

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Luiz Felipe Prata Ribeiro

**Comparativo entre métodos de execução de contrapiso
tradicional e com argamassa fluida – estudo de caso em obra da
empresa Eztec**

**São Paulo
2017**

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Luiz Felipe Prata Ribeiro

**Comparativo entre métodos de execução de contrapiso
tradicional e com argamassa fluida – estudo de caso em obra da
empresa Eztec**

**Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de pós-
graduação *lato-sensu* em Tecnologia
e Gestão na Produção de Edifícios**

**Orientador: Prof. Dr. Mércia Maria
Semensato Bottura de Barros**

**São Paulo
2017**

Catlogação-na-publicação

Ribeiro, Luiz Felipe Prata

Comparativo entre métodos de execução de contrapiso tradicional e com argamassa fluida – estudo de caso em obra da empresa Eztec / L. F. P. Ribeiro -- São Paulo, 2017.

96 p.

Monografia (Especialização em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Poli-Integra.

1.Contrapiso 2.Argamassa semisseca 3.Argamassa fluida I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Poli-Integra II.t.

AGRADECIMENTOS

Aos colegas da turma de pós-graduação em Tecnologia e Gestão da Produção de Edifícios da USP pelas experiências compartilhadas durante estes 3 anos de dedicação e estudo.

À minha orientadora, professora doutora Mércia Barros, pela grande contribuição na elaboração deste trabalho, pela paciência e por todo conhecimento que nos foi passado.

Às engenheiras Juliana e Ariane e toda sua equipe de obra pela disponibilidade, contribuição e assistência durante a aquisição de dados e discussões sobre este trabalho.

À Eztec pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa, em especial ao engenheiro coordenador de obras Alexandre Fonseca, pela compreensão e incentivo.

Ao arquiteto Silvio lamamura pelo grande incentivo, disposição de ajuda e pelo *mentoring* profissional e pessoal.

À minha família, em especial aos meus pais, Cida e Major, pela educação, apoio e incentivo durante toda minha jornada.

À minha esposa Natalia, pela parceria, colaboração, incentivo e apoio durante todo esse tempo desprendido para elaboração e muitas noites em claro para concretização deste objetivo.

À Deus.

RESUMO

A construção civil brasileira vem passando por transformações e grandes dificuldades, com isto tem se acirrado a competição entre empresas. Assim, a exemplo de outros segmentos industriais, as empresas vêm investindo mais em novas tecnologias visando se manterem competitivas, seja pelo aumento da produtividade, seja pelo aumento da qualidade ou do desempenho de seus produtos. Neste cenário, insere-se o método de execução de contrapiso com emprego de argamassa fluida, muito utilizado em países desenvolvidos e recém difundido no Brasil. Trata-se de uma tecnologia com enorme potencial de reduzir prazos de execução e, principalmente, contribuir para um trabalho menos desgastante dos operários envolvidos com a produção, quando comparado ao método mais conhecido de contrapiso tradicional que faz uso de argamassa semisseca.

Entretanto, este método executivo é pouco conhecido no mercado e pouco discutido em publicações técnicas. Assim, este trabalho tem por objetivo apresentar um comparativo quanto à qualidade, custo, prazo de execução e, ainda, vantagens e desvantagens entre os métodos de execução de contrapiso tradicional com argamassa semisseca e o produzido com argamassa fluida bombeada até o pavimento. O método de pesquisa consistiu primeiro em um estudo bibliográfico sobre o contrapiso, inserindo-o no contexto do elemento piso; as funções, propriedades e classificações dos contrapisos e, ainda, as duas técnicas de execução de contrapiso, analisando-se as características dos materiais empregados (argamassas) e métodos construtivos. Para o comparativo foi feito um estudo de caso em dois edifícios construídos pela empresa Eztec, no empreendimento Cidade Maia, localizado em Guarulhos, São Paulo.

O estudo de caso possibilitou, para ambos os métodos de execução, levantar dados acerca de quesitos de controle da qualidade, não conformidades encontradas, preços de execução para materiais e mão de obra e prazos de execução.

Palavras-chave: contrapiso, argamassa semisseca, argamassa fluida.

ABSTRACT

The Brazilian construction is passing through transformations and difficulties, this way, the competition has been stimulated among the construction companies. So, in example of others industrial segments, these companies are investing more in new technologies aiming to keep them competitive, either by rising productivity or rising quality or performance of their products. In this scenario, comes the screed execution method using fluid mortar, very used on developed countries and recently spread in Brazil. That's about a technology with a high potential to reduce execution deadlines and, mainly, contribute to a less stressful work of the employees involved in the production compared to the most known and traditional screed execution method, that uses a semi-dry mortar.

However, that execution method is not very known inside the market and little discussed in technical publications. So, this monograph intends to presents a comparison in quality, costs, execution deadlines and advantages and disadvantages between the screed execution methods traditional with a semi-dry mortar and that one produced with fluid mortar pumped to a high level. The research method consists, first of all, in a bibliographic study about screeds, inserting it in the context of the element floor, the functions, properties and classifications of screed and, still, both screed execution technics, analyzing the characteristics of mortars and constructive methods. For comparison, a case study has been done in two buildings built by Eztec, on the enterprise Cidade Maia, located in Guarulhos, São Paulo.

These study case became possible, to both methods, to bring up some data about quality control, non-compliances found, materials and labor prices and execution deadlines.

Keywords: screed, semi-dry mortar, fluid mortar.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	3
RESUMO.....	4
ABSTRACT.....	5
SUMÁRIO	6
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE GRÁFICOS	11
LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE ABREVIATURAS.....	14
1. INTRODUÇÃO	14
1.1 JUSTIFICATIVA	14
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo geral.....	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	16
1.3 MÉTODO DE PESQUISA	16
1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	17
2. O CONTRAPISO COMO ELEMENTO DO PISO	18
2.1 O ELEMENTO DE VEDAÇÃO PISO.....	18
2.1.1 Camadas do Elemento Piso	18
2.1.2 Propriedades do Elemento Piso	22
2.2 A CAMADA DE CONTRAPISO.....	23
2.2.1 Funções do contrapiso	23
2.2.2 Propriedades do contrapiso.....	24
2.2.3 Tipos de contrapiso	24
2.3 O CONTRAPISO COM ARGAMASSA FLUIDA.....	27
3. PRODUÇÃO DO CONTRAPISO	29
3.1 ARGAMASSAS DE CONTRAPISO	29
3.1.1 Composição.....	29
3.1.2 Produção da Argamassa	31

3.2	TÉCNICAS DE EXECUÇÃO DE CONTRAPISO	32
3.2.1	Contrapiso com argamassa semisseca.....	32
3.2.2	Contrapiso com argamassa fluida	35
3.2.3	CrITÉrios para escolha do método de execução de contrapiso	35
3.3	CONTROLE DA QUALIDADE DA PRODUÇÃO DE CONTRAPISO.....	36
3.3.1	Qualidade na Produção da Argamassa Semisseca de Contrapiso	36
3.3.2	Qualidade na Execução de Contrapisos	37
3.4	CUSTOS DE PRODUÇÃO DE CONTRAPISO.....	38
3.5	PRAZOS DE EXECUÇÃO DE CONTRAPISO	39
3.6	PROJETOS DE CONTRAPISO	39
3.7	CONTRATAÇÃO DO SERVIÇO DE CONTRAPISO	41
4.	ESTUDO DE CASO.....	42
4.1	DADOS DA OBRA ESTUDO DE CASO	42
4.2	CONTRATAÇÃO DO SERVIÇO DE CONTRAPISO	46
4.2.1	Serviço de mão de obra de execução	46
4.2.2	Fornecimento de argamassa	47
4.3	PROCEDIMENTO DE EXECUÇÃO DO CONTRAPISO COM ARGAMASSA FLUIDA	48
4.3.1	Limitação do perímetro do contrapiso	49
4.3.2	Preparação da base	51
4.3.3	Definição do nível	52
4.3.4	Preparação para execução	54
4.3.5	Aplicação da argamassa fluida.....	56
4.3.6	Cura do contrapiso	57
4.4	CONTROLE DE QUALIDADE DO CONTRAPISO EXECUTADO COM ARGAMASSA FLUIDA.....	59
4.5	ENSAIOS REALIZADOS.....	61
4.6	PROBLEMAS PATOLÓGICOS APRESENTADOS PELO CONTRAPISO E SEUS TRATAMENTOS	66
4.7	CUSTOS DE PRODUÇÃO DO CONTRAPISO	73
4.8	PRAZOS DE PRODUÇÃO DO CONTRAPISO	75
5.	ANÁLISE COMPARATIVA DOS DADOS COLETADOS	77
5.1	SOBRE A QUALIDADE DO CONTRAPISO	77
5.2	SOBRE OS CUSTOS DE EXECUÇÃO DO CONTRAPISO	79
5.3	SOBRE O PRAZO DE EXECUÇÃO DO CONTRAPISO	80

5.4 CONCLUSÃO/SINTESE DO ESTUDO.....	81
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
REFERÊNCIAS.....	88
ANEXO A - ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DA ARGAMASSA DE CONTRAPISO	91
ANEXO B – ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DO SISTEMA DE PISO.....	92
ANEXO C - FICHA DE VERIFICAÇÃO DE MATERIAL PARA ARGAMASSA DE CONTRAPISO AUTONIVELANTE	95
ANEXO D – FICHA DE VERIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE CONTRAPISO COM ARGAMASSA FLUIDA.....	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Camadas do sistema de piso	19
Figura 2 – Colocação das taliscas no contrapiso convencional	33
Figura 3 – Execução das mestras no contrapiso convencional.....	34
Figura 4 – Área de contrapiso de áreas secas (Residencial Jardim torre Orquídea)	43
Figura 5 – Área de contrapiso de áreas secas (Residencial Jardim torre Bromélia)	43
Figura 6 - Área de contrapiso de áreas secas (Residencial Reserva torre Atlântica)	45
Figura 7 - Área de contrapiso de áreas secas (Residencial Reserva torre Flora) .	45
Figura 8 – Contenção da área da sala com a cozinha sendo executada	49
Figura 9 – Preenchimento da fresta entre a contenção e a laje com areia	50
Figura 10 – Contenção da área da sala com a cozinha (área seca / área molhável)	50
Figura 11 – Contenção da área do quarto com o banheiro (área seca / área molhável).....	51
Figura 12 – Resíduos gerados na produção das contenções para o contrapiso...	52
Figura 13 – Laje de concreto limpa e umedecida.....	52
Figura 14 – Mapeamento da laje de concreto	53
Figura 15 – Distribuição das niveletas.....	53
Figura 16 – Niveleta antes e após o lançamento da argamassa.....	54
Figura 17 – Preparação da bomba e da argamassa	55
Figura 18 – Dosagem do aditivo superplastificante.....	55
Figura 19 – Bombeamento da argamassa fluida.....	56

Figura 20 – Adensamento e acabamento do contrapiso	57
Figura 21 – Cura química da argamassa de contrapiso	58
Figura 22 – Aspecto do contrapiso após a cura química.....	58
Figura 23 – Ensaio de resistência de aderência à tração no contrapiso	62
Figura 24 – Forma tipo D de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento sem chapisco.....	64
Figura 25 – Protótipo C do ensaio de resistência de aderência à tração	65
Figura 26 – Rugosidade no contrapiso.....	68
Figura 27 – Acabamento do contrapiso que causa rugosidades/ondulações	68
Figura 28 – Fissura profunda no contrapiso.....	69
Figura 29 – Fissuras superficiais no contrapiso	70
Figura 30 – Tratamento de fissuras superficiais.....	70
Figura 31 – Tratamento de som cavo em contrapiso	71
Figura 32 – Falhas no contrapiso	71
Figura 33 – Juntas de dessolidarização e de movimentação	84

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Problemas detectados no contrapiso com argamassa fluida	67
Gráfico 2 – Problemas detectados no contrapiso com argamassa semisseca	72
Gráfico 3 – Número absoluto de ocorrências por tipo de critério de qualidade	77
Gráfico 4 – Relação de problemas detectados por metro quadrado	78
Gráfico 5 – Dados de assistência técnica da Eztec – Grupo Revestimentos	81
Gráfico 6 – Dados de assistência técnica – Subgrupo Contrapisos	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Requisitos do usuário conforme ABNT NBR 15575:2013	22
Tabela 2 - Comparativo da composição das argamassas.....	30
Tabela 3 – Tabela de aditivos das argamassas e suas funções	31
Tabela 4 - Dados do SINAPI para execução de contrapiso	38
Tabela 5 - Área de contrapiso com argamassa fluida do residencial Jardim	44
Tabela 6 - Área de contrapiso com argamassa semisseca do residencial Reserva	46
Tabela 7 - Escopo de contratação para execução de contrapiso com argamassa fluida.....	47
Tabela 8 - Composição e dosagem da argamassa fluida	48
Tabela 9 - Verificações e tolerâncias da qualidade na produção de contrapisos ..	60
Tabela 10 - Dados do primeiro ensaio no contrapiso	62
Tabela 11 - Valores para a resistência de aderência do contrapiso conforme Barros (1991)	63
Tabela 12 – Critérios e resultados dos ensaios de aderência	65
Tabela 13 - Custos de produção para o contrapiso com argamassa semisseca ..	73
Tabela 14 - Custos de produção para o contrapiso com argamassa fluida.....	73
Tabela 15 - Preços de referência para contrapiso do SINAPI para mão de obra..	74
Tabela 16 - Preços de referência para contrapiso do SINAPI para material	74
Tabela 17 - Cronograma normal de execução de contrapiso com argamassa semisseca	75
Tabela 18 - Cronograma normal de execução de contrapiso com argamassa fluida	76
Tabela 19 - Comparativo entre preços dos métodos de execução de contrapiso ..	79

Tabela 20 - Vantagens e desvantagens dos métodos de execução de contrapiso	
.....	86

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CEF	Caixa Econômica Federal
CNI	Confederação Nacional da Indústria
EFNARC	European Federation of National Associations Representing specialists for Concrete
FVS	Ficha de Verificação de Serviço
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
PIT	Programa de Inovação Tecnológica do CBIC

1. INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

O setor da construção civil brasileira, nas últimas décadas tem sido marcado por diferentes cenários e fortemente influenciado pelo quadro político-econômico vivenciado no país (CBIC, 2016). Há, pois, um adverso cenário para o segmento de edificações no país, com ausência de estímulo à compra de imóveis seja pela dificuldade de crédito imobiliário, altas taxa de juros ou mesmo pelas elevadas taxas de desemprego. Alia-se a isto o aumento do custo dos insumos e tem-se a péssima situação que encerrou o ano de 2015 (CBIC; CNI, 2015) e que, pode-se afirmar, ainda permanece.

Neste cenário, toda essa instabilidade tem acarretado desestímulos quanto a grandes investimentos em tecnologias inovadoras de grande impacto, sobressaindo-se a busca pela racionalização do processo tradicional de produção, principalmente devido ao pouco investimento necessário em equipamentos, ferramentas e adaptações nos métodos construtivos (Fabricio¹, 2008, apud CBIC, 2016).

Segundo CEOTTO (2012, apud CASTRO, 2013) o ritmo sustentável de crescimento da indústria da construção deve ser continuado através da modernização e da industrialização.

Neste contexto, a argamassa fluida, também denominada argamassa autonivelante é uma tecnologia que vem sendo utilizada para a produção de contrapisos em muitos países na Europa, Estados Unidos e América Latina (RUBIN, 2015). Trata-se de um material formulado à base de cimento, areia, água e aditivos químicos que apresenta como principal característica a elevada fluidez, o que permite preencher os espaços vazios e se auto adensar nos locais de aplicação de contrapiso (RUBIN, 2015).

¹ FABRICIO, M. M. Industrialização das construções: uma abordagem contemporânea. 2008. Tese (Livre-Docência em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

O contrapiso é um dos elementos do piso e é de grande importância para a qualidade do produto final, pois serve de suporte para os revestimentos de piso ou de acabamento (Roque, 2008). Além disso, consome muitos recursos materiais e humanos para a sua produção. E, como parte integrante da edificação, está sujeito a critérios de qualidade, custo e prazo de produção. Situando-o no ambiente do gerenciamento da construção, o processo de produção do contrapiso está presente na sequência construtiva adotada pela empresa, ou seja, existe tempo certo para ser executado (após o serviço antecedente finalizado e depende da sua finalização para início do serviço posterior). Qualquer alteração neste encadeamento de serviços pode gerar antecipações ou atrasos no cronograma da obra. Da mesma forma, com relação ao custo do contrapiso, também pode gerar prejuízo ou economia para o orçamento da obra.

Analisando todo este cenário, este trabalho tem por finalidade aprofundar o estudo sobre o método de execução de contrapiso com argamassa fluida como uma inovação adotada na empresa. Apesar de não ser a primeira obra da Eztec a utilizar a argamassa fluida para execução de contrapiso, um estudo analítico e comparativo nunca foi realizado para se poder concluir sobre a eficiência deste método na empresa. Portanto, este estudo de caso auxiliará na definição das vantagens e desvantagens deste método de execução de contrapiso em relação ao tradicional.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Apresentar, comparar e analisar os dados obtidos na obra Cidade Maia da construtora Eztec, a qual utilizou tanto o contrapiso com argamassa semiseca quanto o contrapiso com argamassa fluida, fazendo um comparativo de qualidade, custo e prazo de execução.

1.2.2 Objetivos específicos

A partir do estudo de caso, para os métodos construtivos tradicional e com argamassa fluida:

- Apresentar, a partir da compilação de dados de Fichas de Verificação de Serviços (FVS), por meio de tabelas e gráficos, os dados obtidos sobre a qualidade;
- Detalhar e apresentar dados financeiros comparando custos de material e mão de obra por meio de tabelas e gráficos;
- Apresentar dados de prazo de produção de cada tipo de execução;
- Apresentar vantagens e desvantagens de ambos os métodos construtivos.

1.3 MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa consistiu primeiro em um estudo bibliográfico sobre: o contrapiso, inserindo-o no contexto do elemento piso; as funções, propriedades e classificações dos contrapisos; e, ainda, as duas técnicas de execução de contrapiso, analisando-se as características dos materiais empregados (argamassas) e métodos construtivos. Projeto, critérios de qualidade, composição de custos e prazos e formas de contratação da execução do contrapiso também foram temas abordados a partir da revisão bibliográfica.

