de materiais componentes do concreto**.

EFNARC. European Federation of National Associations Representing. **Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete**. United Kingdom, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO. **Manual de utilização de aditivos para concreto dosado em central**, disponível em <<http://www.casadagua.com/wp-content/uploads/2014/02/MANUAL-DE-ADITIVOS-PARA-CONCRETO.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2017.

SZLAK, Bruno et al. **Manual de Revestimentos de Argamassa**. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2002.

EGLE, Telma. **Contrapiso autonivelante**. *Téchne*, nov. 2010 disponível em <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/164/artigo286771-1.aspx>>. Acesso em 27 nov. 2017.

SINAPI – **Índices da Construção Civil**. Disponível em <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acesso em 28 nov. 2017.

CICHINELLI, Gisele. **Construção Passo a Passo**. São Paulo: Pini, 2009.

GOMES, P.C.C.; BARROS, A.R. **Métodos de dosagem de concreto autoadensável**. São Paulo: Pini, 2009.

ANEXO I – Ensaio de resistência de aderência à tração (arrancamento) – Argamassa Tradicional

LOCAL	Corpo de Prova	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÉDIA	MÉDIA CP
OBRA 1	Tensão R_a (MPa)	0,44	0,30	0,41	0,71	0,32	0,39	0,28	0,29	0,45	0,26	0,13	0,21	0,35	0,37
	Ruptura Predominante	CP	CP	CP	CP	AC	AC	CP	CP	CP	CP	AC	CP		
OBRA 2	Tensão R_a (MPa)	0,17	0,05	0,17	0,31	0,31	0,22	0,36	0,20	0,22	0,34	0,19	0,10	0,22	0,20
	Ruptura Predominante	CP	CP	VZ	CP	AC	CP	AC	CP	AC	CP	CP	CP		
OBRA 3	Tensão R_a (MPa)	0,88	1,30	0,30	0,57	0,69	0,47	0,06	0,52	0,49	0,64	0,51	0,56	0,58	0,83
	Ruptura Predominante	CP	CP	VZ	AC	CP	AC	AC	VZ	CP	VZ	VZ	AC		
OBRA 4	Tensão R_a (MPa)	0,46	0,56	0,47	0,48	0,49	0,56	0,44	0,36	0,50	0,43	0,38	0,30	0,45	0,37
	Ruptura Predominante	AC	AC	AC	AC	VZ	AC	AC	CP	AC	CP	CP	CP		
OBRA 5	Tensão R_a (MPa)	0,33	0,31	0,14	0,63	0,07	0,24	-	-	-	-	-	-	0,29	0,22
	Ruptura Predominante	CP	CP	CP	AC	CP	CP	-	-	-	-	-	-		
OBRA 6	Tensão R_a (MPa)	0,37	0,50	0,23	0,64	0,25	0,30	0,21	0,33	0,22	0,30	0,19	0,21	0,31	0,30
	Ruptura Predominante	CP	AC	CP											
OBRA 7	Tensão R_a (MPa)	0,83	0,56	0,46	0,31	0,40	0,36	0,30	0,57	0,45	0,54	0,30	0,60	0,47	0,51
	Ruptura Predominante	CP	AC	VZ	CP	CP	CP	AC	CP	CP	CP	AC	CP		
OBRA 8	Tensão R_a (MPa)	0,36	0,33	0,23	0,29	0,46	0,22	0,22	0,33	0,38	0,10	0,27	0,14	0,28	0,27
	Ruptura Predominante	AC	CP	CP	AC	CP									
OBRA 9	Tensão R_a (MPa)	0,19	0,40	0,54	0,37	0,20	0,24	0,51	0,48	0,32	0,28	0,30	0,29	0,34	0,39
	Ruptura Predominante	AC	AC	CP	CP	AC	CP	CP	CP	AC	AC	CP	CP		

Legenda: CP: Contrapiso. AC: Argamassa Colante. VZ: Vazios. SB: Substrato.

