



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

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

Elaine Gastaldi Lopes Fernandes

## **AVALIAÇÃO DO USO DO AGREGADO MIÚDO DO MUNICÍPIO DE PONTE ALTA DO TOCANTINS EM ARGAMASSA AUTONIVELANTE**

Palmas – TO

2018

Elaine Gastaldi Lopes Fernandes

AVALIAÇÃO DO USO DO AGREGADO MIÚDO DO MUNICÍPIO DE PONTE ALTA  
DO TOCANTINS EM ARGAMASSA AUTONIVELANTE

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

Orientador: Prof. M.Sc. Fábio Henrique de Melo Ribeiro.

Palmas – TO

2018

Elaine Gastaldi Lopes Fernandes

AVALIAÇÃO DO USO DO AGREGADO MIÚDO DO MUNICÍPIO DE PONTE ALTA  
DO TOCANTINS EM ARGAMASSA AUTONIVELANTE

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

Orientador: Prof. M.Sc. Fábio Henrique de Melo  
Ribeiro.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. M.Sc. Fábio Henrique de Melo Ribeiro.

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

---

Prof. Dra. Ângela Ruriko Sakamoto

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

---

Prof. M.e. Fernando Moreno Suarte Júnior

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2018

*Dedico esse trabalho a minha mãe  
por tornar esse sonho possível.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por me proporcionar a possibilidade de realizar esse trabalho de conclusão de curso.

À minha família, pelo apoio, carinho e compreensão. Ao meu namorado por estar sempre ao meu lado me apoiando e me incentivando.

Aos meus orientadores Maria Caroline e Fábio Ribeiro, por todo incentivo, pelo conhecimento transmitido, sempre auxiliando e colaborando nos momentos mais difíceis.

Ao Miller e ao João, do laboratório de materiais de construção do CEULP/ULBRA, que sempre se mostraram a disposição para me ajudar na execução dos ensaios.

E a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

*“É mais fácil obter o que se deseja com um sorriso do que à ponta da espada”.*

*(William Shakespeare)*

## RESUMO

FERNANDES, Elaine Gastaldi Lopes. **Avaliação do uso do agregado miúdo do município de Ponte Alta do Tocantins em argamassa autonivelante**. 2018. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2018.

A principal característica da argamassa autonivelante é o fato de possuir elevada fluidez, em comparação às argamassas convencionais. A aplicação do contrapiso autonivelante (CPA) na obra é feita com uma mangueira que espalha a argamassa sobre todo o piso, sem a necessidade de uma energia de compactação ou espalhamento. A questão mais importante com relação à aplicação da argamassa autonivelante é a diminuição de mão de obra e do tempo para aplicação dessa argamassa, porque ela espalha-se praticamente pelo seu peso próprio. Este trabalho consiste em analisar o agregado miúdo de Ponte Alta com aplicação em argamassa autonivelante. Os materiais empregados no estudo para confecção da argamassa são o Cimento CP V ARI, devido a sua finura e a capacidade de absorver o aditivo superplastificante, a areia de Ponte Alta do Tocantins e aditivos. O trabalho foi dividido em duas etapas: a primeira consiste em caracterizar a areia de Ponte Alta através dos ensaios de massa específica, massa unitária, determinação da composição granulométrica e análise petrográfica. Concomitantemente com a caracterização analisar a presença de substâncias nocivas através dos ensaios de determinação do teor de argila em torrões nos agregados e determinação do teor de materiais pulverulentos. A segunda etapa consiste nos ensaios da argamassa autonivelante no estado fresco onde se determinou a fluidez e a segregação pelo ensaio do espalhamento. No estado endurecido determinou-se a resistência à tração na flexão e compressão axial, aderência profunda e superficial, e absorção de água, com traço padrão de 1:4, visando comparar os resultados encontrados com a caracterização da areia e a quantidade de materiais deletérios encontrados nas amostras.

Palavras-chave: Agregado miúdo. Argamassa Autonivelante. Contrapiso.

## ABSTRACT

FERNANDES, Elaine Gastaldi Lopes. **Evaluation of the use of the aggregate kid from the municipality of Ponte do Tocantins in self-leveling mortar.** 2018. 80 f. Course Completion Work (Undergraduate) - Civil Engineering Course, Lutheran University Center of Palmas, Palmas / TO, 2018.

The main characteristic of the mortar is the fact that it has great fluidity compared to conventional mortars. The self-leveling counterweight (CPA) is applied with a hose that spreads over the entire floor structure without requiring compaction or scattering energy. The most important question regarding the application of the autonomous mortar is the reduction of the workmanship and rhythm for the application of this mortar, because it spreads by its own weight. This work consists of analyzing the small aggregate of Ponte Alta with the application in self - leveling mortar. The materials used in the study for the preparation of the mortar are Cement CP V ARI, due to its absorption capacity and superplasticizing additive, the Ponte Alta do Tocantins sand and additives. The work was divided in two stages: the first one is to characterize the Ponte Alta sand by means of mass tests, unit mass, determination of the granulometric composition and petrographic analysis. Concomitantly with an analytical characterization on the presence of harmful substances through the tests for determination of the clay content in clods and the determination of the content of powdery materials. The monolayer assay of autonivelamento in-state cooling mortar determined the fluidity and segregation of the spreading assay. In the hardened state tensile strength and axial compression, deep and superficial adhesion, and water absorption, with a standard trace of 1:4, were determined with the ring results compared to the characterization of the sand and the products excluded in the samples.

Keywords: Aggregate kid. Self-leveling mortar. Underfloor

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Exemplo genérico de um sistema de pisos e seus elementos.....	19
Figura 02 – Procedimento de execução do contrapiso convencional.....	20
Figura 03 – Comparativo contrapiso convencional x contrapiso autonivelante.....	21
Figura 04 – Argamassa para contrapiso autonivelante lançada sobre laje.....	22
Figura 05 – Jazida de areia – Ponte Alta do Tocantins – TO.....	27
Figura 06 – Mapa de localização.....	28
Figura 07 – Parque Estadual do Jalapão – Formação Urucuia.....	29
Figura 08 – Relevo Residual representado pela Serra do Espírito Santo com topo plano e encostas escarpadas.....	30
Figura 09 – Mapa Geomorfológico do Parque Estadual do Jalapão e entorno.....	30
Figura 10 – Pedra Furada – Ponte Alta do Tocantins – TO.....	33
Figura 11 – Jazida de areia de Ponte alta do Tocantins: Extração manual.....	38
Figura 12 – Exsudação.....	42
Figura 13 – Organograma.....	46
Figura 14 – Imagem aérea da jazida de areia de Ponte Alta do Tocantins.....	48
Figura 15 – Ensaio de granulometria.....	48
Figura 16 – Ensaio de massa unitária.....	49
Figura 17 – Ensaio de Material pulverulento.....	50
Figura 18 – Argamassadeira utilizada na produção da argamassa.....	51
Figura 19 – Mini tronco de cone.....	52
Figura 20 – Corpos de prova cilíndricos.....	54
Figura 21 – Ensaio de resistência à compressão na Prensa Emic.....	55
Figura 22 – Ensaio de compressão na prensa EMIC PC 201.....	56
Figura 23 – Substrato utilizado para a realização do ensaio de aderência à tração.....	57
Figura 24 – Esquema de extração de corpos de prova.....	57
Figura 25 – Curva granulométrica da areia de Ponte Alta.....	58
Figura 26 – Curva granulométrica da areia natural de Palmas.....	59
Figura 27 – Caracterização da areia.....	60
Figura 28 – Ensaio de espalhamento – mini tronco de cone.....	61
Figura 29 – Ensaio de espalhamento.....	63
Figura 30 – Valores médios de resistência à compressão das argamassas.....	64
Figura 31 – Resultados de resistência à flexão média das amostras.....	65
Figura 32 – Teores de absorção de água por imersão.....	66
Figura 33 – Ensaio de resistência de aderência à tração.....	68

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Nomeclatura dos cimentos Portland.....	24
Tabela 2 – Limites máximos aceitáveis de substancias nocivas no agregado miúdo com relação à massa do material.....	36
Tabela 3 – Identificação dos traços.....	53
Tabela 4 – Traço com a areia de Ponte alta.....	53
Tabela 5 – Resistencia à compressão das argamassas.....	64
Tabela 6 – Resistencia à flexão das argamassas ao longo do tempo.....	65
Tabela 7 – Resistência de aderência à tração da argamassa: Areia de Palmas.....	67
Tabela 8 – Resistência de aderência à tração da argamassa: Areia de Ponte Alta.....	67

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
CAA	Concreto Auto Adensável
CP I	Cimento Portland
CP II-E	Cimento Portland com Escoria
CP II-F	Cimento Portland com Filer
CP III	Cimento Portland Alto Forno
CP II-Z	Cimento Portland com Pozolana
CPI-S	Cimento Portland com Adição
CP IV	Cimento Portland Pozolanico
PVC	Policloreto de Vinil
CP V	Cimento Alta Resistencia Inicial
DIM	Instituto Alemão para Normatização
RC	Resistência a Compressão
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SiO <sub>2</sub>	Sílica Amorfa
FC	Carga Máxima
g/cm <sup>3</sup>	Gramas por centímetros cúbicos
TO	Tocantins
hab/km <sup>2</sup>	Habitantes por Quilômetro Quadrado
Kg	Quilograma
VMA	Aditivo Modificador de Viscosidade
A	Área
Km <sup>2</sup>	Quilômetro Quadrado
m <sup>3</sup>	Metro Cúbico
ml	Milimetro
mm	Milimetro
Mpa	Mega Pascal
N	Newton
Ppm	Partes por milhão
s	Segundos

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1 OBJETIVOS .....	16
<b>1.1.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>16</b>
<b>1.1.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>16</b>
1.2 JUSTIFICATIVA .....	16
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
2.1 SISTEMAS DE PISO E CONTRAPISO .....	18
<b>2.1.1 Contrapiso convencional x contrapiso autonivelante.....</b>	<b>20</b>
2.2 ARGAMASSA AUTONIVELANTE .....	21
2.3 MATERIAIS CONSTITUINTES .....	23
<b>2.3.1 Cimento .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.2 Agregado miúdo.....</b>	<b>25</b>
2.3.2.1 Patrimônio geomorfológico da região do Jalapão .....	27
2.3.2.2 Geologia .....	28
2.3.2.3 Formação Urucuia .....	29
2.3.2.4 Geomorfologia.....	30
2.3.2.5 Definição das unidades geomorfológicas .....	31
2.3.2.6 Classificação dos agregados miúdos .....	33
2.3.2.6.1 <i>Composição granulométrica</i> .....	33
2.3.2.6.2 <i>Massa específica</i> .....	33
2.3.2.6.3 <i>Massa unitária</i> .....	34
2.3.2.6.4 <i>Porosidade e absorção do agregado</i> .....	34
2.3.2.6.5 <i>Teor de umidade</i> .....	34
2.3.2.6.6 <i>Inchamento de areia</i> .....	35
2.3.2.6.7 <i>Substância deletérias nos agregados</i> .....	35
2.3.2.6.8 <i>Impurezas orgânicas</i> .....	36
2.3.2.7 Métodos de extração e beneficiamento do agregado miúdo.....	37
2.3.2.8 Índices de qualidade .....	38
2.3.2.8.1 <i>Resistência a compressão, resistência à abrasão e módulo de elasticidade</i> .....	38
2.3.2.8.2 <i>Forma e textura superficial dos grãos</i> .....	38
<b>2.3.3 Silíca ativa .....</b>	<b>39</b>
<b>2.3.4 Aditivos.....</b>	<b>39</b>
2.3.4.1 Aditivo superplastificante.....	40