Para o comparativo foi feito um estudo de caso que envolveu dois edifícios do empreendimento Cidade Maia, localizado em Guarulhos, São Paulo, incorporado e construído pela empresa Eztec. Os dois edifícios apresentavam área de contrapiso semelhantes. Em um deles, o contrapiso foi executado com argamassa semisseca e, no outro, com argamassa fluida.

O estudo de caso possibilitou, para ambos os métodos de execução, levantar dados acerca de quesitos de controle da qualidade, não conformidades encontradas, preços de execução para materiais e mão de obra, prazos de execução e produtividade dos funcionários.

1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em seis capítulos. O primeiro capítulo, de introdução, é de caráter introdutório ao tema; nele se apresenta a justificativa ao trabalho, objetivos, métodos de estudo e estruturação do trabalho. O segundo capítulo, o contrapiso como elemento do piso, apresenta o sistema de piso, abordando as partes que o compõem. O enfoque desta parte é para a camada de contrapiso e sua inserção no sistema piso. No terceiro capítulo, produção do contrapiso, aborda-se a produção do contrapiso, desde a forma de contratação, como propriedades da argamassa, técnicas de execução, controle de qualidade e custos de produção.

Introduzida a teoria sobre contrapisos, no quarto capítulo apresenta-se o estudo de caso em questão, apresentando informações sobre a obra e a construtora e também os dados obtidos durante o acompanhamento da execução do contrapiso, tais como aquisição de dados de qualidade do contrapiso com argamassa fluida. O quinto capítulo traz a comparação com o método tradicional, descrevendo separadamente sobre qualidade, custos e prazo. E, por fim, tem-se a conclusão do trabalho. As referências consultadas para o desenvolvimento deste trabalho são apresentadas ao final.

2. O CONTRAPISO COMO ELEMENTO DO PISO

Este capítulo aborda aspectos técnicos sobre o piso e, principalmente, o contrapiso. É feita uma introdução sobre o sistema piso e a camada de contrapiso como parte dele. Assim, a abordagem será focada no contrapiso, discutindo-se sobre sua constituição, funções, propriedades e características. Os tipos de contrapiso utilizados na obra em estudo também são abordados, o contrapiso com argamassa convencional e com argamassa fluida, com ênfase neste último, devido a ele ser considerado inovação tecnológica na Eztec.

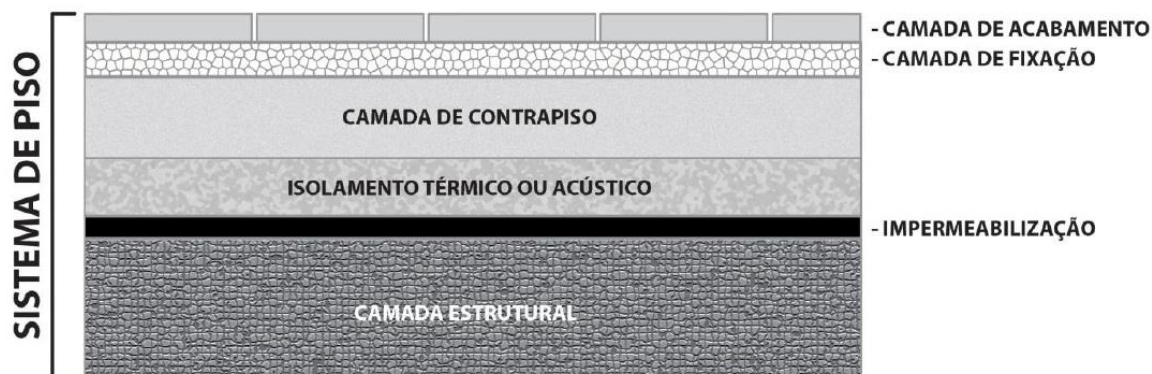
2.1 O ELEMENTO DE VEDAÇÃO PISO

O elemento de vedação horizontal chamado de piso é produzido a partir de diversas camadas que devem cumprir adequadamente certas funções. Cada camada deve satisfazer um conjunto de requisitos de desempenho que lhe cabe. Portanto, é importante saber quais são estas camadas e as características da base sobre a qual será executada (BARROS, 1991).

2.1.1 Camadas do Elemento Piso

A ABNT NBR 15.575:2013 define o sistema de piso como sendo o sistema horizontal ou inclinado composto por um conjunto total ou parcial de camadas destinado a cumprir funções de estrutura, vedação e tráfego, considerando-se critérios definidos nesta norma. A mesma norma diz que as camadas podem ser laje estrutural, contrapiso, fixação ou acabamento, podendo possuir camadas intermediárias com funções de impermeabilização e isolamento térmico ou acústico como se pode ver na figura 1.

Figura 1 – Camadas do sistema de piso



Fonte: ABNT NBR 15575:2013

A camada estrutural do sistema piso constitui-se do elemento que resiste às diversas cargas do sistema da edificação. Elder; Vandenberg² (1977) apud Barros (1991) enfatizam que a camada estrutural tem por função transmitir ao restante da estrutura portante as sobrecargas a que o piso está sujeito distribuindo-as adequadamente. Desta forma, esta camada deve apresentar resistência mecânica de acordo com as cargas previstas em projeto estrutural e, também, deve apresentar boas condições superficiais compatíveis com as demais camadas do piso que irá receber.

A camada de impermeabilização pode ou não fazer parte do contrapiso. Ela é usual nas áreas internas molhadas e nas áreas externas. Na construtora em que este estudo de caso foi realizado também é habitual realizar impermeabilização somente nas áreas molhadas e molháveis³. Esta camada pode ser realizada com

² ELDER, A. J. VANDENBERG, M. Construcción: manuals AJ. Madrid: H. Blume, 1977. P. 280-341.

³ Áreas molhadas são áreas da edificação cuja condição de uso e exposição poderá resultar na formação de lâmina de água (por exemplo, banheiros com chuveiro, área de serviço e áreas descobertas). Áreas molháveis são áreas da edificação que recebem respingos de água decorrente de sua condição de uso e exposição e que não resulte na formação de lâmina de água (por exemplo, banheiros sem chuveiro, cozinhas e sacadas cobertas) (ABNT NBR 15.575: 2013 – Parte 3).

diversos tipos de materiais podendo ser asfálticos, poliméricos etc., sendo o mais comum a utilização da impermeabilização polimérica devido à sua reduzida espessura.

A camada de isolamento térmico é comumente utilizada em locais muito frios, cuja temperatura ambiente é baixa na maior parte do ano. Segundo Barry⁴, 1980 apud Barros (1991), nestes casos torna-se essencial para auxiliar na conservação do calor interno, comumente gerado por sistemas de calefação. Também em situações de elevada temperatura a camada de isolante térmico é empregada como é o caso, por exemplo, das lajes de cobertura no Brasil que recebem intensa insolação, particularmente quando não recebem cobertura em telhado.

A camada de isolamento acústico é utilizada para minimizar a transmissão de ruídos entre pavimentos. Segundo Barros et al. (2010), para obter essa minimização, pode-se utilizar isolantes acústicos entre o contrapiso e a camada estrutural, o que, neste caso, torna o contrapiso não aderido.

Barros (1991) define contrapiso como sendo a camada lançada sobre a laje ou sobre uma camada intermediária (de impermeabilização ou de isolamento térmico ou acústico), devendo apresentar características tais como espessura, regularidade superficial, resistência mecânica, compacidade e durabilidade adequadas ao atendimento de suas funções, cujas principais são:

- Possibilitar a colocação de revestimento de piso;
- Transmitir as cargas de utilização à laje suporte;
- Proporcionar os desníveis necessários entre ambientes contíguos e a declividade nas áreas molháveis; e
- Permitir o eventual embutimento de instalações.

A camada de contrapiso é a camada do sistema piso usualmente colocada logo acima da laje (camada estrutural) sobre a qual se aplicará um determinado acabamento final, podendo ou não ter uma camada de fixação entre eles

⁴ BARRY, R. The construction of building. 4ª ed. London: Granada, 1980.

(SOUZA, 2013). Esse autor complementa ainda que a camada de contrapiso tem, entre outras funções, a de nivelar a superfície da laje e absorver deformações, servindo também para melhorar a acústica e para embutir instalações, corroborando assim, as colocações de Barros (1991).

Tratando-se do objeto de estudo deste trabalho, as funções e as características do contrapiso serão abordadas detalhadamente no item 2.2.

A camada de ligação é a que faz a união entre o contrapiso e a próxima camada, a de acabamento. A camada de ligação geralmente é constituída por argamassas de base cimentícia ou adesivos de base polimérica. A camada de acabamento é a última e mais externa camada do conjunto do piso e consiste no acabamento do piso, podendo ser constituída por placas cerâmicas, por componentes de madeira, mantas têxteis, placas de rocha, ou componentes vinílicos, emborrachados, entre outros. A camada de ligação pode ser suprimida em alguns tipos de revestimentos, como pisos feitos a partir de argamassas ou emulsões poliméricas aplicadas diretamente sobre o contrapiso ou ainda aqueles flutuantes como alguns laminados, por exemplo (BARROS, 1991).

Essa última camada possui importante papel no desempenho de todo o conjunto, pois está todo o tempo em contato com o ambiente e com os usuários. Segundo Elder; Vandenberg⁵, (1977) apud Barros (1991), o revestimento deve apresentar, de modo geral, os seguintes requisitos de desempenho:

- Resistência ao desgaste pelo uso: principalmente às solicitações por choque, abrasão e puncionamento;
- Resistência às deformações do conjunto: não apresentar fissuras que comprometam o desempenho nem se destacar do substrato;
- Estanqueidade: quando aplicáveis em áreas molháveis desprovidas de camada impermeabilizante;

⁵ ELDER, A. J. VANDENBERG, M. Construcción: manuals AJ. Madrid: H. Blume, 1977. P. 280-341.

- Resistências aos ataques de agentes químicos: produtos químicos de limpeza como detergente, água sanitária etc.;
- Aspecto agradável;
- Capacidade de amortizar o som produzido pelo tráfego em sua superfície;
- Segurança na utilização: comodidade ao andar, antiderrapante ou antideslizante, incombustibilidade etc.;
- Durabilidade compatível com as condições de utilização.

2.1.2 **Propriedades do Elemento Piso**

A ABNT NBR 15.575:2013 estabelece requisitos e critérios de desempenho aplicáveis às novas edificações habitacionais, tanto para o edifício como um todo como para cada sistema específico de forma isolada. Essa norma apresenta uma lista de requisitos dos usuários da edificação, que servem como referência para o cumprimento destes requisitos e critérios. São eles:

Tabela 1 - Requisitos do usuário conforme ABNT NBR 15575:2013

QUESITO	REQUISITOS
Segurança	Segurança estrutural
	Segurança contra fogo
	Segurança no uso e na operação
Habitabilidade	Estanqueidade
	Desempenho térmico
	Desempenho acústico
	Desempenho lumínico
	Saúde, higiene e qualidade do ar
	Funcionalidade e acessibilidade
	Conforto tátil e antropodinâmico
Sustentabilidade	Durabilidade
	Manutenibilidade
	Impacto ambiental

Fonte: ABNT NBR 15.575:2013

2.2 A CAMADA DE CONTRAPISO

Contrapiso é a camada de argamassa lançada sobre uma base, que pode ser laje estrutural ou lastro de concreto para regularização (Cichinelli, 2009). Segundo Barros (1991), o contrapiso pode ser constituído de uma ou mais camadas de material lançado sobre a laje estrutural ou sobre uma camada intermediária (de impermeabilização ou de isolamento térmico e acústico), devendo apresentar características tais como espessura, regularidade superficial, resistência mecânica, compacidade e durabilidade adequadas ao atendimento de suas funções.

2.2.1 Funções do contrapiso

A norma de desempenho, ABNT NBR 15.575:2013, em sua parte 3 – Requisitos para os sistemas de pisos, define contrapiso como sendo a camada que possui as funções de regularizar o substrato, proporcionando uma superfície de apoio uniforme, coesa, aderida ou não, e adequada à camada de acabamento, podendo eventualmente servir como camada de embutimento, caimento ou declividade.

Os contrapisos podem possuir, dependendo da sua localização, várias funções, segundo Barros e Sabbatini (1991). São elas:

- Regularização da base para posterior revestimento;
- Permitir suporte e fixação do revestimento;
- Embutir instalações de piso;
- Criar desníveis entre ambientes;
- Possibilitar declividades para caimento de água;

Pode, ainda, ter outras funções como:

- Servir como barreira impermeável;
- Isolamento térmico e acústico.

2.2.2 Propriedades do contrapiso

Em um sistema, todas as partes necessitam que suas funções sejam cumpridas suficientemente para que todo o conjunto possa ter o desempenho estabelecido em projeto. O contrapiso, como parte do sistema piso, necessita também desempenhar uma série de requisitos e, para isso, precisa apresentar algumas propriedades sintetizadas por Barros (1991) e apresentadas a seguir:

- a. condições superficiais: responsável pela aderência piso-revestimento;
- b. aderência: capacidade que as interfaces piso-contrapiso e base-contrapiso têm em absolver deformações decorrentes das solicitações de uso;
- c. resistência mecânica: refere-se à capacidade de manutenção da integridade física do contrapiso quando solicitado por ações durante as fases de execução e utilização;
- d. capacidade de absorver deformações: é a capacidade que o contrapiso deve apresentar em se deformar sem apresentar fissuras que comprometam o seu desempenho;
- e. compacidade: determina a capacidade do contrapiso em resistir ao esmagamento. É definida pela relação entre volume de vazios da argamassa e seu volume total;
- f. durabilidade: função das condições de exposição do contrapiso e da compatibilidade entre ele e o revestimento de piso.

2.2.3 Tipos de contrapiso

Segundo Barros (1991), os contrapisos podem ser classificados pelo número de camadas, pela aderência e pela função dos materiais que o constituem. Amorim (2015) atualiza a proposta inicial de Barros (1991), classificando os contrapisos da seguinte forma:

A) Segundo o número de camadas: nesta classificação divide-se o contrapiso em dois grupos, os de camada única e os de múltiplas camadas.

- contrapiso de camada única: a execução deste contrapiso é feita em uma única etapa ou em etapas realizadas consecutivamente utilizando-se a mesma argamassa, a qual se incorpora à argamassa anterior formando uma camada única, sem qualquer superfície de separação entre elas.
- contrapiso de múltiplas camadas: A execução deste contrapiso é feita em diversas camadas, ou seja, existe uma separação entre estas camadas. Nestes contrapisos podem ser utilizados um ou mais tipos de argamassa.

B) segundo à aderência: esta classificação leva em consideração a intensidade com que as camadas de contrapiso e base se unem. A efetiva ligação entre estas camadas ocorre quando os esforços atuantes e as deformações sejam, gradativamente, transferidos de um para o outro. Assim, segundo Barros (1991), considerando-se esta propriedade pode-se classificar o contrapiso como aderido, não aderido e flutuante.

- contrapiso aderido: segundo a norma alemã DIN 13318 (2000), considera-se o contrapiso aderido quando este está efetivamente integrado à base, desta forma, segundo Barros (1991), há contato efetivo com a laje de modo que a transmissão de ações estáticas e dinâmicas é garantido. Conforme Amorim (2015), este método de execução do contrapiso sobre a laje é o mais difundido na construção civil brasileira.
- contrapiso não aderido: conforme Barros e Sabbatini (1991) neste caso a aderência com a base não compromete o desempenho do contrapiso e não deve possuir espessura inferior a 35mm. Entende-se que, neste caso, a existência de uma camada intermediária não é obrigatória como no contrapiso flutuante. Esta camada intermediária deve ser não compressível ou de compressibilidade desprezível, como as mantas asfálticas, por exemplo.

- contrapiso flutuante: segundo a DIN 133318 (2000), o contrapiso é considerado flutuante se está assentado sobre uma camada compressível (usualmente uma manta térmica e/ou acústica) e, desta forma, completamente separada de outros elementos construtivos como paredes ou tubulações e da própria base. Amorim (2015) complementa destacando que estas camadas, incluindo as impermeáveis, desvinculam o contrapiso da laje, de forma que possibilita redução de aparecimento de patologias provenientes da deformação ou variação dimensional destes elementos como tubulações ou vedações. Segundo Barros (1991) a espessura mínima neste caso é variável em função da classe de compressibilidade da camada abaixo do contrapiso.

C) segundo os materiais constituintes: a classificação dada por Barros (1991) considerava a composição da argamassa, basicamente entre algum aglomerante e agregado miúdo. Podemos citar as argamassas feitas com cimento, anidrida ou cloreto de magnésio como aglomerante. Amorim (2015) foca apenas as argamassas de cimento e areia por serem predominantes no Brasil, classificando-as conforme a sua plasticidade em:

- argamassa plástica: são argamassas com teor de umidade entre 20% e 25%, semelhante à argamassa de revestimento de alvenaria;
- argamassa semisseca: é a argamassa também de cimento e areia, porém, com teor de umidade baixo (por volta de 12%). Esse baixo teor de água facilita a compactação e reduz a retração da camada de contrapiso durante a secagem da argamassa.
- argamassa fluida: é a argamassa composta por cimento, areia, água e aditivos químicos, podendo ter ou não aditivos minerais. A principal característica desta argamassa é a alta fluidez, sendo que seu espalhamento acontece naturalmente e não há a necessidade da compactação, fato que torna a execução com esta argamassa mais rápida. Por ser este o foco desta dissertação será detalhado no próximo item.

2.3 O CONTRAPISO COM ARGAMASSA FLUIDA

O contrapiso produzido com argamassa fluida, conhecido no mercado da construção civil brasileiro como “contrapiso autonivelante”, é um elemento produzido a partir de uma argamassa fluida de base cimentícia sobre uma base adequadamente preparada. A argamassa deve apresentar características como fluidez, potencial de resultar na espessura definida em projeto e, após endurecida, capacidade de apresentar resistência mecânica e durabilidade compatíveis com as necessidades de projeto (SOUZA, 2013). O contrapiso com ela produzido deve atender as funções inerentes do contrapiso destacadas no item 2.2.1.