ANEXO II – Ensaio de resistência de aderência à tração (arrancamento) – Argamassa Estabilizada

LOCAL	Corpo de Prova	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÉDIA	MÉDIA CP
OBRA 1	Tensão R_a (MPa)	0,57	0,54	0,25	0,68	0,26	0,36	0,72	0,45	0,45	0,60	0,61	0,29	0,48	0,48
	Ruptura Predominante	CP													
OBRA 2	Tensão R_a (MPa)	0,44	0,41	0,17	0,19	0,28	0,21	0,33	0,39	0,42	0,29	0,38	0,50	0,33	0,33
	Ruptura Predominante	CP													
OBRA 3	Tensão R_a (MPa)	0,11	0,05	0,08	0,10	0,05	0,14	0,34	0,25	0,29	0,26	0,21	0,16	0,17	0,17
	Ruptura Predominante	CP													
OBRA 4	Tensão R_a (MPa)	0,59	0,56	0,37	0,67	0,52	0,61	0,49	0,87	0,79	0,43	0,32	0,40	0,55	0,48
	Ruptura Predominante	AC	CP	CP	CP	VZ	VZ	AC	VZ	VZ	VZ	CP	VZ		

Legenda: CP: Contrapiso. AC: Argamassa Colante. VZ: Vazios. SB: Substrato.

ANEXO III – Ensaio de resistência de aderência à tração (arrancamento) – Argamassa Autonivelante

LOCAL	Corpo de Prova	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÉDIA	MÉDIA CP
OBRA 1	Tensão R_a (MPa)	1,20	1,02	1,26	1,85	1,13	0,97	1,41	1,21	2,28	1,61	1,63	1,46	1,42	1,42
	Ruptura Predominante	CP													
OBRA 2	Tensão R_a (MPa)	0,40	0,47	0,47	0,37	0,38	0,34	0,39	0,34	0,45	0,50	0,43	0,47	0,42	0,42
	Ruptura Predominante	CP													
OBRA 3	Tensão R_a (MPa)	0,39	0,34	0,45	0,50	0,43	0,47	0,45	0,45	0,46	0,41	0,47	0,35	0,43	0,43
	Ruptura Predominante	CP													
OBRA 4	Tensão R_a (MPa)	0,30	0,38	0,31	0,23	0,34	0,40	0,53	0,50	0,46	0,43	0,49	0,42	0,40	0,40
	Ruptura Predominante	CP													
OBRA 5	Tensão R_a (MPa)	0,77	0,83	1,01	1,45	0,43	0,88	-	-	-	-	-	-	0,90	0,90
	Ruptura Predominante	CP	CP	CP	CP	CP	CP	-	-	-	-	-	-		
OBRA 6	Tensão R_a (MPa)	0,37	0,32	0,49	0,44	0,49	0,30	0,48	0,49	-	-	-	-	0,42	-
	Ruptura Predominante	SB	-	-	-	-									
OBRA 7	Tensão R_a (MPa)	0,39	0,21	0,44	0,30	0,33	0,34	0,47	0,45	-	-	-	-	0,37	-
	Ruptura Predominante	SB	-	-	-	-									
OBRA 8	Tensão R_a (MPa)	0,30	0,30	0,31	0,31	0,33	0,34	0,31	0,30	-	-	-	-	0,31	0,32
	Ruptura Predominante	SB	SB	SB	CP	SB	CP	CP	CP	-	-	-	-		
OBRA 9	Tensão R_a (MPa)	0,41	0,30	0,30	0,35	0,38	0,33	0,41	0,30	-	-	-	-	0,35	0,30
	Ruptura Predominante	SB	CP	-	-	-	-								
OBRA 10	Tensão R_a (MPa)	0,31	0,30	0,31	0,34	0,42	0,42	0,36	0,42	-	-	-	-	0,36	0,31
	Ruptura Predominante	SB	SB	CP	SB	SB	SB	SB	SB	-	-	-	-		
OBRA 11	Tensão R_a (MPa)	0,78	0,79	0,76	0,78	0,76	0,78	0,75	0,77	-	-	-	-	0,77	0,77
	Ruptura Predominante	CP	-	-	-	-									
OBRA 12	Tensão R_a (MPa)	0,40	0,39	0,40	0,38	0,41	0,42	0,41	0,40	-	-	-	-	0,40	0,40
	Ruptura Predominante	CP	-	-	-	-									