2.3.4.2 Aditivo modificador de viscosidade .....	41
2.4 PROPRIEDADES DA ARGAMASSA AUTONIVELANTE.....	41
<b>2.4.1 Estado endurecido .....</b>	<b>43</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>45</b>
3.1 TIPOLOGIA DA PESQUISA .....	45
3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS .....	46
<b>3.2.1 Aglomerante .....</b>	<b>46</b>
<b>3.2.2 Aditivos químicos.....</b>	<b>46</b>
3.2.2.1 Superplastificante .....	46
3.2.2.2 Plastificante polifuncional .....	47
3.2.2.3 Modificador de viscosidade.....	47
3.2.2.4 Incorporador de ar .....	47
<b>3.2.3 Agregados .....</b>	<b>47</b>
3.2.3.1 Agregado natural de Palmas .....	47
3.2.3.2 Agregado natural de Ponte Alta.....	47
3.2.3.3 Caracterização dos agregados.....	48
<b>3.2.4 Água .....</b>	<b>50</b>
3.3 CARACTERIZAÇÃO DA PASTA PARA ARGAMASSA AUTONIVELANTE.....	50
<b>3.3.1 Traço referência.....</b>	<b>50</b>
3.4 ESTUDO DA ARGAMASSA .....	52
<b>3.4.1 Ensaios no estado fresco.....</b>	<b>52</b>
3.4.1.1 Ensaio de espalhamento traço referência.....	52
3.4.1.2 Ensaio de espalhamento traço Ponte Alta.....	53
<b>3.4.2 Ensaios no estado endurecido.....</b>	<b>54</b>
3.4.2.1 Ensaio de Resistência à compressão.....	54
3.4.2.2 Ensaio de Resistência à flexão.....	55
3.4.2.3 Absorção de água.....	56
3.4.2.4 Resistência de aderência à tração .....	56
<b>4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>58</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS .....	58
4.2 ESTUDOS DA ARGAMASSA AUTONIVELANTE COM ESTADO FRESCO .....	60
<b>4.2.1 Ensaio de espalhamento traço referência.....</b>	<b>60</b>
<b>4.2.2 Ensaio de espalhamento areia Ponte Alta .....</b>	<b>62</b>
4.3 ESTUDOS DA ARGAMASSA AUTONIVELANTE COM ESTADO ENDURECIDO.....	63

<b>4.3.1 Resistência a compressão .....</b>	<b>63</b>
<b>4.3.2 Resistência a flexão .....</b>	<b>65</b>
<b>4.3.3 Absorção de água.....</b>	<b>66</b>
<b>4.3.5 Resistência de aderência a tração .....</b>	<b>66</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>69</b>
<b>5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>70</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>71</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A argamassa autonivelante para contrapiso é um produto relativamente novo no Brasil que começou a ser estudada no início de 2008 e possui como principal característica elevada fluidez quando comparada com argamassas convencionais (MARTINS, 2009).

O mercado e as novas técnicas construtivas estão em busca de produtos que aliem desempenho, durabilidade, economia e menor tempo na execução das etapas que compõem um projeto construtivo.

Dentro desse contexto, foi desenvolvido no Japão em 1988, o concreto autonivelante (CAA), que é capaz de se moldar nas fôrmas por conta própria e preencher sem necessidade nenhuma de vibração ou compactação externa de qualquer natureza, os espaços destinados a ele.

Os estudos envolvendo a argamassa autonivelante começaram na década de 70, mas apenas em 1999, empresas espanholas, produziram as primeiras argamassas com essa nova tecnologia. Durante os testes perceberam que a argamassa autonivelante possuía grandes vantagens em relação às argamassas convencionais, a partir daí começaram os estudos em laboratórios, estudos econômicos e de mercado, que eram feitos por visitas em obras para eleger os métodos mais utilizados, chamados de Métodos Tradicionais (MARTINS, 2009)

A principal característica da argamassa autonivelante é permitir uma moldagem adequada, isenta de defeitos oriundos da falha de aplicação ou de técnica inadequada de moldagem.

O estudo dos agregados é importante devido a sua ampla utilização na construção civil. Atualmente, os agregados são os insumos mais consumidos no mundo. Isso é justificado devido a sua proporção no volume do concreto, que representa de 70 a 80%.

Os aspectos que influenciam a qualidade e que faz parte das características dos agregados como a sua granulometria, absorção de água, porosidade, forma e textura superficial das partículas, resistência, módulo de elasticidade e os tipos de substâncias deletérias presentes nos agregados são derivados da composição mineralógica da rocha matriz, e conseqüentemente das condições de exposição e produção.

Há milhares de anos atrás a região conhecida por Jalapão era tomada pelo mar. Este cenário foi mudando com as constantes transformações climáticas e atmosféricas as quais o planeta é submetido. Com isso, o mar foi se distanciando e deixando resquícios de um patrimônio biológico excepcional. Essas marcas foram provocadas através da sedimentação marinha, eólica (ventos), lacustre (lagos), fluvial (rios) e foi se adequando, ou melhor, se

acomodando ao longo dos milênios. O solo de areia quartzosa favorece o processo de desertificação (NATURATINS, 2003).

A combinação da formação geológica da região e suas características, a extração de forma natural e precária, e a metodologia empregada em obra para utilização dessa areia em Ponte Alta, acredita-se que esse trabalho de pesquisa contribua para o conhecimento do comportamento desse material tão importante para a construção civil e ainda mais com o desenvolvimento de novas tecnologias construtivas com a aplicação da mesma em argamassa autonivelante.

Portanto, o estudo da formação geológica e geomorfológica da Cidade de Ponte Alta do Tocantins, (Região do Jalapão) é de suma importância para o entendimento do comportamento desse mineral.

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo Geral

O trabalho de pesquisa tem como objetivo principal avaliar o comportamento da argamassa autonivelante com adição de agregados miúdos oriundos do município de Ponte Alta do Tocantins – TO, para analisar se as mesmas apresentam as características necessárias, tanto no estado fresco quanto no estado endurecido, para que possam ser enquadradas como autonivelantes.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar em laboratório os agregados miúdos de Ponte Alta do Tocantins para produção da argamassa autonivelante;
- Avaliar as propriedades da argamassa autonivelante no estado fresco sendo elas: facilidade e velocidade de aplicação e o poder de adensamento devido ao seu peso próprio sem a necessidade de aplicação de forças externas através do ensaio de espalhamento;
- Determinar por meio de ensaios em laboratório a influência do agregado natural de Ponte Alta do Tocantins, nas propriedades da argamassa autonivelante no seu estado endurecido, avaliando a resistência à compressão e aderência tanto ao substrato quanto aderência superficial, adequados para os revestimentos.

### 1.4 JUSTIFICATIVA

O conhecimento das características e propriedades dos agregados e a busca pela melhoria da qualidade nas construções faz com que a análise da areia seja de suma importância para o emprego adequado desse material que é considerado um produto básico e indispensável para a construção civil.

Caracterizar tecnologicamente um material é, em sentido amplo, compreendê-lo: quanto às suas propriedades intrínsecas, ou seja, decorrentes da sua natureza, da sua origem, da sua constituição, quanto ao seu comportamento, quando submetido a certas solicitações (ou simulações); e finalmente quanto a certos requisitos técnicos aos quais ele deve atender para cumprir determinadas funções estabelecidas previamente.

Segundo Martins (2009), a argamassa autonivelante tem se mostrado uma grande evolução tecnológica, a mesma foi introduzida na década de 80 na Europa, porém ainda pouco difundida no Brasil, é um produto produzido a partir de cimento, agregados miúdos de granulometria selecionada e aditivos especiais, seu uso como contrapiso autonivelante emprega várias vantagens em relação ao contrapiso convencional que são: menor espessura do contrapiso, ocasionando assim grande economia em volume de concreto e diminuindo também o peso global da estrutura, capacidade de se auto adensar e preencher os espaços vazios apenas sobre o efeito da gravidade e sua propriedade de escoamento e fluidez elevada.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 SISTEMA DE PISO E CONTRAPISO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabelece a Norma Brasileira (NBR) 15575-3/2013, atualizada recentemente preconiza que o sistema de piso deve apresentar características e desempenho adequado para atender aos requisitos dos usuários, ou seja, das necessidades dos ocupantes da edificação, durante toda a vida útil da edificação, independente do material que é constituído ou do sistema construtivo utilizado. Entretanto, apesar de estipular a função e alguns dos requisitos de desempenho esperado para os sistemas de pisos, a normatização brasileira ainda é muito genérica no que diz respeito a especificações para a execução e controle da camada de contrapiso, propriamente dita.

O contrapiso constitui-se de camadas de argamassa ou enchimento aplicado sobre a laje, terreno, ou sobre uma camada intermediária de isolamento ou de impermeabilização, segundo a BS 8204. É uma camada com aproximadamente 3 cm de espessura, de argamassa de cimento e areia com consistência de farofa (traço comum 1:5/1:6), que nivela o piso antes da aplicação do revestimento.

Dentre as funções do contrapiso pode-se destacar: proporcionar o desnivelamento entre os ambientes; normalizar a base para o revestimento de piso; propiciar declividades para escoamento de água, ser base e colagem de revestimentos de piso e suas partes integrantes. Podemos citar ainda algumas outras aplicabilidades como: estanqueidade ou impermeabilidade e isolamento térmico e acústico.

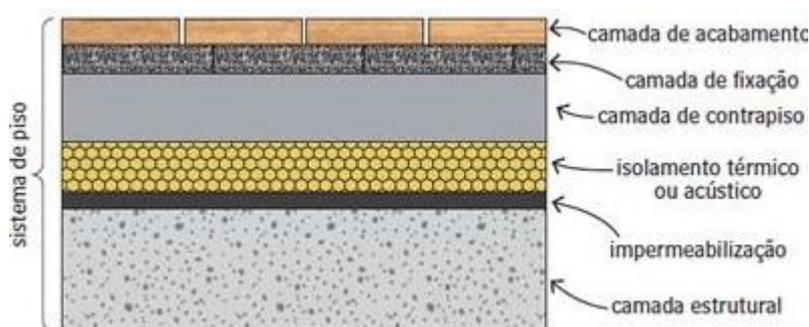
É importante salientar que não é objetivo do contrapiso, agir como reparador de imperfeições da camada inferior, que seria a base, mas devido à fase de piso e contrapiso não ser considerado uma atividade primária na construção civil, conseqüentemente não é dada a devida importância a essa etapa, que por conta disso, muitas vezes é executado de forma errônea e por profissionais que não detêm de conhecimento específico do desempenho, e acabam fazendo mal uso dos materiais de construção em sua constituição.

O contrapiso é classificado de acordo com o seu correlacionamento com a base. Salientando os perfis de contrapiso de acordo com as definições da BS 8204 e da DIN 18560:

- Contrapiso aderido: totalmente aderido com a base, que age em conjunto com a laje – de 20 a 40mm de espessura;
- Contrapiso não-aderido: não se faz necessário habilitar a base, ou seja, preparar e limpar, pois a aderência com a mesma não é relevante no comportamento do contrapiso – maior ou igual a 35mm de espessura devido a falta de aderência.

- Contrapiso flutuante: é definida pela existência de classes intermediárias de isolamento ou impermeáveis, entre o contrapiso e a base, inexistindo completamente a aderência – a espessura deve variar de 40mm a 70mm.