Este método de execução de contrapiso com argamassa fluida foi desenvolvido na Europa na década de 80, inicialmente para recuperação e nivelamento de bases de concreto, mas no Brasil foi introduzido no mercado no início dos anos 90 (AMORIM, 2015). Ainda segundo a autora, ele se diferencia dos demais métodos de execução devido à facilidade e rapidez de execução em função das características da argamassa no estado fresco.

A EFNARC (2002) ressalta que a utilização de “concretos auto compactáveis” com alta fluidez foi originalmente desenvolvido para suprir a crescente falta de mão de obra qualificada e se mostrou economicamente vantajosa devido a vários fatores, dentre eles:

- Rapidez na construção;
- Redução da mão de obra;
- Facilidade na execução;
- Melhor acabamento da superfície;
- Espessuras reduzidas;
- Ambiente de trabalho mais seguro.

Outro fator que motivou o desenvolvimento do sistema bombeável para argamassas de contrapiso foi a dificuldade em se transportar os insumos necessários à produção da argamassa de contrapiso convencional, o que geralmente acontece através de elevador cremalheira (EGLE, 2010).

O contrapiso com argamassa fluida pode ser executado a partir de duas formas diferentes, com argamassa usinada, entregue em caminhões betoneira e bombeada até o local de execução, ou com argamassa industrializada ensacada (seca) e, neste caso, a mistura é feita no local de aplicação.

As vantagens do emprego de argamassa fluida para execução de contrapiso são:

- Alta produtividade;
- Transporte vertical facilitado através do bombeamento da argamassa;
- Redução da área de armazenamento de materiais ensacados ou a granel;
- Redução do desgaste dos trabalhadores sem a necessidade de compactação com soquete (peso aproximado de 10kg).

As desvantagens da utilização deste método de execução são:

- Impossibilidade de execução em locais com declividade para escoamento de água;
- Requer disponibilidade de fornecimento das concreteiras;
- Atrasos no fornecimento da argamassa gera perda do material.

No mercado já existem equipamentos de bombeamento de argamassas semisseca ou insumos como areia, porém, como trataremos do comparativo entre o método de produção de contrapiso com argamassa fluida bombeada e o tradicional com argamassa semisseca transportada por elevadores cremalheira, que foram os dois utilizados neste estudo de caso, as vantagens e desvantagens foram feitas entre estes dois métodos.

A produtividade do método de execução de contrapiso com argamassa fluida é um dos maiores benefícios da utilização desta tecnologia (AMORIM, 2015). Porém, para que as vantagens deste método possam prevalecer e serem exploradas nas obras, sua aplicação deve ser estudada durante as fases de desenvolvimento de projetos e planejamento das obras, continua Amorim (2015).

3. PRODUÇÃO DO CONTRAPISO

Basicamente, as técnicas mencionadas neste trabalho diferem-se devido ao estado da argamassa no seu estado fresco. Devido a isso, as particularidades de cada método executivo vão gerar vantagens e desvantagens, as quais foram mencionadas anteriormente. A seguir serão apresentados os tipos de contrapiso e os fatores determinantes na escolha do método executivo de contrapiso e na produção do contrapiso nas obras.

3.1 ARGAMASSAS DE CONTRAPISO

Em 1991, Barros concluiu que o avanço no processo de produção do contrapiso deve partir necessariamente da produção da argamassa. Portanto, comparar processos de contrapiso exige comparar as argamassas de contrapiso.

3.1.1 Composição

Conforme a ABNT NBR 13281:2005, argamassas são misturas homogêneas de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos, com propriedade de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (industrializada).

As argamassas utilizadas para contrapiso quando do trabalho de Barros (1991) eram de dois tipos: as de consistência plástica e as de consistência semisseca. Mais recentemente essa classificação sofreu mudanças e, segundo a norma alemã DIN 13318: 2000 as argamassas são classificadas de acordo com sua consistência em:

- **Semisseca:** a consistência da argamassa no estado fresco é aquela que possui água apenas em quantidade suficiente para permitir a compactação;
- **Fluida:** a consistência da argamassa no estado fresco é aquela na qual a argamassa ocupa sua posição sem necessidade de compactação.

A tabela 2 apresenta um comparativo entre a composição dos dois tipos de argamassa objeto deste trabalho.

Tabela 2 - Comparativo da composição das argamassas

Composição das Argamassas	Argamassa Fluida	Argamassa semisseca
Aglomerante (cimento)	25 a 45%	20 a 25%
Agregado miúdo	40 a 60%	60 a 75%
Água	20 a 30%	7 a 9%
Aditivos	10 a 15%	-

Fonte: Nakakura, Bucher (1997); Barnbrook⁶ (1982) apud Barros (1991)

A argamassa semisseca, também conhecida como “farofa”, é basicamente constituída por uma mistura de cimento e areia numa proporção que, dependendo da sua utilização, geralmente varia entre traços em volume de 1:3 a 1:6 (Barros, 1991). Segundo Barnbrook (1982) apud Barros (1991), a quantidade de água a acrescentar deverá ser a mínima necessária para proporcionar trabalhabilidade suficiente para o lançamento e a compactação adequada.

As argamassas fluidas são basicamente feitas de cimento, areia e o restante é formado por água e uma série de aditivos químicos e minerais destinados a modificar as características reológicas no estado fresco e as propriedades físico-mecânicas no estado endurecido, de modo a atender aos requisitos de desempenho, durabilidade, carga e solicitação (NAKAKURA, BUCHER, 1997).

Para atenderem requisitos de autonivelamento e fornecerem as propriedades de trabalhabilidade e escoamento, alguns autores afirmam que é necessária a adição de cerca de 10 a 20 componentes químicos diferentes na mistura (Anderberg⁷ (2007); Guimarães⁸ (2013) apud Rubin (2015).

⁶ BARNBROOK, G. Floor Screeds. Concrete. London, P. 27-29. Mar, 1992. (Practice Sheets n. 73)

⁷ ANDERBERG, A. Studies of moisture and alkalinity in self-levelling flooring compounds. Doctoral thesis. Division of building materials, Lund Institute of Technology. Lund, 2007.

⁸ GUIMARÃES, M. B. Polímeros dispersíveis para argamassas autonivelantes. X SBTA – Simpósio

Sobre os tipos de aditivos comumente adicionados à argamassa fluida, eles possuem funções específicas no contexto da aplicação da argamassa. Os mais comuns são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Tabela de aditivos das argamassas e suas funções

Aditivos	Função na argamassa
Retardador de pega	Aumentar o tempo de trabalhabilidade e o acabamento da superfície e redução da retração, pois promove a melhor distribuição do calor de hidratação do cimento. ¹
Plastificante e superplastificante	Reduzir a água de amassamento mantendo, a fluidez da argamassa e o abatimento (trabalhabilidade), o que facilita no bombeamento e no adensamento. ¹
Antiretração	Minimizar a tensão decorrente da saída de água de amassamento por evaporação, reduzindo assim a fissuração. ¹
Fibra de polipropileno	Dificultar a propagação das fissuras na estrutura interna da pasta de cimento, onde ocorrem as tensões internas. Podem aumentar a resistência à tração, a capacidade de deformação e da tenacidade. ²

Fonte: ¹ Junior (2013); ² Silva (2006)

3.1.2 Produção da Argamassa

A argamassa semisseca é geralmente produzida em obra, com auxílio de um misturador mecânico para homogeneizar a mistura. Os materiais são colocados no traço desejado e misturados. Após misturada e com aspecto de farofa, a argamassa pode ser aplicada no local.

A argamassa fluida pode ser industrializada ou usinada. No primeiro caso, ela vem ensacada e basta homogeneizar a mistura, seguindo as recomendações do fabricante, próximo ao local de aplicação. No caso de a argamassa ser usinada ela é recebida praticamente pronta quando, por vezes, realiza-se alguma adição de aditivo antes da mistura, e pode ser bombeada através de tubulações até o pavimento de aplicação, o que torna o processo de transporte mais simples e rápido.

3.2 TÉCNICAS DE EXECUÇÃO DE CONTRAPISO

As diferentes técnicas de execução de contrapiso serão mostradas e explicadas passo-a-passo na sequência para melhor entendimento e diferenciação.

3.2.1 Contrapiso com argamassa semisseca

O processo de produção de contrapiso convencional que será descrito a seguir foi baseado em procedimento interno da empresa em que o autor atua, elaborado a partir do procedimento descrito por Barros e Sabbatini (1991).

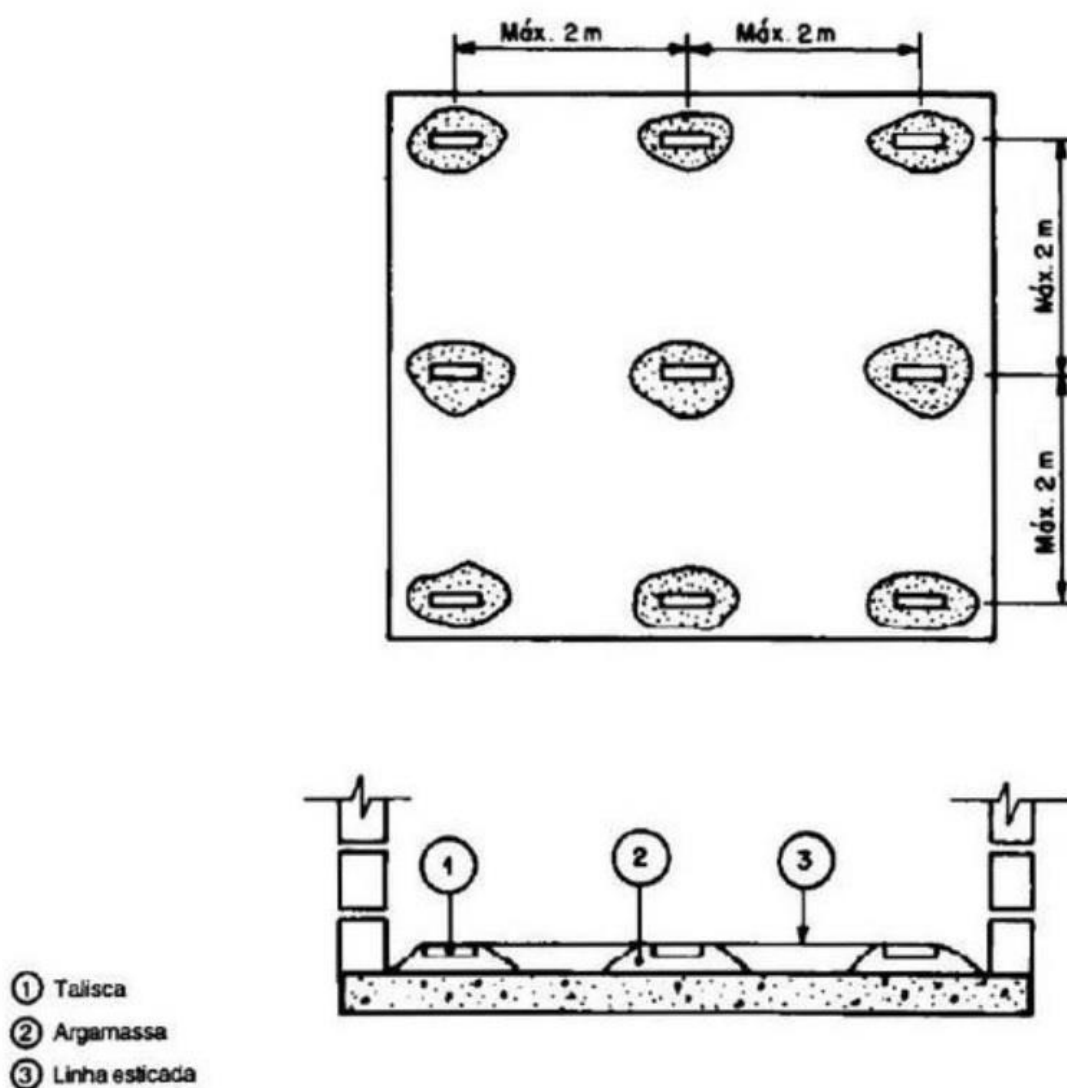
A execução do contrapiso com argamassa semisseca tem início adotando-se uma referência de nível para o contrapiso a partir da referência de nível da estrutura, sendo que, após o mapeamento de toda a laje, considera-se uma espessura mínima de 2cm do ponto mais elevado de toda a laje, aceitando-se espessuras pontuais de 1,5cm para áreas de até 1m². Na definição da espessura procura-se seguir as referências de projeto, que normalmente indicam espessura média de 3 cm.

Definida a cota acabada para o contrapiso, é feita limpeza da laje, retirando-se excessos de argamassa ou qualquer outro material aderido no concreto. Posteriormente, varre-se a poeira e lava-se toda a área com lavadora de alta pressão.

O próximo passo é assentar as taliscas, atividade que é feita, de preferência, um dia antes do início da aplicação da argamassa. Nas áreas de box de banheiro, o

caimento necessário é considerado na talisca com valores de 1,5% a 2,5% em direção ao ralo. O espaçamento entre taliscas deve ser de, no máximo, 2m, para apoio da régua. Para colocação das taliscas utiliza-se a mesma argamassa de contrapiso (Figura 2).

Figura 2 – Colocação das taliscas no contrapiso convencional



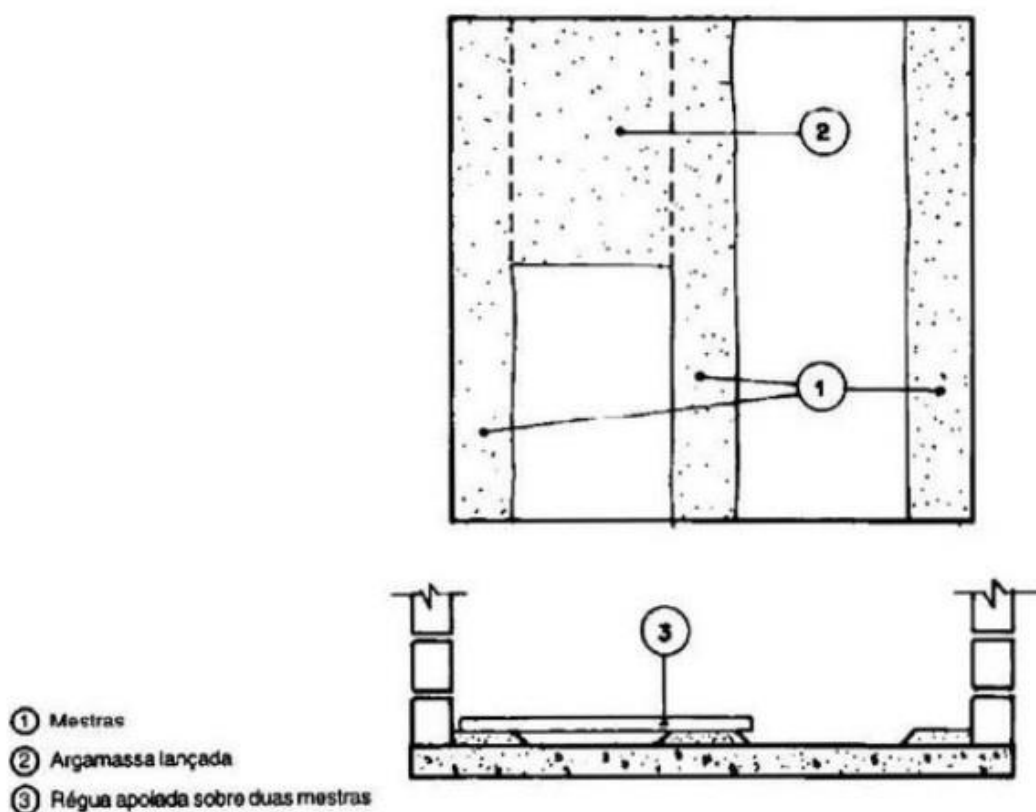
Fonte: Procedimento interno de execução de contrapiso convencional da construtora Eztec

Iniciando-se a execução, é feita a aplicação de mistura de água e aditivo adesivo à base de poliacetato de vinila (PVA), na proporção de 1:6 (uma parte de água

para seis partes de aditivo), e espalhado com vassoura. Sobre esta mistura é polvilhado cimento, num consumo aproximado de $0,5\text{kg/m}^2$, para criar uma camada de ligação entre a base de concreto e a argamassa semiseca que será aplicada.

Com a argamassa semiseca produzida como mostrado anteriormente, ela é distribuída sobre a ponte de aderência e compactada com soquete de madeira contra a base. Em seguida, sobre duas taliscas consecutivas é sarrafeada a argamassa em movimentos tipo "vaivém". As taliscas devem ser removidas e devem ser preenchidos os espaços vazios com argamassa. Assim são feitas as mestras, faixas de argamassa aplicada entre taliscas na cota acabada (Figura 3).

Figura 3 – Execução das mestras no contrapiso convencional



Fonte: Procedimento interno de execução de contrapiso convencional da construtora Eztec

Feitas as mestras, com a ponte de aderência ainda úmida, é aplicada argamassa entre elas. Segue-se com o adensamento com o soquete de madeira, sempre de

modo a obter o máximo adensamento da camada de argamassa e é feito o sarrafeamento com régua para regularizar o piso final.

O acabamento final é feito polvilhando-se cimento, também em consumo aproximado de 0,5kg/m², e feito o alisamento da superfície com desempenadeira de madeira nas áreas frias e com desempenadeira de madeira e de aço nas áreas secas.

Um dia após a execução do contrapiso, deve-se iniciar a cura úmida e mantê-la por dois dias, regando-se o piso duas vezes ao dia. Posteriormente, verifica-se a ocorrência de falhas, realizando-se a devida correção. Para preservação do serviço realizado deve-se bloquear o acesso de pessoas e equipamentos sobre a argamassa recém-aplicada até a finalização da cura.

3.2.2 Contrapiso com argamassa fluida

A execução de contrapiso com argamassa fluida consiste em uma técnica específica que se baseia em bombear e espalhar a argamassa fluida no local de aplicação recém preparado para receber a argamassa. Por ser o objeto específico deste trabalho, a execução do contrapiso com argamassa fluida será detalhadamente registrada no item 4.4.