LOCAL	Corpo de Prova	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÉDIA	MÉDIA CP
OBRA 13	Tensão <i>Ra</i> (MPa)	0,39	0,36	0,40	0,39	0,44	0,46	0,40	0,42	-	-	-	-	0,41	0,40
	Ruptura Predominante	CP	CP	CP	CP	CP	SB	SB	SB	-	-	-	-		
OBRA 14	Tensão <i>Ra</i> (MPa)	0,41	0,37	0,57	0,37	0,39	0,38	0,39	0,36	-	-	-	-	0,41	0,41
	Ruptura Predominante	CP	-	-	-	-									
OBRA 15	Tensão <i>Ra</i> (MPa)	0,68	0,81	0,66	0,78	0,68	0,68	1,07	1,00	-	-	-	-	0,80	0,80
	Ruptura Predominante	CP	-	-	-	-									

Legenda: CP: Contrapiso. AC: Argamassa Colante. VZ: Vazios. SB: Substrato.

ANEXO IV – Planilhas de Composição dos diferentes tipos de argamassa

PLANILHA COMPOSIÇÕES (SINAPI/CEF)				
CLASSE/TIPO	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UND	COEFICIENTE
PISO	87630	CONTRAPISO EM ARGAMASSA TRAÇO 1:4 (CIMENTO E AREIA), PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, APLICADO EM ÁREAS SECAS SOBRE LAJE, ADERIDO, ESPESSURA 3CM.	m²	
INSUMO	1379	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	KG	0,5000000
INSUMO	7334	ADITIVO ADESIVO LIQUIDO PARA ARGAMASSAS DE REVESTIMENTOS CIMENTICIOS	L	0,4350000
COMPOSICAO	87301	ARGAMASSA TRAÇO 1:4 (CIMENTO E AREIA MÉDIA) PARA CONTRAPISO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_06/2014	M3	0,0431000
COMPOSICAO	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,3300000
COMPOSICAO	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1650000
PISO	87640	CONTRAPISO EM ARGAMASSA TRAÇO 1:4 (CIMENTO E AREIA), PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, APLICADO EM ÁREAS SECAS SOBRE LAJE, ADERIDO, ESPESSURA 4CM.	m²	
INSUMO	1379	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	KG	0,5000000
INSUMO	7334	ADITIVO ADESIVO LIQUIDO PARA ARGAMASSAS DE REVESTIMENTOS CIMENTICIOS	L	0,4350000
COMPOSICAO	87301	ARGAMASSA TRAÇO 1:4 (CIMENTO E AREIA MÉDIA) PARA CONTRAPISO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_06/2014	M3	0,0530000
COMPOSICAO	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,3600000
COMPOSICAO	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1800000

PLANILHA COMPOSIÇÕES (SINAPI/CEF)				
CLASSE/TIPO	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UND	COEFICIENTE
PISO	88477	CONTRAPISO AUTONIVELANTE, APLICADO SOBRE LAJE, ADERIDO, ESPESSURA 3CM.	m²	
INSUMO	7334	ADITIVO ADESIVO LIQUIDO PARA ARGAMASSAS DE REVESTIMENTOS CIMENTICIOS	L	0,2000000
INSUMO	38546	ARGAMASSA USINADA AUTOADENSAVEL E AUTONIVELANTE PARA CONTRAPISO, INCLUI BOMBEAMENTO	M3	0,0434000
COMPOSICAO	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1680000
COMPOSICAO	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0641000
PISO	88478	CONTRAPISO AUTONIVELANTE, APLICADO SOBRE LAJE, ADERIDO, ESPESSURA 4CM.	m²	
INSUMO	7334	ADITIVO ADESIVO LIQUIDO PARA ARGAMASSAS DE REVESTIMENTOS CIMENTICIOS	L	0,2000000
INSUMO	38546	ARGAMASSA USINADA AUTOADENSAVEL E AUTONIVELANTE PARA CONTRAPISO, INCLUI BOMBEAMENTO	M3	0,0434000
COMPOSICAO	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1680000
COMPOSICAO	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0641000