Figura 1: Exemplo genérico de um sistema de pisos e seus elementos.



Fonte: [www.piterest.com.br](http://www.piterest.com.br)

A NBR 13753 (1996), que trata sobre "revestimentos de piso interno e externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante", é a única norma que menciona prescrições exclusivas para a camada de contrapiso, para o caso de aplicação futura de revestimento cerâmico. Dentre as prescrições elenca:

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

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

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

5.5.4 O contrapiso deve ser executado com antecedência mínima de sete dias em relação ao assentamento do revestimento cerâmico, visando diminuir o efeito da retração da argamassa sobre o piso cerâmico a ser executado. A superfície da base, ou a superfície da camada imediatamente anterior, deve estar isenta de tudo que possa prejudicar a aderência da argamassa do contrapiso. NOTA - Bases antigas ou superfícies muito lisas devem ser apicoadas.

5.5.5 Antes do lançamento da argamassa, aplicar sobre a base uma ponte de aderência conforme 5.2.3.2

5.5.6 Caso o contrapiso seja executado sobre a camada de separação observar os detalhes dados em 5.3.73 no tocante à inserção de tela metálica.

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

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

### 2.1.1 Contrapiso convencional x contrapiso autonivelante

O Contrapiso Convencional é composto por cimento e areia, traço aproximado de 1:3 e adição de água até a argamassa ficar com uma consistência de farofa. Para o preparo da argamassa convencional, pode ser usado qualquer tipo de cimento. Depois de certificado de que o ambiente esteja limpo, faz-se o taliscamento nos cantos com a finalidade de determinar a espessura do contrapiso. Em seguida, é necessário estabelecer uma camada, que vai ser a ponte de ligação entre base/argamassa, polvilhando uma nata de cimento. A aplicação da argamassa deve ser feita camada por camada, através de guias, para orientar o seu espalhamento. O espalhamento acontece adicionando argamassa nos espaços vazios e no sentido das mestras, desempenando e nivelando com régua e compactando com soquetes devido a sua consistência.

Figura 2: Procedimento de execução do contrapiso convencional.

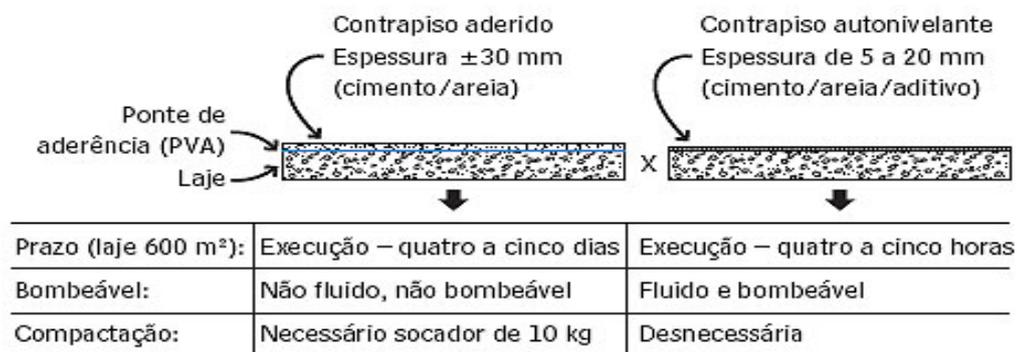


Fonte: ConstruFacil RJ, 2013

O contrapiso convencional pode ficar com uma textura mais rugosa ou mais fina, vai depender do acabamento final. A sua cura se dá em aproximadamente sete dias, necessitando umedecer uma vez ao dia, pelo menos.

O contrapiso autonivelante tem na sua composição, cimento, areia e aditivo. O aditivo é adicionado para melhorar a trabalhabilidade, consequentemente garantindo a fluidez e a função de autonivelamento. Com essa característica, a argamassa autonivelante, preenche horizontalmente todos os espaços vazios de forma regular e minimiza o processo, eliminando as etapas de sarrafeamento, espalhamento e compactação do contrapiso. Com isso, se ganha no prazo de execução, na redução da mão de obra, além de obter vantagem na espessura do contrapiso, diminuindo, portanto, o volume e o peso da estrutura. (Espessura tradicional: 30 mm; Espessura com argamassa autonivelante de 5 a 20 mm).

Figura 3: Comparativo contrapiso convencional x contrapiso autonivelante



Fonte: Telma Egle, (revista Técnica), 2010

A sua aplicação, é outra grande vantagem em relação às argamassas convencionais. O sistema funciona com uma mangueira acoplada a uma bomba, e a argamassa, após a homogeneização adequada, é lançada até uma altura limite de 12 metros, eliminando um dos grandes problemas das obras verticais que é levar material para os pavimentos superiores através do elevador de cremalheira (EGLE, 2010).

A definição da argamassa envolve o conhecimento prévio dos tipos disponíveis e de suas características, determinando-se em seguida sua composição e dosagem que por sua vez, dependem da escolha dos materiais e de uma metodologia de dosagem. A correta fabricação da argamassa escolhida fecha o ciclo de definição da mesma.

## 2.2 ARGAMASSA AUTONIVELANTE

A argamassa autonivelante não é um produto revolucionário, é melhor dizer que ele é um aperfeiçoamento dos produtos já existentes no mercado.

No Brasil os estudos vêm se difundindo aos poucos através de pesquisas para conhecer melhor suas propriedades, características, comportamento, materiais e conceitos.

Em relação aos materiais que compõem a argamassa autonivelante, nenhuma surpresa, no entanto, os materiais devem garantir a fluidez, que é a sua principal característica, sem que haja a segregação. Já os acessórios e métodos de dosagens ainda não foram normatizados.

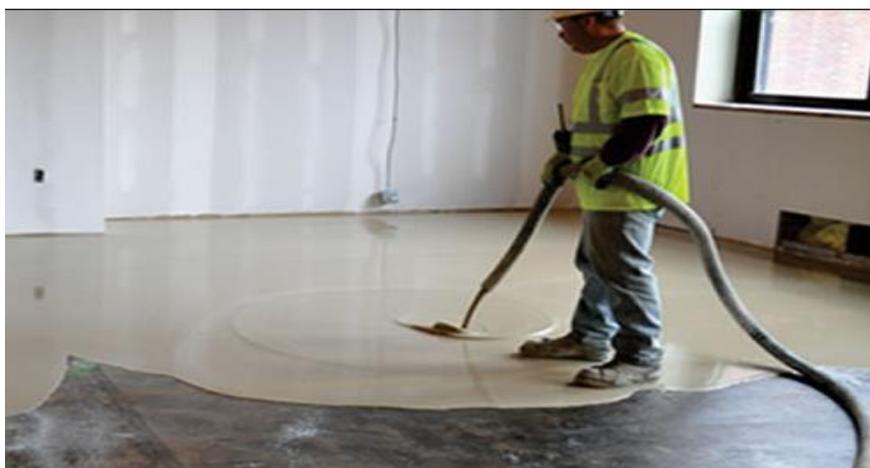
A formulação é de Cimento Portland de alta resistência inicial (de 25 a 45% da massa total) e areia fina quartzosa (de 40 a 60%). Os 10 a 15% restantes da massa são formados por uma série de aditivos químicos e adições minerais destinados a modificar as características reológicas no estado fresco e as propriedades físico-mecânicas no estado endurecido, de modo a atender aos requisitos de instalação, carga, solitação e durabilidade (NAKAKURA & BUCHER, 1997).

A sua finalidade, está direcionada para a execução de pisos e contrapisos, visto que suas características indicam uma capacidade de se auto adensar apenas com o seu peso próprio, ou seja, garantem total horizontalidade do contrapiso, além de uma textura lisa e regular (MARTINS, 2009).

Entre as vantagens da argamassa autonivelante, está o fato de não exigir, do operário, conhecimento específico e uma vasta experiência, além de economizar tempo na sua aplicação, devido à praticidade do seu lançamento.

Para se fazer a aplicação da argamassa autonivelante, a base deve estar limpa e para o lançamento, deve-se utilizar uma mangueira. Portanto, a fusão dos materiais que compõem a argamassa garante a execução de um contrapiso alheio a imperfeições devido à moldagem.

Figura 4: Argamassa para contrapiso autonivelante lançada sobre laje



Fonte: Bennter, 2015

A característica mais perceptível é sua fluidez, que permite o fácil espalhamento sem aplicação de energia externa, a massa se espalha preenchendo todo o espaço e gravitacionalmente se nivelando formando uma camada lisa e de pequena espessura.

De acordo com Seifert et. al. (2011) as propriedades que compostos autonivelantes devem apresentar em ordem de importância são as seguintes: autonivelamento, baixa viscosidade, rápida fixação, rápido endurecimento, rápido ganho de resistência, secagem rápida, estabilidade dimensional, durabilidade, resistência de superfície e forte adesão ao substrato.

Além das características e das propriedades, devemos destacar também o bem-estar dos operários, levando em consideração a aplicação da argamassa convencional, onde o operário é exposto a riscos que afetam sua saúde e sua integridade, devido à posição de trabalho – abaixado e com a coluna muito curvada.

## 2.3 MATERIAIS CONSTITUINTES

### 2.3.1 Cimento

O cimento Portland, é definido como um aglomerante hidráulico produzido pela moagem do clínquer, que consiste essencialmente de silicatos de cálcio hidráulicos, usualmente com uma ou mais formas de sulfato de cálcio como um produto de adição (MEHTA & MEDEIROS, 1994).

As propriedades físicas do cimento Portland, são consideradas sob três aspectos distintos: propriedades do produto em sua condição natural, em pó, da mistura de cimento e água e proporções convenientes de pasta e finalmente, da mistura da pasta com agregado padronizado – as argamassas (BAUER e SOUSA, 2005).

Ainda conforme Bauer, 2005 as propriedades da pasta e argamassa são relacionadas com o comportamento desse produto quando utilizado, ou seja, as suas propriedades potenciais para a elaboração de concretos e argamassas. Tais propriedades se enquadram em processos artificialmente definidos nos métodos e especificações padronizados, oferecendo sua utilidade quer para o controle de aceitação do produto, quer para a avaliação de suas qualidades para os fins de utilização dos mesmos.

Para a destinação de um cimento Portland, comum ou composto adequado, é importante levar em consideração a classificação baseada em propriedades físicas ou químicas relevantes, como a velocidade de ganho de resistência, a velocidade de liberação de calor de hidratação, ou a resistência a sulfatos (NEVILLE, 2015).

No Brasil, são produzidos vários tipos de cimento, oficialmente normalizados. Na tabela 01 são apresentadas as principais características dos cimentos normalizados no Brasil.