3.2.3 Critérios para escolha do método de execução de contrapiso

Para definirmos o método de execução a ser utilizado para a produção de contrapisos deve-se estudar o contexto em que este sistema está inserido. Segundo Barros e Sabbatini (1991), o contrapiso deve considerar sobre as seguintes questões:

- Características da base: é determinante para se ter a definição do tipo de contrapiso a ser projetado, devendo-se conhecer a resistência, a deformidade, o acabamento superficial e o nivelamento da base;

- Características dos materiais constituintes: são fundamentais para a definição de uma argamassa racional, devendo-se considerar a granulometria, o teor de finos e a natureza do inerte e do aglomerante;
- Solicitações de obra: é necessário que se conheça a época de execução do contrapiso e como se relaciona às demais etapas da obra, verificando-se o tempo e o grau de exposição a que o contrapiso está submetido, a fim de determinar a resistência superficial necessária e, conseqüentemente, a técnica de execução a ser empregada.
- Características do revestimento de piso: os revestimentos de piso a serem utilizados determinam: os desníveis entre os contrapisos dos diversos ambientes, interferindo, assim, nas suas espessuras; e as condições superficiais e de aderência que devem apresentar os contrapisos, em função da fixação prevista para o revestimento.

3.3 CONTROLE DA QUALIDADE DA PRODUÇÃO DE CONTRAPISO

Discute-se, neste item, sobre o controle da qualidade da produção de contrapisos, os requisitos e a aceitação do serviço executado com argamassa semisseca. O controle da qualidade do contrapiso com argamassa fluida será discutido no capítulo 4 deste trabalho.

3.3.1 Qualidade na Produção da Argamassa Semisseca de Contrapiso

Segundo Barros (1991), por falta de material que trate especificamente da produção da argamassa, a recomendação que se faz para verificar a qualidade é sobre os materiais empregados e o controle de resistência mecânica da argamassa.

Esta recomendação baseia-se no recebimento dos materiais, em que o cimento recebido deve respeitar as especificações do tipo e classe de resistência

conforme foi comprado e, para a areia, avaliação visual de granulometria e a presença de componentes prejudiciais à argamassa.

Com relação ao controle de resistência da argamassa, Barros (1991) diz que esta verificação consiste na determinação da resistência à compressão, aos 28 dias, de corpos de prova cúbicos, moldados com a argamassa, antes de sua utilização, caso a argamassa exija classe de resistência maior que 55 N/mm², sendo que para limites inferiores a este, recomenda-se realizar este ensaio somente quando a empresa não possua prática suficiente para dosar corretamente a produção das argamassas.

3.3.2 **Qualidade na Execução de Contrapisos**

Barros e Sabbatini (1991) dizem que o controle de execução de contrapiso deve ser contínuo para todos contrapisos produzidos na obra e que deve compreender a verificação das condições iniciais de trabalho, verificação dos níveis de taliscas e acompanhamento e verificação da execução do contrapiso. Outras verificações como controle da dosagem, tempo de mistura da argamassa, limpeza da base, aplicação da ponte de aderência também costumam ser feitos durante a execução de contrapisos.

Barros (1991), diz que, para verificação da aderência, deve ser feito ensaio de percussão com barra metálica em todo o contrapiso, e que a ocorrência de som cavo indica que não houve aderência com a base ou que esta ocorreu parcialmente. Lembrando que, este ensaio de percussão é válido somente para contrapisos aderidos.

Ainda segundo Barros (1991), outra característica a se verificar é a espessura e a regularidade superficial. A espessura deve apresentar uma tolerância mínima em relação ao especificado em projeto. Com relação à superfície final, a horizontalidade e a planeza são itens usualmente avaliados, sendo que o estado final deve estar isento de saliências, sendo liso, fino e regular. A tolerância deve ser medida com régua de 2m com flechas máximas de 3mm conforme a NBR 15575-3 (2013).

3.4 CUSTOS DE PRODUÇÃO DE CONTRAPISO

Neste item do trabalho serão discutidas definições sobre os custos de produção de contrapiso nas obras, os custos diretos e indiretos.

Segundo Dias⁹ (2001) apud Pinho (2015), os custos diretos são os custos obtidos pela soma dos insumos que foram incorporados ao produto, e cita como exemplo escavação, fôrmas, armação instalações elétricas e hidráulicas etc. Já os custos indiretos, ainda segundo o autor, são todos os custos que não são facilmente mensuráveis, e cita como exemplo, engenheiro, mestre de obras, contas de água, energia, telefone, este e outros, que são calculados por mês, ou sobre o custo total ou sobre o preço final da obra.

Os dados publicados pelo SINAPI no mês de março de 2017 mostram os preços médios que servem de referencial para orçamentos e licitações de obras públicas. Para a execução de contrapiso foram divulgados os dados apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Dados do SINAPI para execução de contrapiso

Tipo	Descrição	Preço
Insumos	Argamassa usinada autoadensável e autonivelante para contrapiso (inclui bombeamento)	R\$ 313,85/m ³
Serviço	Contrapiso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico com betoneira 400L, aplicado em áreas secas sobre laje, aderido, espessura 3cm	R\$ 30,17/m ²
	Contrapiso autonivelante, aplicado sobre laje, aderido, espessura 3cm	R\$ 20,09/m ²

Fonte: SINAPI da CEF do mês de março de 2017 para o estado de São Paulo

⁹ DIAS, P. R. V. Engenharia de Custos. 3ª edição. Rio de Janeiro: CREA-RJ. IBEC, 2001.

3.5 PRAZOS DE EXECUÇÃO DE CONTRAPISO

Segundo Ackoff¹⁰ (1970) apud Palhota (2016), planejamento é algo que se faz antes de agir, isto é, a tomada antecipada de decisões. O autor ainda destaca a necessidade do planejamento de um empreendimento, ao afirmar que o planejamento é necessário quando a consecução do estado futuro que se deseja envolve um conjunto de decisões interdependentes. Além disso, o planejamento é parte essencial para o processo de implantação de inovações (Tavares, 2015).

De acordo com Souza e Agopyan (1996), serviço de construção pode ser descrito como um processo que transforma recursos (entradas) em produtos (saídas), de forma que a produtividade da mão de obra pode ser medida por meio de um índice parcial denominado de razão unitária de produção (RUP), que relacionam hora-homens despendidos à quantidade de serviço executada.

O prazo de produção de contrapisos considera a quantidade da produção por um período de tempo, e varia de acordo com o planejamento da construção de cada empreendimento ou empresa.

3.6 PROJETOS DE CONTRAPISO

A elaboração de projeto para execução de contrapiso é uma dinâmica necessária para que se obtenha um produto de qualidade, com custos compatíveis, no prazo programado e que empregue adequadamente os materiais equipamentos e técnicas disponíveis (BARROS, 1991). No desenvolvimento do projeto é que devem ser definidas as soluções, tecnologias e os procedimentos de execução do contrapiso da obra sendo que, projetistas e construtores, em função de custos, prazo de execução e viabilidade técnica é que decidirão o melhor método de execução (AMORIM, 2015).

Conforme Barros (1991), os projetos de contrapiso devem conter informações sobre:

¹⁰ ACKOFF, R. L. A Concept of Corporate Planning. John Wiley & Sons: New York, 1970.

- Argamassa: composição, dosagem, teor de aglomerante por m³ de argamassa e características dos materiais;
- Especificação dos procedimentos de execução;
- Espessuras de contrapiso dos ambientes;
- Caimentos e declividade com locação dos ralos;
- Tipos de ensaios necessários;
- Parâmetros de aceitação do contrapiso;
- Detalhes construtivos e informações de compatibilização com outros sistemas como impermeabilização, instalações e esquadrias através de representações gráficas;
- Memorial descritivo.

Para projetos de contrapiso com argamassa fluida, Amorim (2015) sugere que sejam inclusos também:

- Parâmetros de aceitação da argamassa de contrapiso;
- Presença de barreiras de contenção, juntas de dessolidarização ou movimentação e espessuras das mesmas;
- Indicação do posicionamento dos níveis móveis (ou niveletas).

3.7 CONTRATAÇÃO DO SERVIÇO DE CONTRAPISO

Geralmente, o serviço de contrapiso é contratado por área, independentemente do método de execução. Porém, no custo de produção podem considerar algumas variáveis como método de execução, área do apartamento, método de transporte vertical e horizontal dos materiais, espessura do contrapiso, se o contrapiso é aderido ou não, presença de caimento, traços especiais de argamassa, entre outros.

No caso do método convencional de produção do contrapiso é contratada a mão de obra para execução e os materiais para produção são comprados separadamente, a areia por volume, cimento ensacado e aditivos por litro. No método com argamassa fluida, a contratação da argamassa é feita por volume e o serviço de bombeamento, nivelamento, adensamento e cura são feitos por empreitada por metro quadrado de área produzida.

4. ESTUDO DE CASO

4.1 DADOS DA OBRA ESTUDO DE CASO

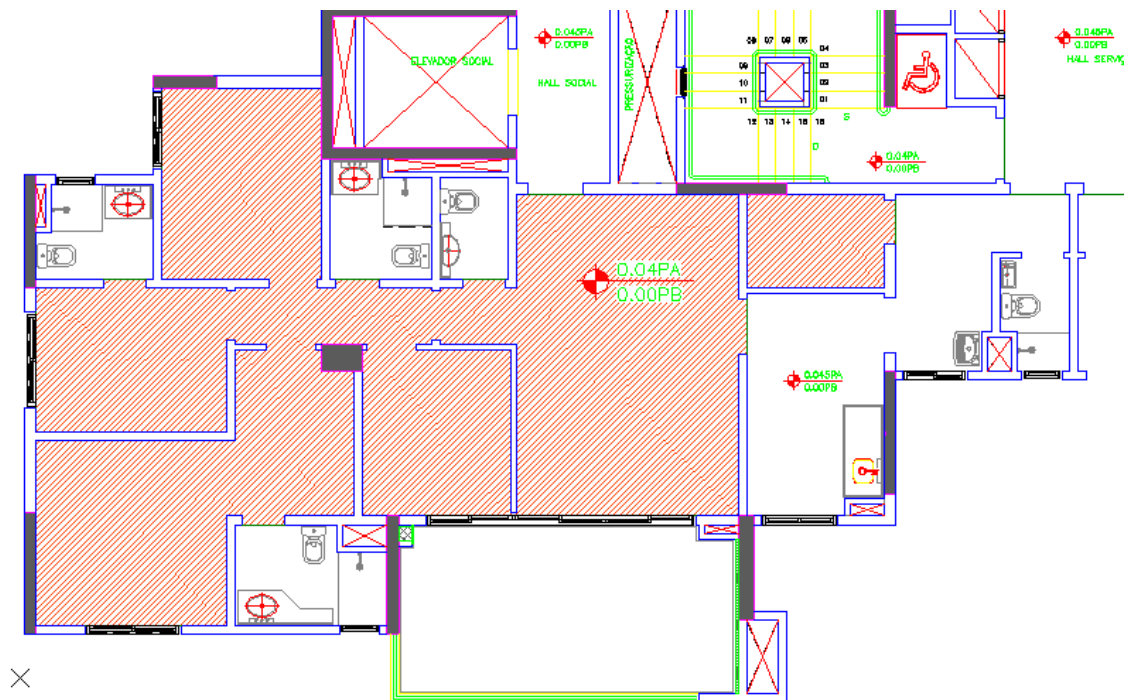
A obra foco deste estudo de caso é o empreendimento Cidade Maia, localizado na cidade de Guarulhos, em São Paulo. O residencial Cidade Maia é um complexo formado por 5 condomínios que, juntos, somam um total de 1969 unidades habitacionais, divididos em 9 torres de 28 pavimentos tipo e 4 sobressolos cada. Os apartamentos, somados às áreas de lazer dos condomínios e à praça central, que é comum a todos os condôminos e visitantes do empreendimento, resultará num total de 293.745 m² de área construída.

Destes 5 condomínios, serão usados para efeito comparativo deste estudo de caso os residenciais Jardim e Reserva, onde o primeiro utilizou a argamassa fluida para execução de contrapiso de áreas secas, enquanto o segundo utilizou a argamassa semisseca.

O residencial Jardim, cuja entrega aos proprietários está planejada para julho de 2017, possui 2 torres e 4 sobressolos, totalizando 45.262m² de área construída. A torre Orquídea (A) possui 112 apartamentos de 122m², sendo 4 apartamentos por andar, e a torre Bromélia (B) possui 168 apartamentos de 86 ou 87 m², sendo 6 unidades por andar. A obra possui prazo de execução de 35 meses.

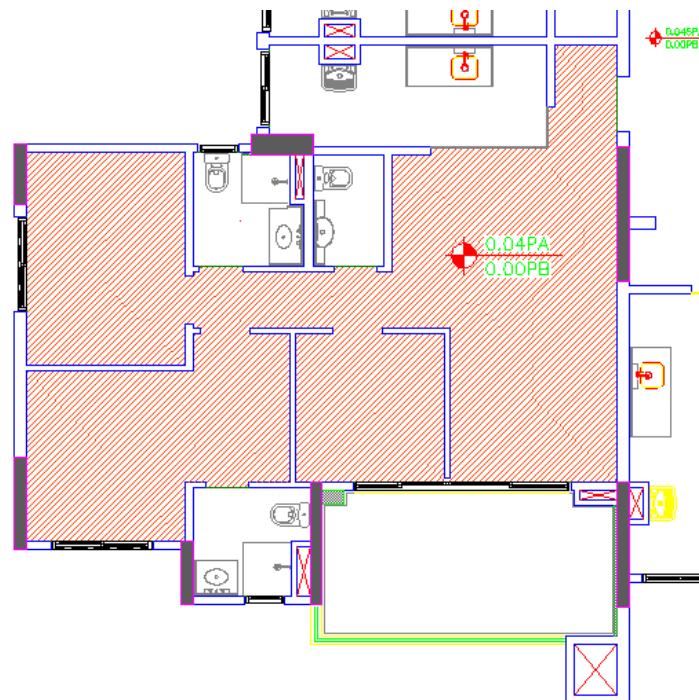
Este empreendimento utilizou o método de execução de contrapiso aderido e não armado a partir do emprego de argamassa fluida nas áreas secas (salas e dormitórios) dos apartamentos e halls sociais dos pavimentos tipo, ou seja, toda a área onde não existe inclinação nem impermeabilização previstas em projeto. As figuras 4 e 5 e a tabela 5 mostram a área executada com argamassa fluida das torres A (Orquídea) e B (Bromélia) e a metragem de contrapiso de áreas secas, respectivamente.

Figura 4 – Área de contrapiso de áreas secas (Residencial Jardim torre Orquídea)



Fonte: projeto elaborado pelo autor

Figura 5 – Área de contrapiso de áreas secas (Residencial Jardim torre Bromélia)



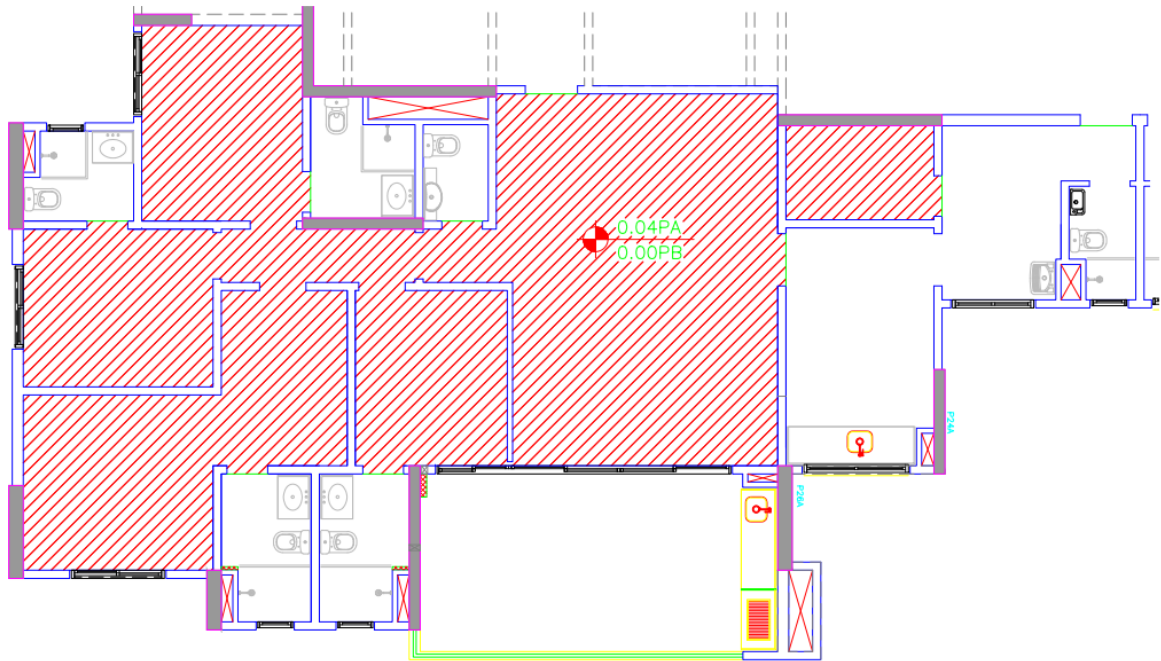
Fonte: projeto elaborado pelo autor

Tabela 5 - Área de contrapiso com argamassa fluida do residencial Jardim

Área de contrapiso de áreas secas – Residencial Jardim			
Local	Ambiente	Área unitária (m²)	Área total (m²)
Torre Orquídea	Apartamentos 122m ²	65,27	7.310,43
	Hall social	5,34	149,60
	Hall serviço	8,31	232,87
Torre Bromélia	Apartamentos 86m ²	48,67	5.450,68
	Apartamentos 87m ²	48,66	5.449,94
	Hall social	31,85	891,88
Soma total (m²)			19.485,40

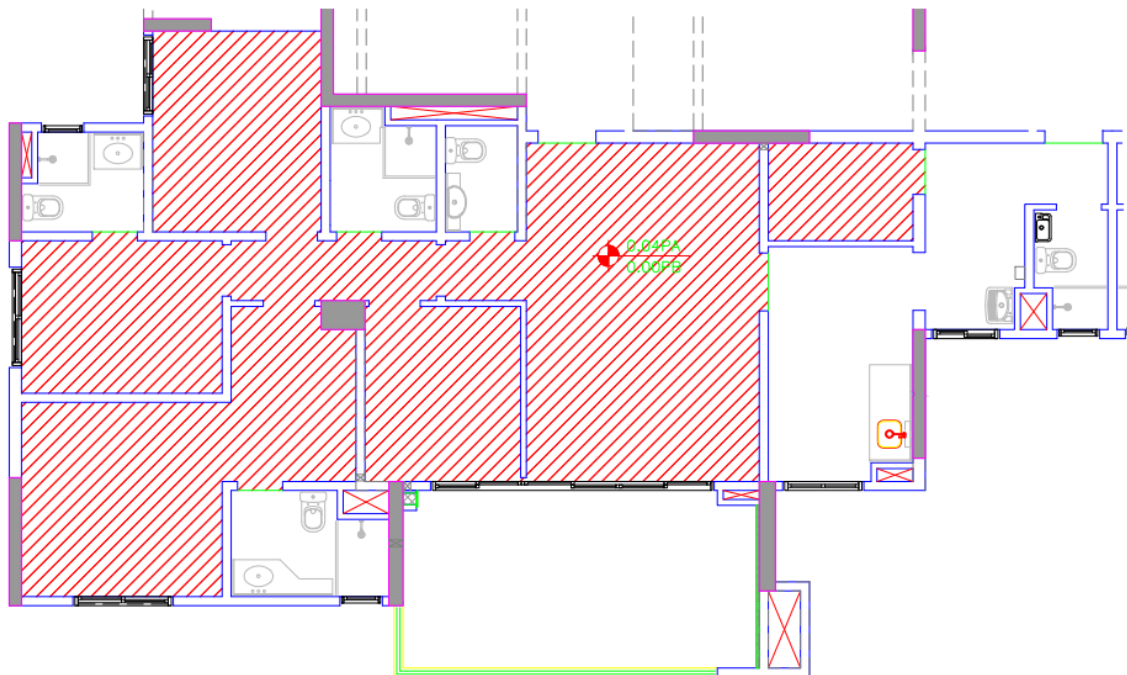
O residencial Reserva, cuja entrega está programada para novembro de 2017, possui também 2 torres e 4 sobressolos, totalizando 50.567m² de área construída. A torre Atlântica (A) possui 112 apartamentos de 154m², sendo 4 apartamentos por andar. A torre Flora (B) possui 112 apartamentos de 122m², sendo 4 apartamentos por andar. A obra possui prazo de execução de 35 meses. As figuras 6 e 7 e a tabela 6 mostram a área executada com argamassa fluida das torres A (Atlântica) e B (Flora) e a área de contrapiso de áreas secas, respectivamente.