Tabela 1: Nomenclatura dos cimentos Portland

NOME TÉCNICO		SIGLA	CLASSE	IDENTIFICAÇÃO DO TIPO E CLASSE
Cimento Portland Comum (NBR 5732)	Cimento portland comum	CP I	25	CP I-25
			32	CP I-32
			40	CP I-40
	Cimento portland comum com adição	CP I-5	25	CP I-S-25
			32	CP I-S-32
			40	CP I-S-40
Cimento Portland composto (NBR 11578)	Cimento portland composto com escória	CP II-E	25	CP II-E-25
			32	CP II-E-32
			40	CP II-E-40
	Cimento portland composto com pozolana	CP II-Z	25	CP II-Z-25
			32	CP II-Z-32
			40	CP II-Z-40
Cimento portland composto com filer	CP II-F	25	CP II-F-25	
		32	CP II-F-32	
		40	CP II-F-40	
Cimento portland de alto forno (NBR 5735)		CP III	25	CP III-25
			32	CP III-32
			40	CP III-40
Cimento portland pozolânico (NBR 5738)		CP IV	25	CP IV-25
			32	CP IV-32
Cimento portland de alta resistência inicial (NBR 5733)		CP V-ARI	-	CP V-ARI
Cimento portland resistência aos sulfatos (NBR 5737)		-	25 32 40	Sigla e classe dos tipos originais acrescidos do sulfato RS; Exemplo: CP I-32RS, CP II-F-32RS, CP III-40RS, etc.
Cimento portland de baixo calor de hidratação (NBR 13115)		-	25 32 40	Sigla e classe dos tipos originais acrescidos do sulfato BC; Exemplo: CP I-32BC, CP II-F-32BC, CP III-40BC, etc.
Cimento portland branco (NBR 12989)	Cimento portland branco estrutural	CP S	25	CPS-25
			32	CPS-32
			40	CPS-40
	Cimento portland branco não estrutural	CP S	-	CPS
Cimento para poços petrolíferos (NBR 9831)		CPP	G	CPP-desse G

Gjorv (1992) atribui importância ao tipo de cimento no que tange à necessidade de água e trabalhabilidade da mistura, para as quais os fatores de controle são o conteúdo de aluminato tricálcico (C3A) e a granulometria do cimento.

Na medida em que a reologia de um cimento em particular é determinada principalmente pelo controle do C3A (por meio da formação da etringita), quanto menor for a quantidade de C3A, mais fácil será seu controle reológico - bem como o enrijecimento da mistura se dará em um período mais longo.

Na prática, cimentos com teores de C3A maiores do que 10% podem resultar em rápida perda da fluidez, dificultando a aplicação em obras. Quando se trata de finura e de parâmetros reológicos, quanto maior a superfície específica do cimento, maior a quantidade dessas partículas em contato com a água, diminuindo a distância e aumentando a frequência de colisão entre elas, reduzindo a tensão de escoamento e aumentando a viscosidade da mistura. Assim, como a demanda por finos para os CAA é elevada em virtude da necessidade de aumentar a coesão da mistura, cimentos de maior superfície específica são mais apropriados - apesar de aumentarem os cuidados necessários com relação ao calor de hidratação e retração do concreto.

Para a argamassa autonivelante, é importante salientar que as características relevantes são a eficácia em absorver o aditivo superplastificante e sua finura.

Qualquer cimento pode compor a argamassa autonivelante, visto que, sejam submetidos a testes e ensaios que comprovem a sua eficácia. O cimento que melhor se enquadra nas especificações citadas a cima é o cimento Portland com alta resistência inicial, designado pela sigla CP V ARI. A designação ARI representa o mínimo de resistência à compressão aos sete dias de idade, ou seja, 34 Mpa (NBR 5733:1991).

É indispensável que se faça uma programação do início ao fim da etapa de contrapiso na obra, para que não haja alterações na marca ou no tipo de cimento, que poderão causar variações no produto final (BARROS, 1995).

### **2.3.2 Agregado miúdo**

A princípio, os agregados eram tidos como materiais inertes, dispersos na pasta de cimento, e eram utilizados principalmente por razões econômicas. Entretanto, é possível adotar uma visão contrária, e considerá-los um material de construção ligado a um todo coeso por meio da pasta de cimento, de modo semelhante à alvenaria. Na realidade, os agregados não são verdadeiramente inertes, já que suas propriedades físicas, térmicas e, algumas vezes, químicas influenciam o desempenho do concreto (NEVILLE, 2016).

A NBR 7211 (ABNT, 2005) define o agregado miúdo como agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150µm. Ainda segundo a NBR 7211 (ABNT, 2005) os agregados devem ser compostos por grãos de minerais duros, compactos, estáveis, duráveis e limpos, e não devem conter substâncias de natureza e em quantidades que possam afetar a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra a corrosão, a durabilidade ou, quando for requerido, o aspecto visual externo do concreto.

A areia de origem natural pode conter algumas impurezas que venham a prejudicar o desempenho do concreto, na sua hidratação, assim como elementos que envolvem o agregado podem impedir a aderência ao cimento e partículas fracas e friáveis interfere na resistência.

Para o agregado ser destinado à construção civil ele precisa ter algumas características como: uma boa resistência mecânica à compressão e abrasão e uma boa durabilidade, deve também, ser resistente a elementos agressivos.

A classificação dos agregados é definida conforme a sua origem, as dimensões das partículas e o peso específico aparente.

Quanto à dimensão dos grãos a NBR 7211 (ABNT, 2005), determina como agregado natural o material que pode ser disposto como encontrado na natureza, podendo ser submetido à lavagem, classificação ou britagem. Agregado artificial é o material obtido por processo industrial que envolva alteração mineralógica, química ou físico-química da matéria-prima original.

Referente à massa unitária os agregados classificam-se em leves quando sua massa é menor que uma tonelada por metro cúbico, médios quando a massa fica entre uma e duas toneladas por metro cúbico, e pesado quando ultrapassam duas toneladas por metro cúbico PILZ (2011).

Em termos médios, uma areia apresenta massa unitária na ordem de 1.500 kg/m<sup>3</sup> (BASÍLIO, 1995).

Bauer (1995) define a areia, geologicamente, como um sedimento clástico inconsolidado, de grãos em geral quartzosos, de diâmetro entre 0,06 e 2,00mm.

É importante classificar a areia de Ponte Alta, segundo a sua mineralogia, para assim, ter um conhecimento mais aprofundado sobre as suas propriedades, deixando claro que a classificação mineralógica não é capaz de fornecer uma base para a previsão do seu desempenho no concreto.

A Norma ASTM C-294-05 descreve alguns dos minerais mais comuns ou importantes encontrados nos agregados: Minerais de Sílica (quartzo, opala, calcedônia, tridimita...),

Feldspatos, Minerais Ferrumagnesianos, Minerais Micáceos, Minerais Argilosos, Zeólitos, Minerais Carbonáticos, Minerais Sulfáticos, Minerais de Sulfeto de Ferro e Minerais de Óxido de Ferro NEVILLE (2016).

Ainda segundo Neville (2016) é importante compreender que a avaliação geológica dos agregados é uma ferramenta útil para a determinação de sua qualidade e, em especial, para a comparação de agregados novos com outros com histórico de uso conhecido. Além disso, propriedades adversas, como a presença de algumas formas instáveis de sílica, podem ser identificadas. Mesmo pequenas quantidades de minerais ou de rochas podem exercer uma grande influência na qualidade do agregado.

Figura 5: Jazida de areia – Ponte Alta do Tocantins - TO



Fonte: Autor, 2017

#### 2.3.2.1 Patrimônio Geomorfológico da Região do Jalapão

O Jalapão é formado por uma área de 53,3 mil km<sup>2</sup>, sendo que 34,1 mil km<sup>2</sup> encontram-se dentro do Estado do Tocantins, englobando os municípios: Lagoa do Tocantins, Lizarda, Mateiros, Novo Acordo, Ponte Alta de Tocantins, Rio Sono, Santa Tereza de Tocantins e São Félix do Tocantins. está localizado no leste do Estado do Tocantins, fazendo divisa com os Estados da Bahia, Maranhão e Piauí. (NATURATINS, 2003).

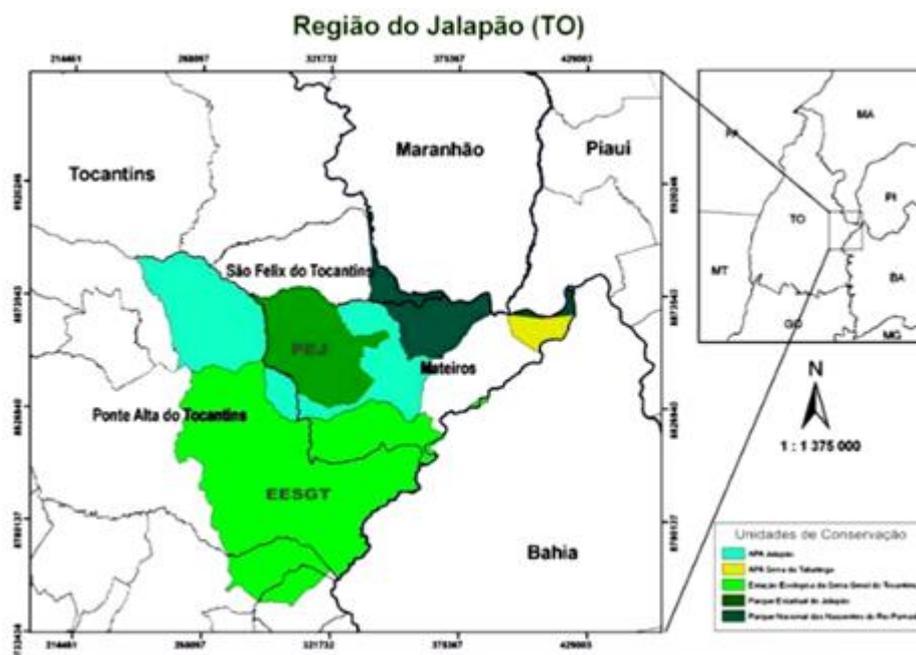
Tal região compreende depressões resultantes de processos de recuo das escarpas da Serra Geral de Goiás e da Chapada das Mangabeiras, onde podem ser observados alguns

testemunhos da história natural regional como as Serra do Porco, do Espírito Santo, da Jalapinha, entre outros.

As áreas de cerrado apresentam grande sensibilidade ambiental, pois possuem relativa estabilidade geológica, ainda em processos de acomodação, apresentando intensas atividades erosivas, principalmente nos rebordos das serras. Por isso, a paisagem possui uma dinâmica constante.

Na região há um local com grande deposição de areia, decorrentes do desgaste natural das rochas sedimentares da Serra do Espírito Santo, formando as dunas (NATURATINS, 2003).

Figura 6: Mapa de localização



Fonte: Adaptado de Figueiredo, 2007

### 2.3.2.2 Geologia

As rochas que compreendem a região do Parque Estadual do Jalapão foram formadas por volta de 135 milhões de anos atrás, quando houve a deposição dos arenitos da Formação Urucua num ambiente essencialmente desértico. Na região, ela possui até 300 metros de espessura e recobriu o Grupo Bambuí (foto). (NATURATINS, 2003).

Figura 7: Parque Estadual do Jalapão – Formação Urucuaia



Fonte: [www.g1.globo.com/to](http://www.g1.globo.com/to)

#### 2.3.2.3 Formação Urucuaia

A Formação Urucuaia constitui o pacote rochoso que forma o chapadão da Serra Geral de Goiás, ou simplesmente Gerais, divisor de águas das bacias do São Francisco e Tocantins. A Formação Urucuaia inicia-se com uma sequência argilosa, representada por folhelhos e argilitos arenosos a arenitos argilosos calcíferos de cor vermelho-tijolo, avermelhada ou rósea. (Oliveira 1967).

Os sedimentos aluvionários do Parque Estadual do Jalapão ocorrem preenchendo as calhas das principais drenagens: rio Novo e seus afluentes, riacho da Areia e córrego da Toca, a sudoeste, e córrego Corta Perna, no centro-oeste da área. Os sedimentos compõem-se de areias, cascalhos, silte e argilas, transportados como carga de fundo, em suspensão, ou ainda, como depósitos de deflação nas depressões locais. Mantêm-se perenes ou temporariamente inundados e parcialmente estabilizados. Os depósitos das planícies de inundação, por efeito de transbordamento dos rios nos períodos de cheia, são, nas raras incidências, de grande possança e extensão, como é o caso do rio Novo e seus afluentes, cujo material depositado é proveniente das escarpas arenosas da Serra do Espírito Santo (Figura 08).

Figura 8: Relevo Residual representado pela Serra do Espírito Santo com topo plano e encostas escarpadas

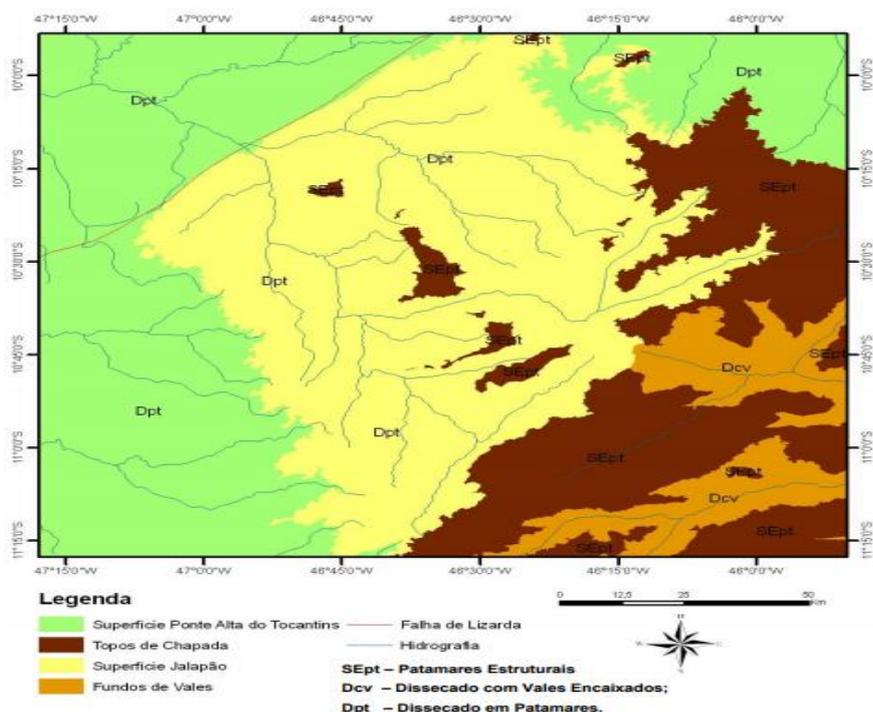


Fonte: [www.g1.globo.com/to](http://www.g1.globo.com/to)

#### 2.3.2.4 Geomorfologia

A região do Parque Estadual do Jalapão está inserida no domínio morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares Associadas. A área corresponde ao arcabouço geológico formado pelo preenchimento de bacias cratônicas e intracratônicas compostas de litologias mesozóicas e/ou paleozóicas. A área em estudo insere-se no domínio morfoestrutural da Bacia Sedimentar do São Francisco e do Parnaíba, na região geomorfológica Patamares e Serras dos Rios São Francisco e Tocantins, na unidade geomorfológica Patamares Leste do Tocantins. (IBGE, 1997).

Figura 9: Mapa Geomorfológico do Parque Estadual do Jalapão e entorno.



Fonte: Naturatins

### 2.3.2.5 Definição das unidades geomorfológicas

A definição e mapeamento das unidades geomorfológicas existentes na região é fundamental para a compreensão da paisagem geomorfológica do Parque Estadual do Jalapão – TO e entorno. Com base nas formas de relevo, na topografia e na geologia, foram definidos e mapeados quatro ambientes com características geomorfológicas distintas: (1) Topos de Chapadas; (2) Superfície Jalapão; (3) Fundos de Vales e (4) Superfície Ponte Alta do Tocantins.

**Topos de Chapadas:** Os Topos de Chapadas são superfícies planas ou aplainadas, não dissecadas, com gradientes inferiores a 3°, cercadas por uma couraça detricolaterítica. Os rebordos dessas superfícies são delimitados por vertentes íngremes e representam remanescentes de uma antiga superfície de erosão, onde apresentam altitudes que variam entre 750 e 900 metros. No Parque Estadual do Jalapão são caracterizados pela superfície tabular das Serras do Espírito Santo, Jalapinha e do Porco. Fora do limite do parque é caracterizado principalmente pela Chapada das Mangabeiras.

É uma região de relevo estrutural, que preservou testemunhos da formação Urucuia. Seu principal valor é que, devido à falta de nascentes e canais de drenagens em seu topo, a região serve como uma importante área de recarga de aquíferos, devido à alta taxa de infiltração de águas pluviais. A infiltração é facilitada pelo relevo plano com elevado teor de areia no solo, e direcionada através de fendas e fraturas no interior do arenito Urucuia.

As superfícies residuais da compõem o interflúvio que separa as bacias do Tocantins (oeste), São Francisco (leste) e Parnaíba (nordeste). O processo evolutivo dos relevos testemunhos e principalmente da Chapada das Mangabeiras encontra-se em constante atividade e desenvolvimento, o que corrobora com a análise feita nesse estudo de que a bacia do Tocantins Araguaia continua seu processo de desenvolvimento e de captura das drenagens da bacia do São Francisco.

**Superfície Jalapão:** A Superfície Jalapão corresponde às superfícies dissecadas em ravinas e patamares, com altitudes entre 400 e 550 metros, apresentando relevo plano a suave-ondulado, com solos profundos e arenosos.

É uma região de relevo dissecado, devido ao processo erosivo ocorrido nas escarpas da Serra do Espírito Santo e serras adjacentes, e pelos fatores tectônicos que demonstram nitidamente o paralelismo das drenagens da região. O entalhamento das escarpas ao longo dos séculos permitiu que a bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia fosse, lentamente, capturando drenagens da bacia do São Francisco, aumentando respeitosamente o tamanho da

bacia do Tocantins-Araguaia. Esse processo não está estagnado, continua ocorrendo gradualmente com o passar do tempo.

A região é recoberta por um pacote de Neossolos Quartzarênicos que proporcionam elevado intemperismo e ampla porosidade. Com cerca de 20 a 50 metros de espessura, esta cobertura é capaz de absorver e armazenar grandes quantidades de águas pluviais. Possui extensas superfícies interfluviais, que chama a atenção pela grandeza da rede de drenagens, tanto em número de cursos d'água quanto à vazão dos principais rios.

Fundos de Vales: A rica rede hidrográfica da bacia do Rio São Francisco apresenta-se sob nítido controle estrutural. Os principais rios entalham-se nos arenitos da formação Urucuia, onde o processo erosivo fluvial promove o maior aprofundamento dos canais por meio da erosão e o depósito de sedimentos aluvionários preenchendo as calhas das drenagens.

Esse processo decorre de movimentos de massa nas paredes escarpadas dos vales encaixados, promovendo o seu recuo e depositando no sopé sucessivas acumulações de rampas de colúvio, que, por sua vez, são parcialmente dissecadas pelos canais fluviais gerando os denominados “Complexos de Rampas”, conforme descrito por Meis & Moura (1984), apresentando um padrão de encostas instáveis, com marcas de erosão e fundos de vales entulhados de sedimentos.

Os sedimentos compõem-se de areias, cascalhos, silte e argilas, transportados como carga de fundo, em suspensão, ou ainda, como depósitos de deflação nas depressões locais. Mantêm-se perenes ou temporariamente inundados e parcialmente estabilizados.

Superfície Ponte Alta do Tocantins: A Superfície Ponte Alta do Tocantins acompanha o vale do rio de mesmo nome. Está correlacionada principalmente com os afloramentos dos arenitos da formação Pedra de Fogo, Formação Piauí, Formação Sambaíba, Formação Cabezeiras e Grupo Urucuia. Assume em grande parte de seu trecho norte a característica de depressão monoclinal, por seccionar a borda da bacia sedimentar do Parnaíba. De modo geral, mostra um modelado quase plano e, portanto, com fraco grau de dissecação, com altitudes variando de 200 m no norte a 500 m na extremidade sul.

Corresponde a um nível inferior da Superfície Jalapão devido, principalmente, ao tectonismo que existiu na região, representado especialmente pela falha de Lizarda. Destacam-se na região a Serra do Lajeado e a Depressão do Tocantins, onde corre o Rio Tocantins.

Figura 10: Pedra Furada – Ponte Alta do Tocantins – TO.



Fonte: Autor, 2017

### 2.3.2.6 Classificação dos agregados miúdos

#### 2.3.2.6.1 *Composição Granulométrica*

Os agregados podem ser classificados, quanto a sua composição granulométrica, que é a expressão das proporções dos grãos de diferentes tamanhos. Esta composição é obtida através de ensaio laboratorial, no qual a amostra do agregado é submetida a uma separação dos grãos por faixas granulométricas, de acordo com uma série de peneiras da ABNT, para então serem definidos a dimensão máxima característica e o módulo de finura. Esses parâmetros são fundamentais para especificar o emprego dos agregados em argamassas e concretos. Cabe ressaltar que a composição granulométrica tem influência direta sobre a qualidade desses produtos, principalmente nos aspectos relativos à trabalhabilidade, compacidade e resistência aos esforços mecânicos (BASÍLIO, 1995).

Tem sido sugerido que os principais fatores que controlam a granulometria dos agregados desejada são: a área superficial do agregado, que determina a quantidade de água necessária à molhagem de todos os sólidos; o volume relativo ocupado pelos agregados; a trabalhabilidade da mistura; e a tendência à segregação (NEVILLE, 2016).

É importante salientar que não existe uma curva granulométrica ideal, mas sim, um esforço para que esse objetivo seja atingido.

#### 2.3.2.6.2 *Massa específica*

É muito importante conhecer as massas específicas dos agregados, para caracterização do material, correlacionando à massa deste material com o seu volume, que pode conter ou não vazios. Há diversos tipos de massa específica:

Massa específica absoluta se refere ao volume do material sólido, excluídos todos os poros, e pode, portanto, ser definida como a relação entre a massa do sólido no vácuo e a massa de mesmo volume de água destilada, ambas medidas a uma determinada temperatura. Essa determinação não é exigida para a tecnologia do concreto.

Massa específica real se refere ao volume do sólido que inclui os poros impermeáveis, mas exclui os poros capilares. Esse valor é definido como a relação entre a massa do agregado seco em estufa, com temperatura entre 100 e 110°C por 24 horas, e a massa de água que ocupa um volume igual à massa do sólido, incluindo os poros impermeáveis. Essa é a massa específica mais frequente e facilmente determinada, utilizada para cálculos de produção do concreto ou da quantidade de agregados necessários para um determinado volume de concreto. A massa específica real do agregado depende da massa específica de seus minerais constituintes, bem como o teor de vazios. A maioria dos agregados naturais possui massa específica entre 2,6 e 2,7 g/cm<sup>3</sup>. A massa específica do agregado é utilizada para cálculos de quantidades, e não como um indicativo de qualidade.

#### *2.3.2.6.3 Massa Unitária*

A massa unitária depende do nível de compactação do agregado, e, portanto, para um material com determinada massa específica, a massa unitária dependerá da granulometria e da forma das partículas. Partículas de uma única dimensão, podem ser compactadas até certo limite, mas partículas menores podem ser adicionadas aos vazios entre as maiores, aumentando assim, a massa unitária. A forma das partículas afeta significativamente o grau de empacotamento que pode ser alcançado.