Figura 6 - Área de contrapiso de áreas secas (Residencial Reserva torre Atlântica)



Fonte: projeto elaborado pelo autor

Figura 7 - Área de contrapiso de áreas secas (Residencial Reserva torre Flora)



Fonte: projeto elaborado pelo autor

Tabela 6 - Área de contrapiso com argamassa semisseca do residencial Reserva

Área de contrapiso de áreas secas – Residencial Reserva			
Local	Ambiente	Área unitária (m²)	Área total (m²)
Torre Atlântica	Apartamentos 154m ²	81,84	9.166,04
	Hall social	7,36	206,08
	Hall serviço	8,08	226,24
Torre Flora	Apartamentos 122m ²	63,96	7.163,52
	Hall social	10,68	299,04
	Hall serviço	8,46	236,88
Soma total (m²)			17.297,84

A opção por se utilizar o contrapiso com argamassa fluida no residencial Jardim foi tomada devido à dificuldade de recebimento de materiais nos acessos à obra. De forma que, ao invés de receber grandes cargas de cimento e areia, a execução dos contrapisos foi feita somente com uma tubulação para bombeamento da argamassa da rua até as torres, facilitando a logística do canteiro de obras.

4.2 CONTRATAÇÃO DO SERVIÇO DE CONTRAPISO

4.2.1 Serviço de mão de obra de execução

Para o serviço de execução do contrapiso com utilização de argamassa fluida foi contratada empresa especializada, cujo escopo de contratação está detalhado na tabela 7.

Tabela 7 - Escopo de contratação para execução de contrapiso com argamassa fluida

Escopo da contratada	Escopo da contratante
Nivelamento a laser	Limpeza da laje, removendo-se outros materiais aderidos à laje e lavagem
Lançamento, aplicação e acabamento superficial do contrapiso	Contenção das áreas vazadas
Programação e logística dos caminhões betoneira	
Equipe para execução, cura e reparos necessários	
Umedecimento prévio da laje com lavadora de alta pressão	
Cura úmida de 3 dias ou mais se necessário	

4.2.2 **Fornecimento de argamassa**

Foi contratada uma empresa conhecida no mercado para o fornecimento da argamassa de contrapiso. Este contrato estava vinculado ao da empresa executora, ou seja, era contratada da mesma, de forma que esta empresa executora era incumbida de realizar as programações junto à usina para fornecimento de material.

Escopo da contratada:

- Fornecimento de argamassa segundo composição e dosagem definidas pela contratante e apresentadas na tabela 8.

Tabela 8 - Composição e dosagem da argamassa fluida

Composição e dosagem da Argamassa Fluida (1 m³)	
Cimento CP II E 40 Votoran Santa Helena	300 kg
Água	290 litros
Areia artificial (pó de pedra)	1050 kg
Quartzo	600 kg
Aditivo antiretração Grace Tecfix	2 litros
Aditivo retardador de pega Grace Recover	0,5 litro
Aditivo polifuncional Maxment	2 litros
Aditivo superplastificante Grace EXP3	1 a 3 litros (em obra)
Fibra de polipropileno	1,37 kg

Fonte: fornecedor contratado

4.3 PROCEDIMENTO DE EXECUÇÃO DO CONTRAPISO COM ARGAMASSA FLUIDA

Como não existia procedimento para este tipo de execução de contrapiso na Eztec, tomou-se como referência o procedimento cedido pela empresa contratada para realizar o contrapiso com argamassa fluida, criando-se um procedimento próprio baseado nos conceitos e critérios adotados pela empresa.

Os serviços antecedentes recomendados para a execução do contrapiso são:

- Alvenarias internas e externas executadas;
- Instalações elétricas embutidas finalizadas.

Assim que liberado para o início da execução do contrapiso, inicia-se a preparação da área para o recebimento da argamassa. Os procedimentos estão listados e detalhados a seguir.

4.3.1 Limitação do perímetro do contrapiso

Anteriormente à liberação para início do contrapiso, o seu perímetro deve ser fechado, colocando-se contenções de madeira feitas com sarrafos de pinus nas áreas vazadas e limitantes do contrapiso nivelado. Estas fôrmas de contenção eram colocadas na divisão da sala para o terraço, na sala com o hall do pavimento e nas divisões de áreas secas com áreas úmidas, o que acontecia na sala com a cozinha e nos quartos com os banheiros, como pode-se observar nas figuras 8 a 11 a seguir.

Figura 8 – Contenção da área da sala com a cozinha sendo executada



Fonte: foto tirada pelo autor em 29/01/16

Figura 9 – Preenchimento da fresta entre a contenção e a laje com areia



Fonte: foto tirada pelo autor em 29/01/16

Figura 10 – Contenção da área da sala com a cozinha (área seca / área molhável)



Fonte: foto tirada pelo autor em 29/01/16

Figura 11 – Contenção da área do quarto com o banheiro (área seca / área molhável)



Fonte: foto tirada pelo autor em 29/01/16

4.3.2 **Preparação da base**

Assim como os serviços antecedentes ao contrapiso, o próprio serviço de contenção das áreas vazadas e limitantes geram alguns resíduos como pregos, restos de madeira, serragem de madeira e areia, que podem prejudicar a aderência do contrapiso na base. Portanto, primeiramente, deve-se realizar a limpeza, com vanga ou talhadeira e marreta removendo os excessos de argamassa aderidos na laje, que possam ser resultante dos serviços de execução da alvenaria. Posteriormente, com vassoura e água, retiram-se os detritos e sujeiras, como na foto abaixo, deixando-se a laje limpa e úmida, condição essencial para execução do contrapiso.

Figura 12 – Resíduos gerados na produção das contenções para o contrapiso



Fonte: foto tirada pelo autor em 29/01/16

Figura 13 – Laje de concreto limpa e umedecida



Fonte: foto tirada pelo autor em 29/01/16

4.3.3 **Definição do nível**

Toda a laje do pavimento deve ser mapeada para se observar o ponto mais crítico, isto é, o ponto mais alto da laje. A partir deste ponto crítico, adota-se o nível do contrapiso como 2,5cm acima do ponto mais crítico. Em alguns pontos isolados e com área máxima de até 1m², aceita-se o contrapiso com 2cm de espessura.

Figura 14 – Mapeamento da laje de concreto



Fonte: foto tirada pelo autor em 01/02/16

Definido o nível do contrapiso, este nível é transferido por toda o pavimento colocando-se as niveletas nas cotas finais da camada de contrapiso, espaçadas entre si de 1 a 4m. O ajuste da niveleta é feito de forma que o limite inferior da vareta ficará no limite superior do contrapiso.

Figura 15 – Distribuição das niveletas



Fonte: foto tirada pelo autor em 01/02/16

Figura 16 – Niveleta antes e após o lançamento da argamassa



Fonte: fotos tiradas pelo autor em 01/02/16

4.3.4 Preparação para execução

No dia agendado para se realizar o bombeamento da argamassa fluida, a bomba e a tubulação são previamente preparadas. A tubulação é preparada para se alcançar o pavimento ou os pavimentos a serem executados e a bomba para receber a argamassa.

O recebimento da argamassa deve ser feito pelo almoxarife conforme procedimento específico de recebimento de argamassa melhor descrito no item 4.4 deste trabalho. Conforme o mesmo, o tempo de aplicação da argamassa desde a saída dela da usina não deve exceder em 3 horas. A figura 17 abaixo mostra a preparação para o início do bombeamento da argamassa.

Figura 17 – Preparação da bomba e da argamassa



Fonte: foto tirada pelo autor em 01/02/16

Autorizado o recebimento, deve-se adicionar o aditivo superplastificante Grace EXP3 em proporção de 1 à 3 litros por metro cúbico de argamassa e misturar a argamassa até completa homogeneização. A proporção aproximada do aditivo era avaliada pelo motorista pelo tempo na hora da chegada, de forma que se tivesse um tempo quente, adicionava-se mais aditivo, e se estivesse mais frio, se adicionava menor quantidade. Nenhum tipo de ensaio de espalhamento era realizado na argamassa. Após isso, é iniciada a descarga e o bombeamento da argamassa até o local.

Figura 18 – Dosagem do aditivo superplastificante



Fonte: foto tirada pelo autor em 01/02/16

4.3.5 Aplicação da argamassa fluida

A aplicação da argamassa fluida é feita do ponto mais distante da porta até o menos distante, de forma que o mangote vai sendo recolhido para fora das portas, até que se finalize o apartamento.

Figura 19 – Bombeamento da argamassa fluida



Fonte: foto tirada pelo autor em 01/02/16

Assim que a argamassa é espalhada até o nível definido nas niveletas, com a argamassa ainda líquida, é feito o adensamento da argamassa com o auxílio da membreta - espécie de rodo metálico - de forma moderada e, em seguida, é passado a membreta na superfície do contrapiso para deixá-lo liso. Apesar da argamassa ser “autonivelante” este procedimento de alisamento da superfície é necessário para manter a planicidade da argamassa recém bombeada.

Após a execução, o local onde foi aplicada a argamassa deve ser interditado evitando-se tráfego de pessoas, equipamentos ou materiais, durante 24 horas.

Figura 20 – Adensamento e acabamento do contrapiso



Fonte: foto tirada pelo autor em 01/02/16

4.3.6 Cura do contrapiso

Um dia após a execução, devem-se iniciar os procedimentos de cura do contrapiso executado. Inicialmente foi realizada a cura úmida, que consistia em molhar o contrapiso mantendo uma lâmina d'água quantas vezes fossem necessárias durante 3 dias. Devido a problemas com a mão de obra para executar a cura durante esses 3 dias, a qual realizava somente no primeiro dia, acarretando elevado número de ocorrências de fissuração, alterou-se o procedimento para cura química, que se realizou no dia após a aplicação, realizando o espalhamento do aditivo Grace Curatec diluído em água, no traço de 1:1 (volume), por meio de pulverizador manual até que se formasse uma camada uniforme e branca, devido à cor do aditivo. Como o aditivo de cura é a base de acetato de polivinila (PVA), não há a necessidade de se remover a película formada na superfície do contrapiso, não implicando no desempenho da aderência do revestimento que será colocado sobre o contrapiso.

Figura 21 – Cura química da argamassa de contrapiso



Fonte: foto tirada pelo autor em 02/02/16

Figura 22 – Aspecto do contrapiso após a cura química



Fonte: foto tirada pelo autor em 02/02/16

4.4 CONTROLE DE QUALIDADE DO CONTRAPISO EXECUTADO COM ARGAMASSA FLUIDA

O controle da qualidade na execução do contrapiso com argamassa fluida realizado na Eztec inicia-se antes mesmo do início da aplicação da argamassa, desde a liberação do local para início do serviço até a conferência mensurada e visual do contrapiso.

A conferência da qualidade é dividida em duas partes, antes e após a execução. Antes da execução são conferidos liberação do local, limpeza, contenções, referência de nível e umedecimento da base. Após a execução, são conferidos cura, preservação do serviço, acabamento, nivelamento, planeza e aderência com a base. A tabela 9 mostra os itens de conferência do contrapiso com argamassa fluida do sistema de gestão da qualidade da Eztec.

Tabela 9 - Verificações e tolerâncias da qualidade na produção de contrapisos

Item de verificação	Método de Verificação	Tolerância
Liberação do local	Presença de entulhos, escoras metálicas ou fôrmas de madeira que impeçam o início do serviço	Deve estar desimpedido
Limpeza	Limpeza com jato de alta pressão feita e presença de restos de argamassa ou outro material aderido	Deve estar limpo
Delimitação da área de aplicação da argamassa	A área de aplicação da argamassa deve estar delimitada por anteparos adequados	Anteparos devem estar posicionados nos locais corretos
Referência de nível	Verificar as niveletas, partindo de um ponto de referência pré-estabelecido, com nível a laser e trena metálica	Niveletas devem estar ajustadas conforme RN do pavimento
Umedecimento da área de aplicação	Verificar visualmente se a base está úmida	Deve estar úmida
Cura	Verificar visualmente a execução da cura em toda a área de aplicação por 48 horas a partir do dia seguinte a execução	Toda a área deve ser curada
Preservação de serviço acabado	Verificar o isolamento total da área executada durante a cura	Toda a área deve ser isolada
Acabamento	Verificar visualmente a presença de rugosidade, desagregação, falha, buraco e fissuramento	Não pode haver rugosidade, desagregação, falha, buraco ou fissuramento
Nivelamento	Verificar com nível alemão ou nível a laser ou mangueira de nível e trena metálica	Desvio máximo 5 mm (por apartamento)
Planeza	Verificar com régua de alumínio de 2m	Desvio máximo 3mm (por apartamento)
Acabamento final	Após 14 dias da cura, verificar a presença de rugosidade, desagregação, falha, buraco e fissuramento	Não pode haver rugosidade, desagregação, falha, buraco ou fissuramento
Aderência com a base	Após 28 dias da cura, verificar através de batidas no piso com peça metálica, madeira, ou martelo de inspeção	Não pode haver som cavo em áreas superiores a 900cm ² ou em beiradas com áreas frias

Após a execução do serviço de contrapiso, a equipe de engenharia é encarregada de conferir a qualidade dos serviços prestados. Desta forma, é realizada a inspeção em todos os locais em que foram executados contrapiso e registrados conforme FVS específica, que pode ser vista no anexo D.

Assim como a execução, o recebimento da argamassa também é analisado e registrado em ficha. As verificações são das informações na nota fiscal, volume, horários de saída da usina, chegada na obra e término da aplicação, lacre do caminhão betoneira e local de aplicação, procedimento semelhante ao de concretagem de estrutura. A ficha de verificação de material para argamassa fluida para contrapiso pode ser vista no anexo C.

4.5 ENSAIOS REALIZADOS

A fim de se analisar o desempenho do contrapiso executado, foram realizados dois ensaios de resistência de aderência à tração. O primeiro foi realizado somente no contrapiso para avaliar a aderência deste no substrato, ou camada estrutural. O segundo foi realizado no sistema de piso completo de áreas secas, ou seja, com revestimento cerâmico assentado sobre o contrapiso.

O primeiro ensaio, realizado no contrapiso executado com argamassa fluida, foi o de resistência de aderência à tração sem o revestimento final, ou seja, só o contrapiso, como pode-se ver na figura 23. O ensaio foi realizado pela empresa Conteste Engenharia, em junho de 2015, conforme a ABNT NBR 13.528:2010. Os dados do ensaio e os resultados estão mostrados na tabela 10. O ensaio na íntegra pode ser consultado no anexo A.

Tabela 10 - Dados do primeiro ensaio no contrapiso

Item	Descrição
Tipo de argamassa	Industrializada
Tipo de substrato	Estrutura de concreto sem chapisco
Fornecedor	Polimix
Idade	39 dias
Espessura	30 mm
Área da seção da pastilha	1963,50 mm ²
Umidade	1,2%
Média de resistência	0,4 MPa
Desvio médio	0,1 MPa

Figura 23 – Ensaio de resistência de aderência à tração no contrapiso



Fonte: foto tirada pelo autor em 03/02/16

Conforme o resultado demonstrado no ensaio, a média de resistência da tensão foi de 0,4 MPa neste ensaio. Além disso, 11 das 12 amostras obtiveram valor acima do limite mínima da norma. Por não se possuir um valor normativo de referência para contrapiso, os ensaios tomaram como referência valores limite de resistência para revestimentos de parede e teto de argamassas inorgânicas, referência normativa existente mais adequada a este cenário do contrapiso com

argamassa fluida por também ser uma camada de revestimento de argamassa inorgânica, apesar das diferentes solicitações.

Considerando que o limite mínimo de resistência de aderência à tração para revestimentos de parede e tetos é de 0,30 MPa, conforme ABNT NBR 13749:2013, a média das resistências ficou acima da mínima. A mesma norma exige também que no mínimo 8 das 12 amostras atinjam valores acima. Neste ensaio 11 das 12 amostras alcançaram este valor mínimo.