#### *2.3.2.6.4 Porosidade e Absorção do Agregado*

A porosidade do agregado, sua permeabilidade e sua absorção influenciam propriedades como aderência entre ele e a pasta de cimento hidratada, a resistência do concreto aos ciclos de congelamento e degelo, bem como sua estabilidade química e sua resistência à abrasão (NEVILLE, 2016).

A absorção é o aumento da massa do agregado devido ao preenchimento de seus poros permeáveis por água. A absorção de água de um agregado, pode ser utilizada como uma proporção da sua porosidade e resistência.

#### *2.3.2.6.5 Teor de umidade*

O teor de umidade se refere à umidade superficial, que nos agregados miúdos, pode alcançar os 10% da massa do agregado saturado superfície seca.

Como a absorção representa a água contida no agregado na condição saturada superfície seca e o teor de umidade é a água excedente em relação a essa condição, o teor total

de água equivale à soma da absorção e do teor de umidade. O teor de umidade está intimamente ligado às condições climáticas, por isso, a importância de sua determinação frequentemente

#### *2.3.2.6.6 Inchamento da Areia*

A água conduzida pela umidade do agregado miúdo provoca um aumento do seu volume aparente, devido ao afastamento dos seus grãos. Segundo Basílio (1995), o fenômeno de variação do volume do agregado miúdo, provocado pela adição de água, denomina-se inchamento. E este fenômeno deve ser levado em consideração para que não haja deficiência de areia no concreto.

Segundo NEVILLE (2016), a amplitude do inchamento depende do teor de umidade da areia e de sua finura. O aumento do volume ocupado por uma areia saturada superfície seca eleva conforme o teor de umidade da areia até valores entre 5 e 8%, quando o inchamento alcança valores entre 20 e 30%. As areias mais finas apresentam inchamento consideravelmente maior e alcançam o valor máximo de inchamento em teores mais elevados de umidade do que as areias mais grossas.

#### *2.3.2.6.7 Substâncias deletérias nos Agregados*

Os agregados podem ser constituídos de algumas substâncias nocivas, como as impurezas, que interferem no processo de hidratação do cimento; as películas, que impedem o desenvolvimento de uma boa aderência entre o agregado e a pasta de cimento hidratada; e algumas partículas específicas que são fracas ou instáveis (NEVILLE, 1982). Essas impurezas podem causar patologias como desagregação dos agregados, e na presença de umidade podem provocar eflorescência e corrosão da armadura.

As propriedades físicas e químicas dos agregados e das argamassas, tanto de assentamento quanto de revestimentos de alvenarias, são essenciais para a vida útil das obras em que são utilizadas (NARCISO, 2006)

Além dos materiais deletérios encontrados na areia, outro fator nocivo ao concreto ou argamassa é a quantidade de material pulverulento, limitado em no máximo 5% da massa total do agregado miúdo, segundo a NBR 7211 (ABNT, 2005). O material pulverulento, quando presente em grande quantidade, aumenta a necessidade de água para uma mesma consistência. Os finos de certas argilas propiciam maiores alterações de volume, intensificando sua retração e reduzindo sua resistência (BASILIO, 1995).

A NBR 7211(ABNT, 2005) limita a presença de materiais deletérios encontrados no agregado miúdo de acordo com o quadro 2.

Tabela 2: Limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas no agregado miúdo com relação à massa do material

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

Fonte: ABNT, NBR 7211/2009

#### 2.3.2.6.8 Impurezas Orgânicas

Os agregados de origem natural podem apresentar características que o definem fortes e resistentes ao desgaste, e, mesmo assim não ser adequado para a produção de concreto, caso, contenham impurezas orgânicas que interfiram nas reações químicas da hidratação (NEVILLE, 2016).

As impurezas orgânicas da areia, normalmente formadas por partículas de húmus, exercem uma ação prejudicial sobre a pega e o endurecimento das argamassas e concretos. A parte ácida do húmus neutraliza a água da argamassa, e a outra parte forma uma película sobre os grãos de areia, diminuindo a aderência com a pasta do cimento. Por estas razões, as argamassas e concretos preparados com areias que contenham um elevado teor de matéria orgânica, têm baixa resistência.

Para avaliar a quantidade de matéria orgânica encontrada na amostra de agregado usa-se normalmente o ensaio colorimétrico conforme NBR NM 49 (ABNT, 2001). Caso o resultado comparativo com a solução padrão seja superior a 300ppm pode-se complementá-lo com a análise da resistência a compressão do concreto ou argamassa conforme NBR 7211 (ABNT, 2005).

As impurezas das areias podem ser classificadas em coloidais e não coloidais. As não coloidais têm grãos de dimensões da ordem do micrometro (milésimo de milímetros) e podem ser retiradas por lavagem: as coloidais não são elimináveis.

As impurezas não coloidais que mais ocorrem são: torrões de argila, materiais pulverulentos, materiais friáveis, materiais carbonosos e materiais orgânicos.

A argila pode estar presente nos agregados na forma de uma película superficial que interfere na aderência entre o agregado e a pasta de cimento. Como uma boa aderência é essencial para garantir resistência e durabilidade satisfatórias, a presença da argila é um tema importante (NEVILLE, 1982).

Ainda segundo Neville (1982) outras substâncias como o silte e o pó de britagem podem estar presentes no agregado. O silte, resultado da ação do intemperismo, é encontrado nos agregados obtidos de depósitos naturais. Já o pó de britagem, é um material fino formado durante o processo de diminuição da rocha. Eles podem estar presentes na forma de partículas soltas não aderentes aos agregados graúdos ou podem formar filmes semelhantes aos da argila. O excesso dessas substâncias interfere na trabalhabilidade do concreto, devido a relação água/cimento, ou seja, quanto mais finos, mais água e com isso o comprometimento da resistência do concreto e/ou argamassa.

Além de prejudicar a aderência entre a pasta de cimento e o agregado, os torrões de argila, na presença de umidade, podem expandir, provocando patologias principalmente em argamassas de revestimento. Os materiais friáveis, como a mica, desagregam-se facilmente, ocasionando perda de aderência e resistência (NEVILLE, 1982).

A determinação do teor de torrões de argila e materiais friáveis estão estabelecidos na NBR 7211:2009 e são limitadas em 3% para agregados miúdos, em concretos aparente, sujeito a desgaste superficial e demais concretos.

#### 2.3.2.7 Métodos de Extração e Beneficiamento do Agregado Miúdo

A busca pelo desenvolvimento humano, leva os agentes desenvolvedores a exploração mineral. Basicamente, dentre os minerais, estão a areia, a pedra, o cascalho. Os agregados para a construção civil são as substâncias mais consumidas no mundo. Consequentemente, esse desenvolvimento é responsável por um impacto ambiental negativo e muitas vezes irreversível para a natureza, comprometendo assim os recursos ambientais.

Entre os métodos utilizados para a extração estão a extração manual, extração em fossa, área de várzea, leito de curso d'água, em leito de curso d'água navegável e por desmonte hidráulico.

A maior parte da areia extraída no Brasil, mais precisamente 90%, é através da extração em leito de rios e o restante através de depósitos lacustres, mantos de decomposição de rochas, várzeas, etc.

Em Ponte Alta do Tocantins, a areia é obtida através da extração manual, sem nenhum tratamento e beneficiamento prévio, conseqüentemente, inexistindo uma adequada separação dos grãos e possíveis materiais indesejáveis. Além disso, a extração é irregular causando um enorme prejuízo ao meio ambiente.

Figura 11: Jazida de Areia de Ponte Alta do Tocantins: Extração Manual



Fonte: Autor, 2017

#### 2.3.2.8 Índices de Qualidade

##### 2.3.2.8.1 Resistência à Compressão, Resistência à Abrasão e Módulo de Elasticidade.

A resistência à compressão, a resistência à abrasão e o módulo de elasticidade dos agregados são propriedades inter-relacionadas, que são muito influenciadas pela porosidade. Os agregados naturais comumente usados para a produção de concreto normal são geralmente densos e resistentes; portanto, raramente são um fator limitante da resistência e propriedades elásticas do concreto endurecido (METHA E MONTEIRO, 1996).

Alguns fatores que podem influenciar na resistência a compressão são: relação água/cimento, número de vazios, teor de finos, tipo de agregado.

##### 2.3.2.8.2 Forma e Textura superficial dos grãos

Os grãos dos agregados não têm forma geometricamente definida. Quanto a dimensões, comprimento, largura e espessura, classificam-se em alongados, cúbicos, lamelares e discoides.

A forma e a textura das partículas dos agregados influenciam mais as propriedades do concreto no estado fresco do que endurecido; comparadas às partículas lisas e arredondadas, as partículas de textura áspera, angulosas e alongadas requerem mais pasta de cimento para produzir misturas trabalháveis, e, portanto, aumentam o custo do concreto. A forma diz

respeito às características geométricas, tais como arredondadas, angulosa, alongada ou achatada (METHA & MONTEIRO, 1996).

### **2.3.3 Sílica Ativa**

A sílica ativa é relativamente nova entre os materiais cimentícios, sendo introduzida inicialmente como uma pozolana. No entanto, sua atuação no concreto não é somente a de uma pozolana muito reativa, mas também outros aspectos benéficos. É especialmente interessante para a produção de concreto e argamassa de alto desempenho.

A sílica ativa é um resíduo da produção de silício ou de ligas de ferrosilício, obtido a partir de quartzo de alto grau de pureza e de carvão em forno elétrico a arco submerso. O  $\text{SiO}_2$  gasoso que se libera sofre oxidação e se condensa na forma de partículas esféricas extremamente finas de sílica amorfa ( $\text{SiO}_2$ ). A sílica na forma vítrea (amorfa) é altamente reativa, e as dimensões mínimas de suas partículas aceleram a reação com o hidróxido de cálcio produzido pela hidratação do cimento Portland. As diminutas partículas da sílica ativa podem entrar nos espaços entre as partículas de cimento, melhorando o empacotamento (ROMANO, 2006).

É fundamental que a sílica ativa seja completa e uniformemente distribuída. Por essa razão, o tempo de mistura deve ser ampliado, especialmente quando a sílica ativa for utilizada na forma densificada. A densificação é obtida pelas partículas de sílica ativa, que são em geral 100 vezes menores que as partículas de cimento. Conseqüentemente, a porosidade da região de interface é reduzida, em comparação com uma mistura sem sílica ativa. A reação química subsequente da sílica ativa resulta em porosidade ainda menor naquela região, o que melhora suas características de resistência e permeabilidade (NEVILLE, 2016).

A grande área superficial das partículas de sílica ativa, que deve ser umedecida, aumenta a demanda de água, de modo que, nos casos de misturas de baixa relação água/cimento, a utilização de aditivo superplastificante se torna necessário.

Segundo Fonseca (2010) a eficiência dos aditivos superplastificantes é melhorada com a adição da sílica ativa. Inclusive, no concreto no estado endurecido.

Nas argamassas autoadensáveis, a adição da sílica ativa, é empregado de preferência para neutralizar a retração por secagem, a exsudação e a propensão ao aparecimento de fissuras (NAKAKURA & BUCHER, 1997).

### **2.3.4 Aditivos**

Os aditivos são empregados no concreto com a finalidade de melhorar a trabalhabilidade, acelerar o aumento do tempo de pega, controlar o desenvolvimento da resistência, melhorar a resistência à ação do gelo, a fissuração térmica, a expansão álcali-

agregado, e a soluções ácidas e sulfatadas. Os principais aditivos utilizados são os superplastificantes e os modificadores de viscosidade.