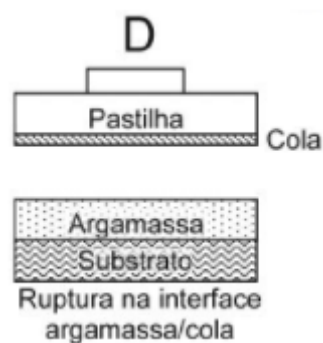
Por outro lado, Barros (1991) indica em sua tese valores de resistência de aderência do contrapiso, mostrados na tabela 11.

Tabela 11 - Valores para a resistência de aderência do contrapiso conforme Barros (1991)

Idade	Resistência de aderência à base	Resistência de aderência superficial
7 dias	0,3 MPa	0,7 MPa
14 dias	0,5 MPa	1,0 MPa

Se considerarmos estes números indicados por Barros (1991), a resistência teria sido reprovada uma vez que a média de aderência à base foi de 0,4 MPa aos 39 dias. Analisando-se o tipo de ruptura da pastilha do ensaio (tipo D), que é a ruptura que acontece na interface argamassa/cola, conforme a figura 24, nota-se que o valor de ruptura da interface laje/contrapiso é maior do que o valor de ruptura da interface contrapiso/cola da pastilha, o que pode indicar problemas de resistência superficial do contrapiso.

Figura 24 – Forma tipo D de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento sem chapisco



Fonte: ABNT NBR 13528:2010

O segundo ensaio realizado foi o da resistência de aderência à tração com o revestimento final, ou seja, sobre o contrapiso foi assentado revestimento cerâmico com argamassa colante. O ensaio foi realizado pela empresa Tecmix Engenharia e Tecnologia de Argamassas em abril de 2016. Neste ensaio foram realizados 3 protótipos de forma que o sistema de piso e os ensaios ficaram organizados de acordo com a tabela 12.

A cura química foi realizada por meio da pulverização do agente de cura para concreto Curatec sobre o contrapiso até que se formasse uma camada esbranquiçada, conforme procedimento adotado na obra e descrito anteriormente. A cura úmida é feita por meio da aplicação de lâmina d'água sobre a superfície do contrapiso e posterior colocação de manta úmida para manter a umidade do contrapiso. Este ensaio pode ser consultado no anexo B.

Tabela 12 – Critérios e resultados dos ensaios de aderência

	Protótipo A	Protótipo B	Protótipo C
Argamassa de contrapiso	Fluida	Semisseca	Fluida
Método de cura	Cura química	Cura úmida	Cura úmida
Argamassa colante	AC I Quartzolit	AC I Quartzolit	AC I Quartzolit
Revestimento cerâmico	Incepa Nórdico Snow Fit 60x60cm	Incepa Nórdico Snow Fit 60x60cm	Incepa Nórdico Snow Fit 60x60cm
Resistência média de aderência	0,37 MPa	0,43 MPa	0,47 MPa

Figura 25 – Protótipo C do ensaio de resistência de aderência à tração



Fonte: foto constante no relatório do ensaio

Os protótipos A e C (argamassa fluida) apresentaram valores de resistência à aderência maior que 0,3 MPa em pelo menos 4 das 6 amostras realizadas, conforme ABNT NBR 13753:1996. Já o protótipo B (argamassa semiseca) apresentou valores de resistência à aderência maior que 0,3 MPa somente em 3 das 6 amostras realizadas, em desacordo com a mesma norma citada. Com relação à cura do contrapiso, pelo resultado do ensaio, nota-se que para o contrapiso com argamassa fluida, a cura úmida estimulou maior resistência de aderência à tração.

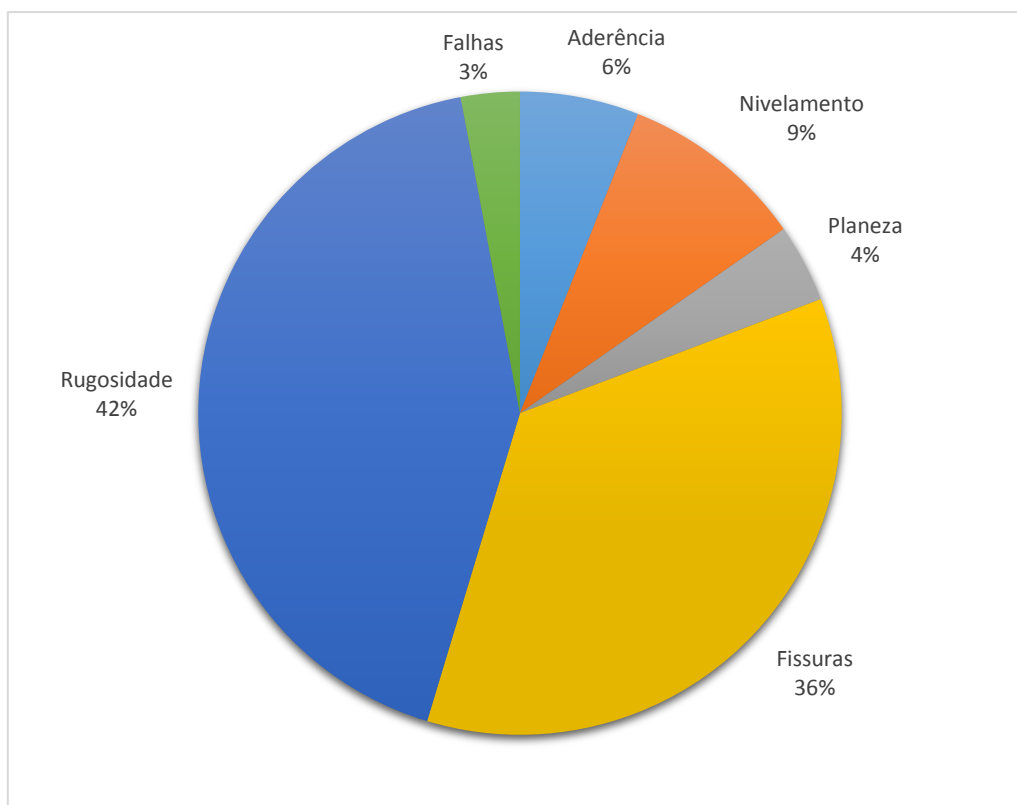
4.6 PROBLEMAS PATOLÓGICOS APRESENTADOS PELO CONTRAPISO E SEUS TRATAMENTOS

A fim de se analisar a qualidade dos contrapisos executados, foram compilados os dados de todas as FVS de contrapiso dos dois empreendimentos, cada um com duas torres. O primeiro empreendimento chamado Reserva, possui 17.297,84 m² de contrapiso de área seca, que foi todo executado com argamassa semiseca. O segundo empreendimento chamado Jardim, possui 16.760,25 m² de contrapiso de área seca, que foi todo executado com argamassa fluida.

Os dados das FVS foram compilados de forma a somar quantos problemas foram apontados nas fichas e o total foi somado para elaboração dos gráficos. Os números obtidos neste estudo estão no gráfico abaixo.

O contrapiso executado com argamassa fluida apresentou problemas como som cavo, fissuras, rugosidades, falhas, falta de nivelamento e planicidade. Estes problemas foram observados e registrados nas FVS de contrapiso com argamassa fluida do sistema de gestão da qualidade da Eztec, conforme anexo D. Os dados quantitativos referentes aos problemas podem ser vistos no gráfico 1.

Gráfico 1 – Problemas detectados no contrapiso com argamassa fluida



A rugosidade foi o problema de maior ocorrência observado no contrapiso. Ela é resultado do mau acabamento com a membreta, em que se observa ondulações no piso. É claramente um problema de execução e compromete o efeito visual do contrapiso, já que a entrega para o cliente é sem a camada de acabamento. A solução deste problema é trabalhosa, pois a empresa executora é chamada novamente ao local para fazer o lixamento daquela região. Desta forma, deve haver deslocamento de equipamentos pesados até o local e além de formação de poeira. A ocorrência da rugosidade e o acabamento com a membreta que o resulta podem ser vistos nas figuras 26 e 27, respectivamente.

Figura 26 – Rugosidade no contrapiso



Fonte: foto tirada pelo autor em 02/02/16

Figura 27 – Acabamento do contrapiso que causa rugosidades/ondulações



Fonte: foto tirada pelo autor em 02/02/16

Como visto no gráfico, as fissuras também ocorreram em grande escala. As fissuras por vezes eram profundas, como na figura 28, e por vezes superficiais, como na figura 29.

Figura 28 – Fissura profunda no contrapiso



Fonte: foto tirada pelo autor em 02/02/16

Nestes casos eram feitas as correções retirando a camada fissurada de contrapiso com serra elétrica e reaplicando argamassa semisseca de contrapiso no local. No caso das fissuras superficiais, eram provocadas por efeito de retração da argamassa, como observada na figura 29. Elas apresentam formatos curvos e ondulados e são resultantes da evaporação da água pelo calor de hidratação do cimento, apesar da presença de aditivos para evitar tal situação.

Figura 29 – Fissuras superficiais no contrapiso



Fonte: foto tirada pelo autor em 02/02/16

As fissuras superficiais eram tratadas fazendo uma pintura no piso para preenchimento da fissura com uma mistura de cimento e resina polimérica diluída em água, como na figura 30.

Figura 30 – Tratamento de fissuras superficiais



Fonte: acervo da obra

Por vezes as fissuras vinham acompanhadas de som cavo na região, indicando que houve separação da camada estrutural. A ocorrência de som cavo, com ou sem a presença de fissuras, era corrigida recortando a região com serra elétrica, limpando, colocando a ponte de aderência e reaplicando argamassa semisseca compactada, como na foto 31.

Figura 31 – Tratamento de som cavo em contrapiso



Fonte: acervo da obra

As falhas são pequenos buracos no contrapiso ou beiradas quebradas que são tratadas removendo a sujeira, umedecendo e aplicando argamassa nos buracos com espátula, como na figura a seguir.

Figura 32 – Falhas no contrapiso

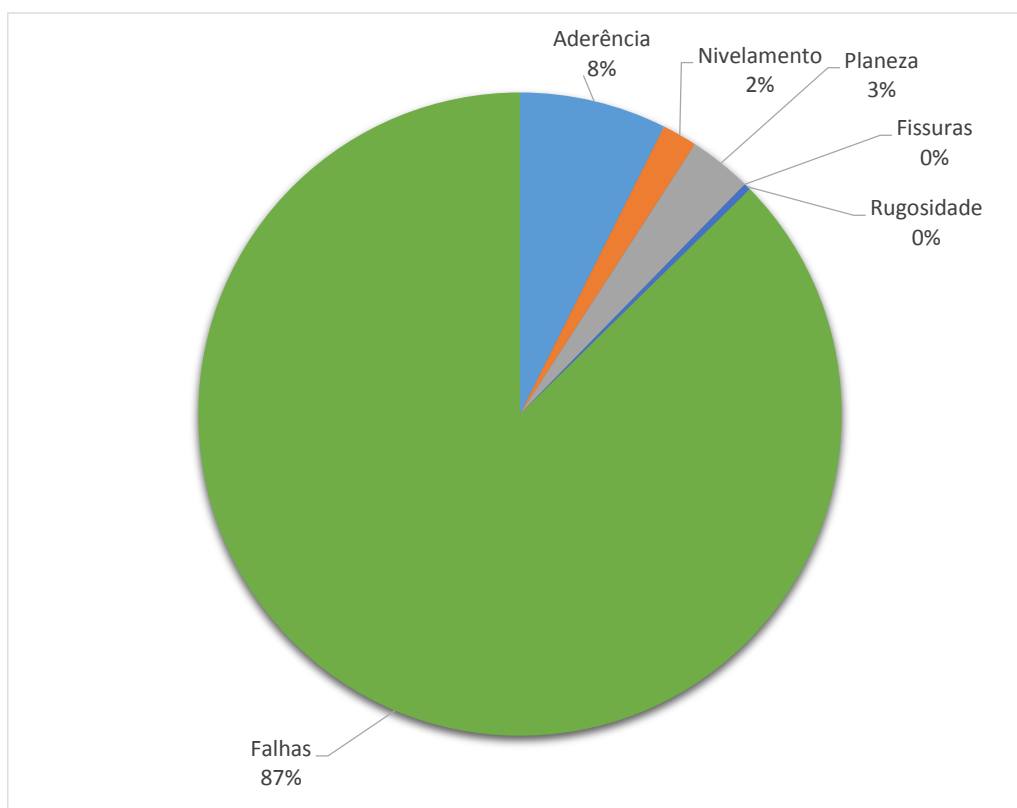


Fonte: foto tirada pelo autor em 02/02/16

Todas as ocorrências no contrapiso executado com argamassa fluida que eram de origem da execução ou do processo executivo, como som cavo, nivelamento, planeza e rugosidades eram corrigidas pela empresa executora. No caso de falhas, fissuras ou outros problemas gerados após a execução do contrapiso e por motivos que não fosse por falha da executora eram corrigidos pela equipe de mão de obra da construtora.

O contrapiso executado com argamassa semisseca também apresentou problemas como falhas, som cavo, rugosidades, falta de nivelamento e planicidade. Estes problemas também foram observados e registrados nas FVS de contrapiso com argamassa semisseca do sistema de gestão da qualidade da Eztec. Os dados quantitativos referentes aos problemas podem ser vistos no gráfico 2. As soluções dos problemas eram feitas da mesma forma que o contrapiso com argamassa fluida.

Gráfico 2 – Problemas detectados no contrapiso com argamassa semisseca



4.7 CUSTOS DE PRODUÇÃO DO CONTRAPISO

Os custos de produção dos contrapisos com argamassa fluida e semisseca que são os valores monetários para produção dos insumos e execução do serviço foram obtidos no estudo de caso, tanto o preço da argamassa quanto o preço da mão de obra de execução. O preço da argamassa semisseca foi obtido pela composição unitária dos insumos no traço da argamassa, já que estes insumos são comprados separadamente. Para efeito de comparação foi pesquisado o preço do índice do SINAPI da CEF como referência de custo para o estado de São Paulo. As tabelas 13 e 14 mostram os custos de produção dos dois métodos de execução dos contrapisos estudados.

Tabela 13 - Custos de produção para o contrapiso com argamassa semisseca

Execução de contrapiso com argamassa semisseca	Preço
Mão de obra (m ²)	R\$ 19,00
Material (m ³)	R\$ 285,36
TOTAL (m² de contrapiso para espessura de 3cm)	R\$ 27,56

Tabela 14 - Custos de produção para o contrapiso com argamassa fluida

Execução de contrapiso com argamassa fluida	Preço
Mão de obra (m ²)	R\$ 19,50
Material (m ³)	R\$ 270,00
TOTAL (m² de contrapiso para espessura de 3cm)	R\$ 27,60

Nos custos de mão de obra inclui o transporte do material da área de recebimento até o pavimento, do transporte manual através de elevador cremalheira para a argamassa semisseca e do transporte bombeado para a argamassa fluida.

Os dados do SINAPI foram retirados do documento oficial constante no site da CEF na internet. Assim como os preços discriminados nas tabelas acima, os

dados do SINAPI são base de dezembro de 2015 e para o estado de São Paulo. A tabela 15 mostram os dados obtidos no SINAPI para mão de obra.

Tabela 15 - Preços de referência para contrapiso do SINAPI para mão de obra

Descrição do item	Preço	Unidade
87630 - Contrapiso traço 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico com betoneira 400L, aplicado em áreas secas sobre laje, aderido, espessura 3cm	R\$ 29,48	m ²
88477 - Contrapiso autonivelante, aplicado sobre laje, aderido, 3cm	R\$ 18,97	m ²

Fonte: SINAPI, referência dezembro de 2015

Para a referência de material, no documento do SINAPI não constava nenhuma referência para a argamassa no traço 1:4 (cimento e areia) feita em obra. Para a argamassa fluida obtivemos do SINAPI os preços relacionados apresentados na tabela 16.

Tabela 16 - Preços de referência para contrapiso do SINAPI para material

Descrição do item	Preço	Unidade
38546 - Argamassa usinada autoadensável e autonivelante para contrapiso, inclui bombeamento	R\$ 301,44	m ³
25950 – Serviço de bombeamento de concreto com consumo mínimo de 40m ³	R\$ 26,84	m ³

Fonte: SINAPI, referência dezembro de 2015

Como o preço da argamassa fluida, constava incluído o bombeamento, fizemos a subtração do item de bombeamento, de forma que o preço da argamassa usinada autoadensável e autonivelante para contrapiso resultou em R\$ 274,60.

4.8 PRAZOS DE PRODUÇÃO DO CONTRAPISO

Os prazos de produção do contrapiso obtidos no estudo de caso foram baseados no formato de trabalho de gestão da construtora. Este formato de administração exige das contratadas que elas cumpram os cronogramas exigidos pela construtora independentemente do número de funcionários. De forma que, neste formato, a produtividade apresentada em hora-homem ou na razão de produção m²/hora não importa. Então, os prazos de produção dos contrapisos foram obtidos no ciclo baseado no planejamento da obra, que é de um pavimento por semana, independente do procedimento executivo.

A execução do contrapiso com argamassa semisseca seguiu em sua maioria o cronograma de 5 dias para a execução de um pavimento tipo, cuja área era de 617,78 m² de contrapiso de área seca. O cronograma de execução de contrapiso com argamassa semisseca está na tabela 17.

Tabela 17 - Cronograma normal de execução de contrapiso com argamassa semisseca

Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
- Transferência de nível - Limpeza e lavagem - Taliscamento	- Ponte de aderência - Aplicação da argamassa		- Cura úmida	

A execução do contrapiso com argamassa fluida seguiu em sua maioria o cronograma de 3 dias para a execução de um pavimento tipo, cuja área era de 598,58 m² de contrapiso de área seca. O cronograma de execução de contrapiso com argamassa fluida está na tabela 18.

Tabela 18 - Cronograma normal de execução de contrapiso com argamassa fluida

Dia 1	Dia 2	Dia 3
- Preparo da superfície: limpeza, lavagem e contenções	- Transferência de nível - Aplicação da argamassa	- Cura química

Em ambos os métodos de produção, em 24 horas após a finalização da cura, o contrapiso está apto para receber cargas e, conseqüentemente, apto para o serviço posterior.

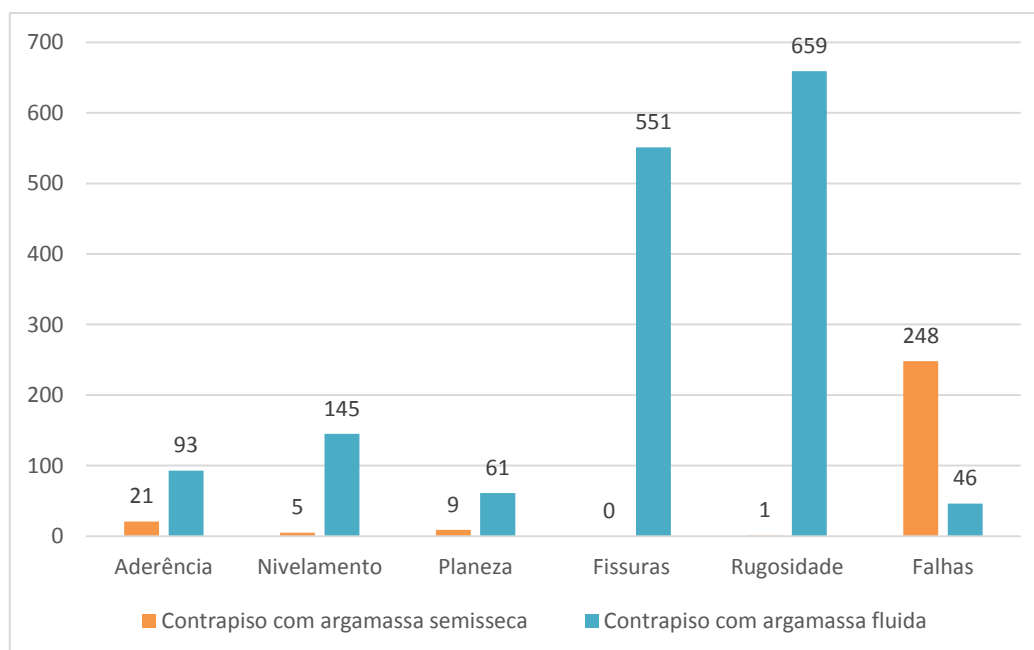
5. ANÁLISE COMPARATIVA DOS DADOS COLETADOS

Apresentados os resultados no capítulo anterior, a comparação entre os métodos de execução de contrapiso estudados nos quesitos de qualidade, custos e prazos de execução está feita nesta parte. E, por fim, a conclusão do trabalho apresentado.

5.1 SOBRE A QUALIDADE DO CONTRAPISO

Os dados de qualidade apresentados no item 4.6 mostraram a quantidade e a proporção entre os tipos de problemas de cada tipo de contrapiso individualmente. O gráfico 3 mostrado abaixo mostra, em números absolutos, para os dois tipos de contrapiso e separados por critérios, o total de problemas apresentados no estudo de caso.

Gráfico 3 – Número absoluto de ocorrências por tipo de critério de qualidade



Do gráfico acima podemos verificar que, para o contrapiso com argamassa semisseca, o problema de maior impacto foram as falhas, que são pequenos

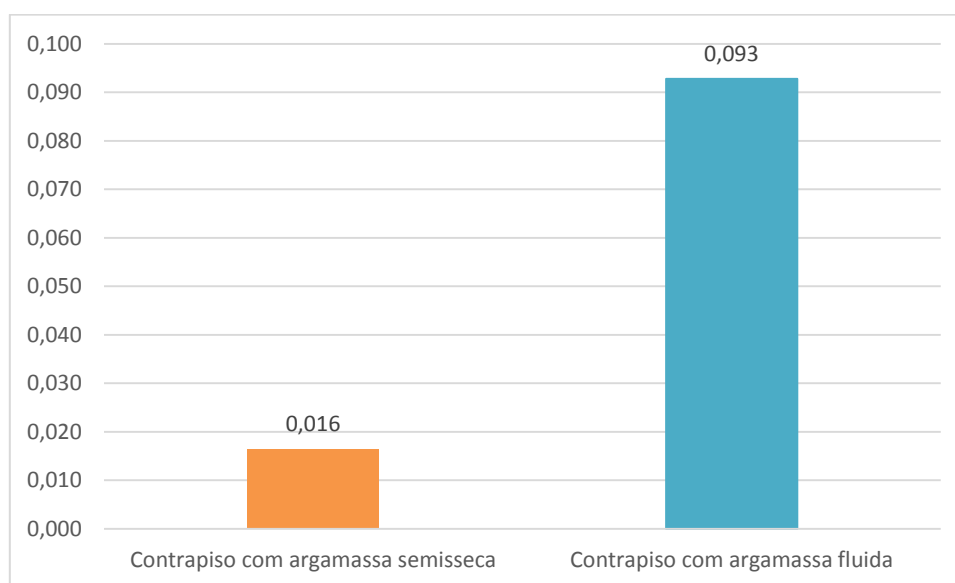
buracos no contrapiso ou beiradas quebradas. Estes problemas eram corrigidos aplicando o mesmo tipo de argamassa com espátula. A falha é de fácil correção em relação aos outros e é originado principalmente posterior à execução, quando deveria estar protegido, portanto trata-se de um problema de preservação do serviço acabado.

Com relação ao contrapiso com argamassa fluida, os problemas mais expressivos foram as rugosidades e as fissuras. As rugosidades foram, claramente, problemas de execução, como mostrado no capítulo 4, foram tratadas fazendo o lixamento da região afetada com máquina de polir.

Como foi visto, em comparação entre os dois procedimentos de execução de contrapiso, em números gerais, o contrapiso com argamassa fluida apresentou muito mais problemas do que o contrapiso com argamassa semisseca.

Como as torres possuem áreas de contrapiso de área seca diferentes, para compararmos de forma equivalente, a proporção de problemas por tipo de processo executivo, o gráfico mostra a relação de problemas detectados pela metragem quadrada analisada.

Gráfico 4 – Relação de problemas detectados por metro quadrado



Desta forma, afirma-se que a ocorrência de problemas no contrapiso com argamassa fluida, com 0,093 ocorrências por metro quadrado, foi superior ao contrapiso com argamassa semisseca, com 0,016 ocorrências por metro quadrado, aproximadamente 5,81 vezes mais problemas no contrapiso com argamassa fluida do que com semisseca.

5.2 SOBRE OS CUSTOS DE EXECUÇÃO DO CONTRAPISO

Os custos de produção apresentados no item 4.7 deste trabalho, estão organizados na tabela 19 de forma que nos permita comparar os dois tipos de procedimentos executivos.

Tabela 19 - Comparativo entre preços dos métodos de execução de contrapiso

Preço	Contrapiso com argamassa semisseca		Contrapiso com argamassa fluida	
	Obra	SINAPI	Obra	SINAPI
Mão de obra (m ²)	R\$ 19,00	R\$ 29,48	R\$ 19,50	R\$ 18,97
Material (m ²)	R\$ 8,56		R\$ 8,10	R\$ 8,24
Material (m ³)	R\$ 285,36	-	R\$ 270,00	R\$ 274,60
Total (m ²)	R\$ 27,56	R\$ 29,48	R\$ 27,60	R\$ 27,21

Os preços de material em metros quadrados são calculados pelo preço em volume para a área de 1 metro quadrada e espessura média de 3 centímetros. Todos os preços do Sinapi estão na base de dezembro de 2015, os preços aplicados na obra para a execução do contrapiso com argamassa semisseca e com argamassa fluida foram de dezembro de 2015 e janeiro de 2016, respectivamente.

Como podemos analisar, os preços executados na obra para o contrapiso com argamassa fluida estão bem próximos à referência do SINAPI, tanto para material quanto para mão de obra. Já o preço da mão de obra para execução do contrapiso com argamassa semisseca está abaixo da referência do SINAPI. Isso pode ser devido ao fato da negociação que foi feita graças à grande quantidade de serviço de execução de contrapiso, juntamente com a contratação dos demais serviços de mão de obra civil além do contrapiso, como alvenaria, revestimentos de argamassa, assentamento de cerâmica, entre outros. Além disso, as empresas possuem parceria antiga.

Já em comparação entre os dois métodos executivos aplicados no empreendimento, o preço da execução do contrapiso com argamassa semisseca foi maior, mais precisamente 5,13% maior do que o preço do contrapiso com argamassa fluida.

5.3 SOBRE O PRAZO DE EXECUÇÃO DO CONTRAPISO

Os prazos de produção de contrapiso apresentados no item 4.8 mostraram o ciclo de produção de cada processo. Desta forma, a produção de contrapiso com argamassa fluida é mais rápida, com ciclo de 3 dias para um pavimento tipo, enquanto o pavimento executado com argamassa semisseca possui ciclo de 5 dias.

Estes dois dias de diferença e antecipação por parte do contrapiso com argamassa fluida, geraram a possibilidade de antecipação dos serviços posteriores ao contrapiso. Porém, devido à grande quantidade de problemas detectados e demonstrados anteriormente, esta antecipação de tempo acabou sendo gasta para realizar o tratamento das patologias, que como mostradas, eram de difícil execução, as quais necessitavam transporte de entulho ou de maquinário para lixamento de piso.

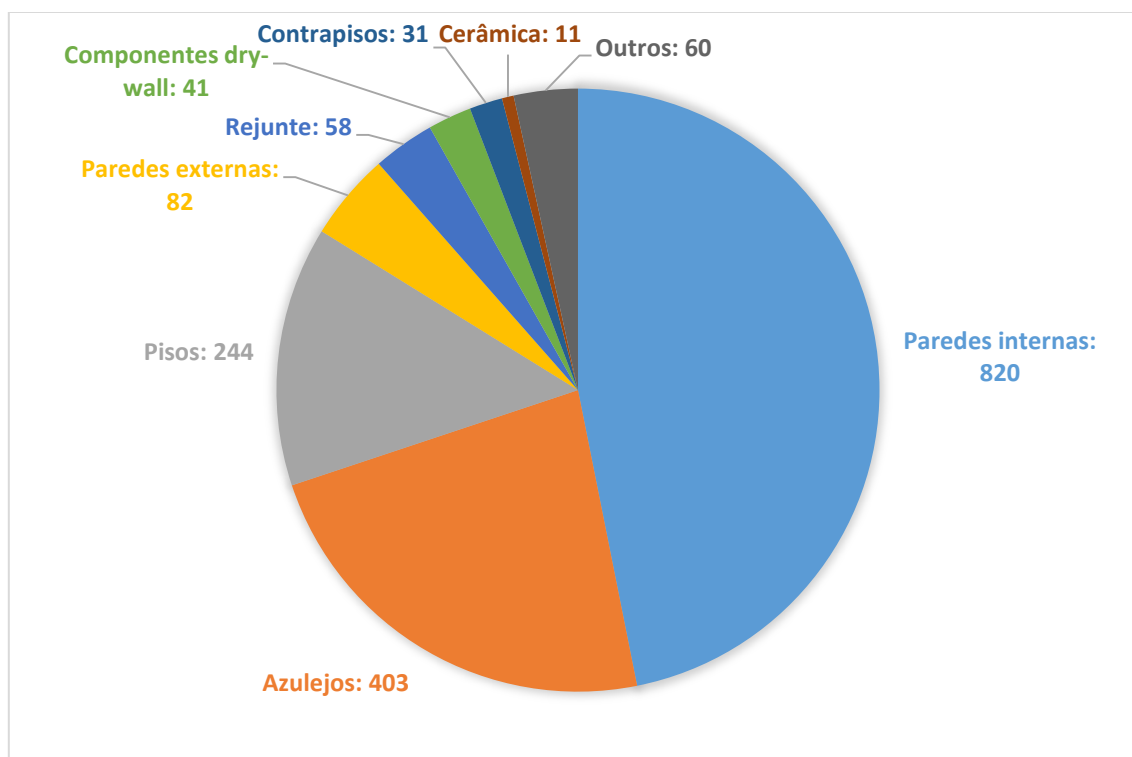
Portanto, neste estudo de caso em específico, a antecipação gerada pelo método de contrapiso com argamassa fluida bombeada não garantiu antecipação do cronograma.

5.4 CONCLUSÃO/SÍNTESE DO ESTUDO

As empresas de construção civil buscam constantes melhorias na qualidade e no desempenho dos edifícios e a redução de custos e prazos para aumentar as vantagens competitivas. Na Eztec não é diferente e, desta forma, este trabalho procurou estudar o método de execução de contrapiso com argamassa fluida e compará-lo ao método tradicional, como forma de se alcançar os objetivos anteriormente citados e, principalmente, desenvolver e aprimorar a execução deste sistema.

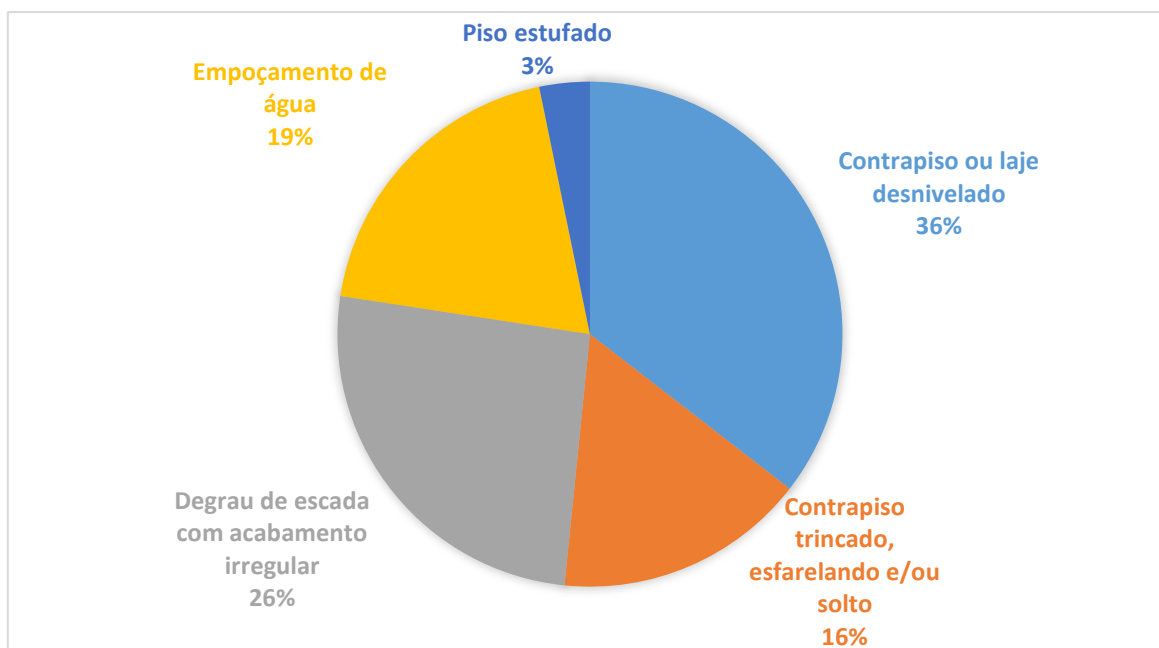
Os contrapisos executados pela construtora não costumam gerar problemas no pós-obra, de forma que os chamados de assistência técnica mostram que o contrapiso não costuma ser um grande problema no grupo dos revestimentos. Os gráficos 5 e 6 mostram a incidência de problemas relacionados ao contrapiso no período de junho de 2014 a agosto de 2016.

Gráfico 5 – Dados de assistência técnica da Eztec – Grupo Revestimentos



Fonte: Departamento de Assistência Técnica da Eztec

Gráfico 6 – Dados de assistência técnica – Subgrupo Contrapisos



Fonte: Departamento de Assistência Técnica da Eztec

Observa-se que as técnicas de produção de contrapisos devem ser pensadas previamente na etapa de orçamento e planejamento para que se possam extrair ao máximo as vantagens dos métodos definidos. Da mesma forma, os procedimentos de controle de qualidade devem ser executados de maneira sistêmica. Lembrando que a qualidade abrange desde o desenvolvimento dos projetos, que devem ser bem detalhados, até a execução e a preservação dos serviços executados.

Na obra deste empreendimento, o objetivo principal de se executar o contrapiso com argamassa fluida foi cumprido, pois aliviou, em grande parte, a logística do canteiro de obras, diminuindo grandes volumes de recebimento de materiais, especificamente de areia e cimento, em relação ao que seria necessário para se executar o contrapiso com argamassa semisseca. Lembrando, que isto não eliminou completamente o recebimento de areia e cimento, pois as áreas molhadas (cozinha e área de serviço) e as áreas molháveis (terraço e banheiro) ainda assim foram executadas com argamassa semisseca devido aos caimentos e à impermeabilização.

O procedimento de execução de contrapiso com argamassa semisseca é uma técnica já dominada pela empresa, porém isto não implica que o projeto de contrapiso não seja necessário. Para a execução de contrapisos com argamassa fluida é ainda mais recomendável o projeto de produção de contrapiso para que se definam alguns parâmetros básicos, que ficaram ausentes na execução deste empreendimento, como por exemplo, o traço da argamassa a utilizar, presença ou não de juntas de dessolidarização e/ou de movimentação e ensaios da argamassa fluida. Desta forma, o projeto para a execução de contrapisos tende a evitar a incidência de patologias além de dar base para o controle de qualidade da argamassa.

O projeto de contrapiso deve conter as especificações da argamassa fluida (abatimento, resistência mecânica) para controle da argamassa no estado fresco e no estado endurecido. As especificações dos aditivos para que se obtenha o melhor desempenho também é importante. Além disso, o projeto deve especificar os ensaios a se realizar.

As juntas de dessolidarização ou perimetral e as juntas de movimentação ou de controle, conforme exigência da ABNT NBR 13753 (1996), são os espaços cuja função é aliviar tensões provocadas pelas movimentações da base ou do próprio revestimento, por isso, devem ser previstas já na etapa de projeto.

Figura 33 – Juntas de dessolidarização e de movimentação



Fonte: Foto cedida pelo engº Alexandre Brites da Cyrela Construtora (2017)

Com os resultados mostrados, pode-se observar que a qualidade dos contrapisos foi melhor no contrapiso com argamassa semisseca, no qual a incidência de manifestações patológicas foi inferior, e de menor complexidade de correção.