Os aditivos superplastificantes faz com que se atinja uma melhor fluidez nas misturas e os modificadores de viscosidade melhoram a coesão, prevenindo a exsudação e segregação da argamassa.

As argamassas autonivelantes necessitam demandar uma estipulada resistência no momento da sua aplicação, de forma que a sua aderência propicie uma deformação apropriada pela influência do seu respectivo peso (NAKAKURA & BUCHER, 2003).

#### 2.3.4.1 Aditivo Superplastificante

Os superplastificantes, também chamados aditivos redutores de água de alta eficiência por serem capazes de reduzir o teor de água de três a quatro vezes, em um dado traço de concreto, quando comparados a aditivos redutores de água normais, foram desenvolvidos nos anos 70 e têm já ampla aceitação na indústria da construção em concreto.

Existem quatro categorias de superplastificantes: condensados sulfonados de melanina-formaldeído; condensados sulfonados de naftaleno-formaldeído; lignossulfonatos modificados; e outros, como estéres de ácido sulfônico e ésteres de carboidratos. Os dois primeiros são os mais comuns, e denominados respectivamente por superplstificantes à base de melamina e superplastificantes à base de naftaleno (NEVILLE, 2015)

Comparados aos aditivos redutores de água normais, quantidades relativamente grandes de superplastificantes de até 1% em massa de cimento podem ser incorporadas às misturas de concreto sem causar exsudação excessiva e retardamento do tempo de pega, apesar da consistência ser da ordem de 200 a 250 mm de abatimento. É a dimensão coloidal das partículas de cadeia longa do aditivo, que provavelmente, obstruem os canais de fluxo de água de exsudação no concreto, de modo que a segregação não é geralmente observada em concretos superplastificados (MEHTA E MEDEIROS, 1994).

A principal ação das longas moléculas é envolver as partículas de cimento, o que atribui a estas uma carga altamente negativa, de modo que elas se repelem ou agem por repulsão estérica.

Seu principal efeito é a melhor distribuição das partículas de cimento e, devido a isso, uma melhor hidratação.

Embora, a forma de ação dos superplastificantes ainda não tenha sido totalmente explicada, sabe-se que eles interagem com o C3A, causando o retardo de sua hidratação. A consequência física é a formação de pequenos cristais de etringita de forma aproximadamente

cúbica, em vez de cristais em forma de agulha. A forma cúbica melhora a mobilidade da pasta de cimento, melhorando também a trabalhabilidade (NEVILLE, 2015).

#### 2.3.4.2 Aditivo Modificador de Viscosidade

Os aditivos modificadores de viscosidade (VMA) são produtos à base de polissacarídeos com cadeias poliméricas de alto peso molecular ou de base inorgânica. Quando adicionados ao concreto, melhoram a coesão da massa no estado fresco, impedindo a segregação e limitando a perda de água por exsudação, o que permite diminuir os efeitos negativos da falta de uniformidade na dosagem da quantidade de água e da granulometria dos agregados.

O VMA altera as características reológicas e viscoelástica permitindo a fabricação de concretos e argamassas fluidas, sem a perda dos materiais finos e sem segregação.

É importante o uso do VMA na produção de argamassa autonivelante, devido a sua função de ajudar a promover a viscosidade adequada proporcionando uma mistura homogênea, com uma baixa exsudação e resistência a segregação.

MELO, 2005 afirma que a utilização do VMA tanto em concretos como em argamassas pode desencadear um processo de redução da viscosidade, visto que a taxa de cisalhamento aplicada aumenta. Na argamassa autonivelante, devido a sua fluidez e alta taxa de cisalhamento, a execução é facilitada, com a diminuição da viscosidade. Após a aplicação da argamassa autonivelante, a tendência é o aumento da viscosidade garantindo assim, a capacidade de reter a água e manter a sustentabilidade das partículas.

### 2.4 PROPRIEDADES DA ARGAMASSA AUTONIVELANTE

Para trabalhar com a argamassa autonivelante em contrapisos, umas particularidades devem ser consideradas, tal no seu estado fresco quão no seu estado endurecido.

A fim de assegurar a qualidade da argamassa autonivelante no seu estado endurecido, são necessárias algumas precauções em seu estado fresco. As principais características da argamassa, no seu estado fresco é sua consistência e a sua resistência à segregação.

A consistência atribuí à argamassa, a característica de autonivelamento, ou seja, a argamassa é projetada sobre o substrato, e com a ação da gravidade se espalha horizontalmente ocupando todos os espaços vazios até que a superfície esteja plana.

A resistência à segregação consiste em evitar que as partículas constituintes se desagreguem mantendo a homogeneidade da combinação. Para evitar a segregação, devido à fluidez da argamassa autonivelante, é necessário que a mistura seja coesa e viscosa. Essa coesão e viscosidade são adquiridas com a aplicação do aditivo modificador de viscosidade (MARTINS, 2009).

A exsudação é definida como um fenômeno cuja manifestação externa é o aparecimento de água na superfície após a argamassa ter sido lançada e adensada, porém antes de ocorrer sua pega (ou seja, quando a sedimentação não pode mais ocorrer). A água é o componente mais leve da mistura, conseqüentemente, a exsudação é uma forma de segregação, porque os sólidos em suspensão tendem a se sedimentar sob a ação da força da gravidade (MEHTA E MONTEIRO, 1994)

Cimentos com partículas mais finas e pastas com adições de agregados mais finos podem minimizar a exsudação, pois partículas menores hidratam mais rápido. Neville (1997), ainda cita que além das características do cimento como teor de finos e concentração de C3A influenciarem na exsudação da argamassa, a presença de uma quantidade adequada de partículas de diâmetro inferior a 150 micrometros reduz significativamente esta propriedade.

Figura 12: Exsudação



Fonte: [www.clubedoconcreto.com.br](http://www.clubedoconcreto.com.br)

Entre os exemplos de falhas que podem provocar a exsudação vale destacar o excesso de água de amassamento, baixo teor de cimento, e a presença de um alto teor de material pulverulento na areia.

Para que os aditivos adicionados à massa assegurem suas propriedades, é importante adotar um procedimento confiável que garanta a quantidade correta do teor dos aditivos. Como exemplo, o uso excessivo dos superplastificantes que pode ocasionar a segregação (MONTE, 2003).

As proporções especiais dos componentes da argamassa autonivelante, devem promover no seu estado fresco, além da coesão, fluidez e viscosidade, a compatibilidade entre os materiais constituintes e a trabalhabilidade.

A trabalhabilidade da argamassa autonivelante no estado fresco é essencial para a sua correta aplicação, e está intimamente ligada à fluidez e a coesão da mistura.

#### **2.4.1 Estado Endurecido**

As propriedades da argamassa no estado endurecido são basicamente, resultado das decisões tomadas na dosagem e mistura do material no estado fresco e que influenciam diretamente na resistência mecânica, ao desgaste por abrasão, resistência ao impacto e a aderência.

A resistência mecânica está ligada a sua capacidade de resistir esforços de tração, compressão ou cisalhamento, provenientes de cargas estáticas ou dinâmicas decorrentes da edificação ou condições ambientais (FREITAS, 2010). A resistência aumenta com a redução da proporção de agregado na argamassa e varia inversamente com a relação água/cimento da argamassa (MACIEL, BARROS & SABBATINI, 1998).

A resistência à abrasão é uma característica importante nas superfícies sujeitas à movimentação de cargas. A melhor qualidade da pasta de cimento e união dos grãos dos agregados diminui o desgaste. A resistência ao impacto está intimamente ligada a sua resistência e ductilidade, e pode ser definida como a capacidade de um determinado material absorver energia do impacto. Assim, é extremamente importante que o material esteja preparado para receber essa força pontual para depois de sofrer a deformação, transferir para o resto da estrutura. De um modo geral, a resistência à abrasão e ao impacto cresce proporcionalmente com a resistência à compressão do concreto e argamassas (BAUER, 2014).

A argamassa no estado fresco influencia diretamente a resistência à aderência, assim como a base que deve estar devidamente limpa. A aderência profunda caracteriza a interação da argamassa e o substrato de concreto e a aderência superficial caracteriza a união entre a argamassa e o revestimento (MACIEL, BARROS & SABBATINI, 1998).

Outra propriedade importante para a argamassa no estado endurecido é o módulo de elasticidade que está relacionado ao comportamento elástico do material e pode fornecer informações a respeito da deformabilidade e da rigidez. Esta propriedade mecânica é de grande interesse, pois está ligada aos fenômenos patológicos de argamassas em especial as fissuras (SILVA & CAMPITELI, 2008).

Soma-se a isso, a necessidade crescente nas obras, da aceleração de cronogramas e prazos, onde o desenvolvimento em torno de novas técnicas construtivas, de produtos tecnologicamente modernos com alto desempenho contribui consideravelmente para atender a demanda e os clientes cada dia mais exigentes.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 TIPOLOGIA DA PESQUISA

O planejamento do programa experimental desenvolvido neste capítulo está dividido em dois itens principais. O primeiro, descrito no item Caracterização dos materiais, aborda a seleção dos materiais utilizados para a produção da pasta para argamassa autonivelante e a metodologia utilizada para sua caracterização. Já o segundo item apresentado como Caracterização da Pasta para Argamassa Autonivelante descreve o ensaio específico para se caracterizar a pasta autonivelante, juntamente com os ajustes dos teores de materiais, como por exemplo, a relação água/materiais secos, aditivo superplastificante, aditivo promotor de viscosidade, visando à formulação ideal para as pastas cimentícias autonivelante. O item Caracterização da Pasta para Argamassa autonivelante também foi dividido em subitens para facilitar a compreensão do comportamento de cada material, e seus respectivos teores, na pasta. Essa divisão ocorreu em três subitens, ou seja, em três etapas, que foram evoluindo conforme os resultados apresentados.

A Etapa I refere-se aos ensaios preliminares com a pasta autonivelante para o traço referência, com o objetivo de ajustar os teores dos aditivos VMA e SP e mapear o limite máximo e mínimo da relação a/c. Como não há parâmetros sobre a pasta autonivelante, foi necessária essa arbitragem nos teores de adições, aditivos e a/c, para que fossem gerados os primeiros resultados que posteriormente serviriam como parâmetros para uma nova dosagem de constituintes visando à pasta autonivelante.

A Etapa II refere-se a essa nova dosagem de materiais, para o traço composto com a areia de Ponte Alta, já com alguns teores de constituintes revisados que resultaram num melhor desempenho das formulações visando à pasta autonivelante.

As formulações que foram consideradas ideais através dos critérios propostos nesse trabalho passaram para a Etapa III, sendo, portanto, submetidas aos ensaios de viscosidade.

Todas as atividades foram desenvolvidas no Laboratório de Materiais de Construção do CEULP/ULBRA.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Figura 13: Organograma



Fonte: Autor, 2018

#### 3.2.1 Aglomerante

O aglomerante utilizado foi o cimento Portland CP V Extra Forte Ciplan. O cimento CP V (ARI) foi selecionado por apresentar características favoráveis na fabricação da argamassa autonivelante, pois, o mesmo possui partículas extremamente finas, e elevada resistência inicial e final.

#### 3.2.2 Aditivos Químicos

Para o desenvolvimento do traço referência foi utilizado o aditivo Sika ViscoCrete 3535 CB, que é um aditivo superplastificante de última geração para concreto de alto desempenho. O Aditivo em questão permite uma alta taxa de redução de água, mantendo uma excelente fluidez e uma ótima coesão da massa, permitindo a confecção dos concretos de alto desempenho (CAD) e dos concretos auto-adensável (CAA).