Com relação aos custos de produção, os dois processos construtivos resultaram em valores muito parecidos, com ligeira vantagem do contrapiso com argamassa fluida.

A principal vantagem do contrapiso com argamassa fluida ter, potencialmente, prazo de produção bem menor do que o com argamassa semisseca, não foi de fato aproveitada. As correções que tiveram de ser feitas no contrapiso, acabaram tomando muito tempo, de modo que o tempo ganho durante a execução foi gasto corrigindo os problemas.

A tabela 20 mostra vantagens e as desvantagens dos dois métodos de produção de contrapisos compiladas a partir da experiência do autor no desenvolvimento deste trabalho e, principalmente, a partir dos resultados do estudo de caso realizado.

Tabela 20 - Vantagens e desvantagens dos métodos de execução de contrapiso

Quesito	Vantagens		Desvantagens	
	Contrapiso com argamassa semisseca	Contrapiso com argamassa fluida	Contrapiso com argamassa semisseca	Contrapiso com argamassa fluida
Produto	Possível fazer pisos nivelados e com caimentos			Impossibilidade de se realizar declividades para o escoamento de água
Qualidade	Menor incidência de patologias			Maior incidência de patologias
Controle de produção do traço da argamassa		Mais preciso	Mais rudimentar.	
Prazo de produção		Alta produtividade	Baixa produtividade	
Controle de qualidade do material no estado fresco	Controle de qualidade é feito na rastreabilidade dos insumos, não necessitando ensaios			Controle de qualidade exige ensaios para aceitação do material recebido
Armazenamento		Redução da área de armazenamento de materiais	Necessita grandes áreas para recebimento e armazenamento	
Transporte		Otimização do transporte horizontal e vertical no canteiro de obras por ser bombeado	Dificuldade de transporte horizontal e vertical devido ao peso	
Disponibilidade	Insumos são comuns e fáceis de achar no comércio			Requer disponibilidade de concreteira na região

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando-se a busca constante na racionalização dos processos construtivos no mercado da construção civil, este trabalho procurou analisar o processo de execução de contrapiso com argamassa fluida como alternativa do método tradicional com argamassa semiseca.

Este trabalho apresentou as características de cada método construtivo de contrapisos, com enfoque para aquele executado com argamassa fluida, pois é inovação na empresa. Foram mostrados os resultados segundo os critérios de qualidade, custo e prazo de produção, e as vantagens e desvantagens de ambos. Desta forma, considera-se que o objetivo inicialmente estabelecido para este trabalho tenha sido atingido.

Este trabalho buscou dados reais obtidos no campo para que os futuros processos de execução, contratação, sistema de gestão da qualidade, entre outros processos internos relativos ao contrapiso, possam ser aperfeiçoados na empresa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13528 – Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração.** 2010. 15p.

_____. **NBR 13749 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação.** 2013. 14p.

_____. **NBR 13753 – Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento.** 1996. 19p.

_____. **NBR 13754 – Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento.** 1996. 11p.

_____. **NBR 13755 – Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento.** 1996. 11p.

_____. **NBR 15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais.** 2013. 71p.

_____. **NBR 15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho - Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos.** 2013. 42p.

AMORIM, J. R. R. **Contrapiso de edifícios executado com argamassa fluida: parâmetros para desenvolvimento de projeto, execução de obra e controle de qualidade.** 2015. 155 p. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 2015.

BARROS, M. M. S. B. **Tecnologia de Produção de Contrapisos para Edifícios Habitacionais e Comerciais.** 1991. 265p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H. **Tecnologia de Produção de Contrapisos para Edifícios Habitacionais e Comerciais.** Boletim Técnico nº 44 da Escola Politécnica da USP/Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1991.

BARROS, M. M. S. B.; BERNARDES, M.; NAKAMURA, L. **Contrapiso Flutuante.** Revista Técnica. São Paulo. Ed. 164, novembro. 2010. Editorial. Disponível em:

< <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/164/artigo286762-2.aspx> >

Câmara Brasileira da Construção Civil. **Catálogo de inovação na construção civil.** 2016. 137 p. Brasília, 2016.

CBIC; CNI. **Sondagem da Indústria da Construção**. 2015. Publicação n° 12, dezembro, 2015. Disponível em <www.cbic.org.br>. Acesso em 12/02/16.

CASTRO, L. O. da C de O. **Cooperação Tecnológica para Inovação no setor da Construção Civil**. 2013. 204 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.

DIN – DIE EUROPÄISCHE NORM - **DIN EN 13318 – Estrichmörtel und Estriche**. 2000. 14p.

EGLE, T. **Contrapiso autonivelante**. Revista Técnica. São Paulo. Ed. 164, novembro. 2010. Editorial. Disponível em:

< <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/164/artigo286771-1.aspx>>

EUROPEAN FEDERATION OF NATIONAL ASSOCIATIONS REPRESENTING PRODUCERS AND APPLICATORS OF SPECIALIST BUILDING PRODUCTS FOR CONCRETE (EFNARC). **Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete**. EFNARC, fevereiro, 2002. 32p. Disponível em <www.efnarc.org>. Acesso em 06/06/16.

JUNIOR, J. A. F. **Materiais de Construção: Aditivos para Concreto**. 2013. Notas de aula. Departamento de Construção Civil, Curitiba, 2013.

NAKAKURA, E. H. BUCHER, H. R. E. **Pisos autonivelantes: Propriedades e instalação**. 1997. 12 p. Artigo. II Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas. Salvador, 1997.

ROQUE, M. **Controle de Qualidade na Execução do Contrapiso**. 2008. 57 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

RUBIN, A. P. **Argamassas autonivelantes industrializadas para contrapiso: análise do desempenho físico-mecânico frente às argamassas dosadas em obra**. 2015. 205 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

SILVA, R. P. **Argamassas com adição de fibras de polipropileno – Estudo do comportamento reológico e mecânico**. 2006. 191 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SOUZA, C. S. **Análise de desempenho do contrapiso autonivelante em relação ao sistema tradicional**. 2013. 118p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

SOUZA, U. E. L.; AGOPYAN, V. **Estudo da Produtividade da Mão-de-obra no Serviço de Formas para Estrutura de Concreto Armado**. Boletim Técnico n°

165 da Escola Politécnica da USP/Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1996.

TAVAREZ, J. A. M. **Implantação de inovações tecnológicas na produção de edifícios: estudo de caso**. 2015. 72 p. Monografia (Pós-graduação *lato-sensu* em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

ANEXO A - ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DA ARGAMASSA DE CONTRAPISO



Solicitante: Nivelmix Engenharia Ltda

Obra: E.Z.L.I Empreendimentos Imobiliários Ltda

Endereço: Avenida: Bartholomeu de Carlos, 901

Código Obra: 6379

Folha nº: 1/1

Relatório de Ensaio: 01

ARGAMASSAS INORGÂNICAS DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO NBR 13528/10

Resultados									
Pastilha	Tipo de Ruptura (Tabela)	Leitura de Carga (Kgf)	Carga (N)	Tensão (MPa)	Pastilha	Tipo de Ruptura (Tabela)	Leitura de Carga (Kgf)	Carga (N)	Tensão (MPa)
1	D	83,0	814,0	0,4	7	D	26,0	255,0	0,1
2	D	115,0	1127,8	0,6	8	D	58,0	568,8	0,3
3	D	77,0	755,1	0,4	9	D	76,0	745,3	0,4
4	D	113,0	1108,2	0,6	10	D	110,0	1078,7	0,5
5	D	86,0	843,4	0,4	11	D	97,0	951,2	0,5
6	D	56,0	549,2	0,3	12	D	99,0	970,9	0,5
Argamassa Tipo:		Substrato Tipo:		Chapisco:		Média Resistência:		Espessura:	
Industrializada		Estrutura de Concreto		Não		0,4 MPa		30,0 mm	

Ruptura no Ensaio de Aderência COM Chapisco

- A- Ruptura no Substrato;
- B- Ruptura entre Substrato / Chapisco;
- C- Ruptura no Chapisco;
- D- Ruptura entre Chapisco / Argamassa;
- E- Ruptura na Argamassa;
- F- Ruptura entre Cola / Pastilha;

Ruptura no Ensaio de Aderência SEM Chapisco

- A- Ruptura no Substrato;
- B- Ruptura entre Substrato / Argamassa;
- C- Ruptura na Argamassa;
- D- Ruptura entre Argamassa / Cola;
- E- Ruptura entre Cola / Pastilha;

Limites de Resistência de Aderência à Tração

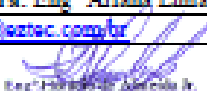
Tipo de Ruptura	Interna	≥ 0,20
	Externa	≥ 0,30
≥ 0,30		
Teto		≥ 0,20

Data da Aplicação:	Data de Ensaio:	Idade:	Área da Seção da Placa:	Umidade:
19/06/15	28/07/15	39 dias	1963,50 mm²	1,2 %
Amostra:	Fornecedor:	Localização dos Ensaio:		
01	Pollmix	Torre A - 5º Pavimento Final 3 (sala)		
Observações:				

Os dados deste relatório são restritos a(s) amostra(s) analisada(s). Reprodução parcial ou total sem o consentimento de CONTESTE.

Conteste Engenharia e Tecnologia Ltda - Rua Luiz Antônio Peirão, 17305 - Jd. Bela Vista - Osasco - SP - CEP: 08060-120 - Tel: (11) 2264-2000 Fax: (11) 2665-2002 - Laboratório Padronizado à NBR 5

Gerente Técnico:	Osasco, 30 de Julho de 2015.
Engº Dennis Bragante da Silva - CREA nº 5061854662	

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO																						
ABNT NBR 13528/10 - 13753/96 - 13754/96 - 13755/96																						
RELATÓRIO DE ENSAIO Nº: AR016/16						DATA: 10/03/2016																
CLIENTE: E Z L I Empreendimentos Imob. Ltda						Enviar resultado para: Eng ^a Ariana Lima																
Construtora: EZTEC						E-mail: ariana.lima@eztec.com.br																
Endereço Obra: Rua Antonieta 549 - Guarulhos/ SP						Responsável Técnico:  Eng ^a Ariana Lima CRF nº 161399/15																
Identificação da Argamassa Colante		Argamassa de Revestimento						Características do Substrato														
		INDUSTRIALIZADA			TRADICIONAL																	
Tipo	Marca	Tipo	Finalidade	Fabricante	CM	CAL	AREIA	Tipo	kg/MPa	Marca												
ACI	Quartzolit	-	-	-	-	-	-	Contrapiso	-	-	-											
LOCAL		IDADE DA ARGAMASSA		TIPO DE CHAPISCO																		
INTERNO <input checked="" type="checkbox"/>		>28 dias		Rolado <input type="checkbox"/>	Projetado <input type="checkbox"/>	Tradicional <input type="checkbox"/>	Sem Chapisco <input type="checkbox"/>	COLANTE				IDADE DO CHAPISCO										
EXTERNO <input type="checkbox"/>				ADITIVO UTILIZADO	ADITIVO	ÁGUA	CIMENTO	AREIA														
VIGAS E PILARES <input type="checkbox"/>				-	-	-	-	-				-										
ALVENARIA <input type="checkbox"/>				-	-	-	-	-				-										
Equipamento de Tração			Pastilhas (Seção)				Dispositivo de Corte															
Nº 058 - Catib. RBC 11/03/15																						
Tipo		Marca	Circular <input type="checkbox"/>		Quadrada <input checked="" type="checkbox"/>		Serra Copo <input type="checkbox"/>		Disco de Corte <input checked="" type="checkbox"/>													
Hidráulico		DYNA-PROCEQ	50 mm de Diâmetro		100 mm de lado		Seção Circular		Seção Quadrada													
CP Nº	(*)	Carga (N)	Tensão (MPa)	Espes. (cm)	Andar	Observações	FORMAS DE RUPTURA (%)															
							(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)					
13		4775	≥ 0,48		4 ^a	Apto Final 01 Torre A										30	70					
14	+	2034	≥ 0,20															30	70			
15		4577	≥ 0,48															95				5
16		4273	≥ 0,43															5	95			
17		5325	≥ 0,63						40									40	20			
18	+	2303	≥ 0,23						5									15	80			
							Argamassa Colante AC I Quartzolit Cura Úmida Contrapiso Autonivelante															
							Fornecedor Cerâmica: Incepa Modelo PS - Nartico Snow Fit															
Nº Total de CP's (m)	Nº CP's Considerados (m)	(*) = Nº CP's Desconsiderados (m)	Resistência Média de Aderência (MPa)	TENDÊNCIA DA FORMA DE RUPTURA (%)																		
				(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)								
6	4	2	0,47	3	0	0	0	0	0	0	0	0	63	43	0	0	0	0	0			
Ind.	Formas de Ruptura					Limites de resistência de aderência a tração (R _a)																
(a)	Ruptura do substrato					EMBOÇO E CAMADA ÚNICA, NBR 13748/13																
(b)	Ruptura na interface chapisco/substrato					Parede Interna - Pintura ou base para reboco																
(c)	Ruptura do chapisco					Parede Interna - Cerâmica ou Laminado																
(d)	Ruptura interface argamassa revestimento/chapisco					Parede Externa - Pintura ou base para reboco																
(e)	Ruptura interface argamassa revestimento/substrato					Parede Externa - Cerâmica																
(f)	Ruptura da argamassa de revestimento					Teto																
(g)	Ruptura interface arga. revestimento/arga. colante																					
(h)	Ruptura da argamassa colante					REVESTIMENTO CERÂMICO																
(i)	Ruptura argamassa colante/cerâmica					Piso Interno ou Externo (NBR-13753/96)																
(j)	Ruptura na interface cerâmica/massa plástica					Paredes Internas (NBR-13754/96)																
(k)	Ruptura argamassa colante/substrato					Paredes Externas (NBR-13755/96)																

ONS: NI = NÃO ESPECIFICADO - MU = MÚLTIPLO USO - SUP = SUPERFICIAL.

ANEXO C - FICHA DE VERIFICAÇÃO DE MATERIAL PARA ARGAMASSA DE CONTRAPISO AUTONIVELANTE

EZ TEC Construindo qualidade de vida		FVM – ARGAMASSA PARA CONTRAPISO AUTONIVELANTE		Fornecedor:
		Obra:		
CONTROLE		LOCAL DE APLICAÇÃO (PAVIMENTO / TORRE):		
		Data: ____/____/____ Início previsto: ____ : ____ h		
		LACRE	LOCAIS DE APLICAÇÃO / DISPOSIÇÃO	
		HORÁRIOS		
N° da Betoneira (sequencial)	NF	VOLUME (m ²)	Saída da usina	Chegada na obra
1				Término da aplicação
2				
3				
4				
5				
Inspeccionado por:		Legenda:	O Aprovado	X Reprovado

• *Sempre anexar o mapeamento do local de aplicação à FVM.*

VERIFICAÇÕES – ITENS DE CONTROLE:

NOTA FISCAL (NF)
Preencher com o número da Nota Fiscal.

VOLUME
Preencher com o volume recebido (que consta na NF).

HORÁRIOS: SAÍDA, CHEGADA E TÉRMINO DE APLICAÇÃO (TEMPO GASTO)
Verificar e preencher com os horários de saída da usina (que consta na NF), chegada na obra e horário do término de aplicação da argamassa. O tempo gasto entre o horário de saída da usina e o horário do término da aplicação não deve ser superior a 3 horas. Reprovar a carga após este período.

LACRE
Verificar se o caminhão está lacrado e comparar o número do lacre com a NF. Reprovar a carga, caso contrário.

LOCAIS DE APLICAÇÃO / DISPOSIÇÃO
1) Em caso de aprovação da carga: Marcar os locais de aplicação;
2) Em caso de reprovação da carga: Marcar a disposição adotada. Preencher com "Devolução de toda a carga, por exemplo".

ANEXO D – FICHA DE VERIFICAÇÃO DE SERVIÇO DE CONTRAPISO COM ARGAMASSA FLUIDA

EZ TEC <small>Contribuindo qualidade de vida</small>		FVS - CONTRA-PISO AUTONIVELANTE				OBRA: LOCAL DE INSPEÇÃO:	FOLHA 1/1
Amostragem: 100%		LOCAL (por apartamento/ por trecho)					
ITEM	MÉTODO DE VERIFICAÇÃO	TOLERÂNCIA					
Liberação do local	Presença de entulhos, escoras metálicas ou fôrmas de madeiras que impeçam o início do serviço	Não pode haver falhas					
Limpeza da Base	A base deve estar isenta de qualquer tipo de sujeira e restos de argamassa.	Não pode haver falhas					
Delimitação da área de aplicação da massa	A área de aplicação da massa deve ser delimitada através de madeirites.	Não pode haver falhas					
Umidecimento da área de aplicação	Verificar visualmente se a base está umida.	Não pode haver falhas					
Nivelamento dos pontos de referência	Verificar, partindo de um ponto de referência pré estabelecido, com nível a laser e trena metálica	desvio máx. 5mm (por apartamento)					
Aderência com a base	Através de batidas no piso com peça metálica, madeira ou martelo de inspeção.	não pode haver som cavo					
Nivelamento	Verificar com nível alemão ou nível a laser ou mangueira de nível e trena metálica;	desvio máx. 5mm (por apartamento)					
Planeza	Verificar com regua de alumínio de 2m.	desvio máx. 3mm (por ambiente)					
Cura úmida	Verificar visualmente após conclusão do contra-piso	-					
Acabamento	Verificar visualmente a presença de rugosidade, desagregação, falhas, buracos e fissuramento.	não pode haver falhas					
Legenda	Ainda não inspecionado: Em branco	aprovado O	reprovado X				reinspecionado e aprovado ⊗
OCORRÊNCIA DE NAO-CONFORMIDADE E TRATAMENTO							
Número	Descrição do Problema		Local	Solução			
Inspeccionado por:			Aprovado por:				
Identificação FVS.24d rev 00	Armazenamento Pasta no Escritório da Obra	Recuperação Por serviço	Proteção Acesso à Engenharia da Obra	Data da abertura da FVS:	Tempo de Retenção Até o final da obra	Data de fechamento da FVS:	Descarte Lixo