##### 3.2.2.1 Superplastificante

O aditivo superplastificante é composto por Policarboxilatos de altíssimo desempenho com grande poder de dispersão, que aumenta fortemente a trabalhabilidade da pasta e possui compatibilidade com todos os tipos de cimento Portland que atendem os requisitos das

normas NBR 11768/2011 e ASTM C494. Segundo a fabricante, para utilização desse aditivo em concreto e argamassa fluido, recomenda-se:

Dosagem de 1,1% a 1,50% sobre o peso do cimento, ou seja, 1,1 a 1,50 kg para cada 100 kg de cimento Portland.

#### 3.2.2.2 Plastificante Polifuncional

O aditivo plastificante polifuncional utilizado foi o Basf MasterPozzolith 201, ele é composto por Policarboxilatos de altíssimo desempenho com grande poder de dispersão, que aumenta fortemente a trabalhabilidade da pasta. É recomendado principalmente para a fabricação de concreto auto adensável, e possui compatibilidade com todos os tipos de cimento Portland que atendem os requisitos das normas NBR 11768 (2011) e ASTM C494. Segundo a fabricante, para utilização desse aditivo em concreto fluído, recomenda-se a dosagem de 0,40% a 1,80% sobre o peso do cimento, ou seja, 0,40 a 1,80 kg para cada 100 kg de cimento Portland.

#### 3.2.2.3 Modificador de Viscosidade

O aditivo modificador de viscosidade foi o Viapol Eucon MV, este aditivo possui sua base química de Polietilenoglicol, seu uso é indicado na confecção de concretos de alto desempenho e fluidez, para compensar falta de finos em alguns traços. Este aditivo é utilizado quando se busca a estabilização de traços de pastas fluidas que tenham a tendência a exsudar em excesso ou segregar, assim, aumentando a coesão de traços com falta de finos. De acordo a fabricante, para utilização do Eucon MV em concreto auto adensável, recomenda-se a dosagem de 0,15% a 0,5% em relação ao peso do cimento. Porém é recomendado a execução de ensaios em laboratórios para determinar a porcentagem ideal deste aditivo.

#### 3.2.2.4 Incorporador de Ar

O aditivo incorporador de ar foi o Viapol Eucon AIR 1, este aditivo é composto por resinas naturais de alto desempenho, que formam microbolhas estáveis e bem distribuídas na argamassa. Este aditivo é utilizado quando se busca melhorar as propriedades mecânicas da argamassa, com isso, reduzindo o potencial de retração e formação de fissuras. De acordo a fabricante, para utilização do Eucon AIR 1 em concreto e argamassas, recomenda-se a dosagem de 0,01% a 0,2% em relação ao peso do cimento. Porém é recomendado a execução de ensaios em laboratórios para determinar a porcentagem ideal deste aditivo.

### 3.2.3 Agregados

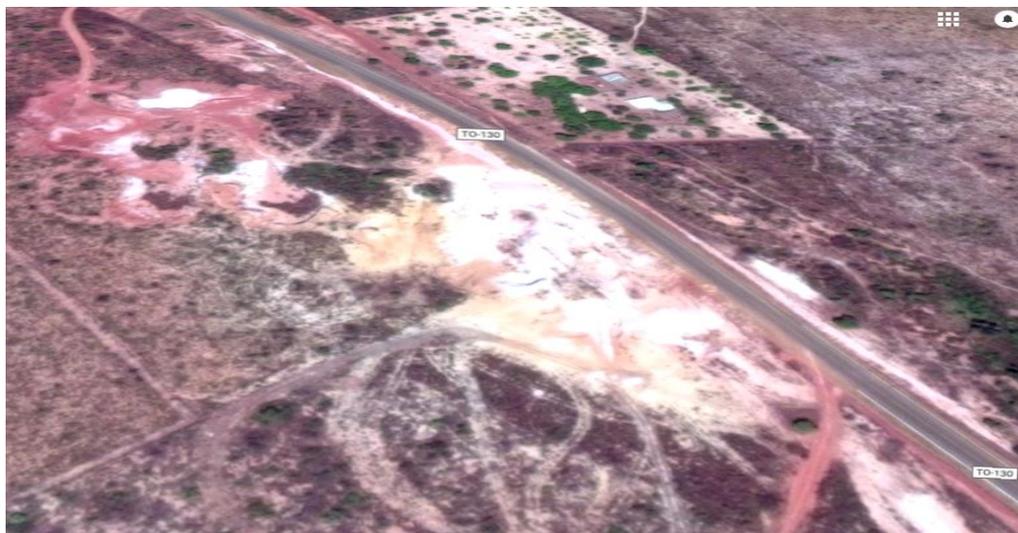
#### 3.2.3.1 Agregado Natural de Palmas

Para o traço referência foi utilizado areia natural extraída de rio, com origem quartzosa, fornecida pela Capital Mineradora.

### 3.2.3.2 Agregado natural de Ponte Alta

A cidade de Ponte Alta do Tocantins está situada ao leste do Estado do Tocantins, e está inserido na Microrregião do Jalapão.

Figura 14: Imagem aérea da Jazida de areia de Ponte Alta do Tocantins



Fonte: Imagens Google

### 3.2.3.3 Caracterização dos agregados

- Foram realizados ensaios de granulometria desses materiais em conformidade com a orientação contida na Norma Determinação da Composição Granulométrica – ABNT NBR NM 248:2003 - onde foram determinados o diâmetro máximo característico e o módulo de finura desses agregados.

Figura 15: Ensaio de granulometria



Fonte: autor, 2018

- Foi realizado o ensaio de Massa Unitária desses materiais, para isto, o ensaio previsto por norma seria a NBR NM 45/2006, porém a indisponibilidade do recipiente exigido pela norma no laboratório inviabilizou a sua utilização, com

isso a determinação da massa unitária foi executada seguindo a NBR 7251/1982.

- Foi determinada a Massa Específica dos agregados utilizados de acordo com a norma - ABNT NBR NM 52:2009 onde avalia a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, excluindo os poros permeáveis.

As amostras foram preparadas seguindo todos os critérios estabelecidos pela norma, para que posteriormente seja feita a determinação da sua massa específica.

Figura 16: Ensaio de massa unitária



Fonte: Autor, 2018

- Foi realizado também o ensaio para Determinação do teor de material pulverulento - ABNT NBR NM 46:2003 que determina a quantidade de finos que passa na peneira de 0,075 mm presente no agregado miúdo, através de lavagem. Sabendo que o excesso desse material prejudica a aderência entre a pasta de cimento e a argamassa.

Figura 17: Ensaio de material pulverulento



Fonte: Autor, 2018

- O ensaio para Determinação do Teor de Argila em Torrões e Materiais Friáveis - ABNT NBR 7218/2010 avalia a qualidade de um agregado com relação à contaminação com grãos pouco resistentes
- Para complementar a caracterização, foi realizada a análise Petrográfica da areia oriunda de Ponte Alta com o objetivo de conhecer a sua composição mineralógica – Laboratório de Engenharia de Minas, CEUPL/ULBRA.

É uma areia predominantemente quartzosa (90%), sendo constituída também pelo mineral Feldspato, e uma pequena presença de magnetita.

### 3.2.4 Água

As pastas e argamassas foram fabricadas utilizando água da rede pública local, fornecida pela BRK Ambiental (TO).

## 3.3 CARACTERIZAÇÃO DA PASTA PARA ARGAMASSA AUTONIVELANTE

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

### 3.3.1 Traço referência

O traço estabelecido como referência para produção desta argamassa foi de 1:4 (cimento/areia), conforme (Fiorito, 2009; Martins, 2012).

Inicialmente foi realizado traços com diferentes porcentagens de aditivos com o objetivo de um traço referência com características autonivelante. As variáveis fixas foram a areia e o cimento, variando apenas o fator água/cimento e os teores de aditivos.

Para produzir a argamassa é necessário conhecer os fatores que influenciam no seu estado fresco e também no seu estado endurecido. A mistura deve ser feita em uma argamassadeira, de forma ordenada, adicionando a água de amassamento em um determinado intervalo de tempo, primeiramente uma parte da água nos materiais secos e posteriormente o

restante da água juntamente com o aditivo, e misturados na velocidade 1 (velocidade lenta) e respeitando o tempo total de amassamento (4 minutos).

Figura 18: Argamassadeira utilizada na produção da argamassa



Fonte: Autor, 2018

A escolha do traço referência foi feita através do ensaio de espalhamento, observando as características de espalhamento, segregação e exsudação. Após alguns traços serem analisados, foi feita a escolha do que melhor se enquadrava como argamassa autonivelante, em que o mesmo deveria apresentar um espalhamento entre 24 e 27 cm e não tivesse exsudação e segregação dos seus materiais.

Após a realização dos ensaios no estado fresco, para obtenção do traço referência composto por (cimento, areia, água e aditivo), foi confeccionado argamassas autonivelantes utilizando a areia natural de Ponte Alta em substituição do volume total da areia natural de Palmas, com o objetivo de analisar a possibilidade da utilização desta areia na confecção de argamassa autonivelante.

Os traços foram dosados para um volume de 0,009 m<sup>3</sup> de argamassa, sendo utilizados no ensaio de espalhamento e para confeccionar todos os corpos de prova necessários para os ensaios no estado endurecido.

### 3.4 ESTUDO DA ARGAMASSA

#### 3.4.1 Ensaio no Estado Fresco

A caracterização do material no estado fresco nos dá importantes informações sobre a qualidade da argamassa, principalmente por ser a fluidez uma característica fundamental e a maior vantagem do seu uso.

##### 3.4.1.1 Ensaio de Espalhamento traço referência

Este ensaio foi realizado com o objetivo principal de obter argamassas com propriedades de espalhamento entre 24 e 27 cm, sem que ocorram sinais de segregação e exsudação. Para isto foi realizado a dosagem das argamassas através do ensaio de espalhamento (flow table), que definiu o traço referência para o estudo.

Figura 19: Mini tronco de cone



Fonte: Autor, 2018

O ensaio para Determinação de Espalhamento e Tempo de Escoamento - ABNT NBR 15823-2/2010, consiste no preenchimento de um mini tronco de cone, o qual é retirado verticalmente para que a argamassa possa se espalhar livremente sob seu peso próprio, em seguida, são medidos dois diâmetros ortogonais, o diâmetro final será a média desses dois valores.

Conforme Katsiadramis et al., (2010), o valor do teste de espalhamento, pelo método do mini cone na mesa, em argamassa autonivelante, deve variar entre 24 e 26 cm. Segundo pesquisas de Georgin et al. (2008), a argamassa é considerada autonivelante quando o espalhamento na mesa pelo método do mini cone varia entre 25 e 27 cm. De acordo com Rizwan e Bier (2012), o espalhamento, para o teste mini slump flow table, em argamassas autonivelantes deve ser igual ou superior a 26 cm. Os critérios de aceitação sugeridos pela EFNARC (2002), para experimentos de espalhamento em argamassas autonivelantes, variam entre 24 e 26 cm. Para a escolha do teor ideal dos aditivos, foi determinado um espalhamento

entre 24 e 26 cm de diâmetro como preconiza a EFNARC (2002), caso não seja atingido esses valores, será escolhido o traço que apresentar maior resistência a compressão e flexão para uma nova dosagem com apenas o aumento do fator a/c, para poder avaliar a influência da água no espalhamento.

O ensaio de espalhamento foi feito com o traço referência e posteriormente foram feitos os mesmos ensaios com os traços com a areia de Ponte Alta.

As amostras caracterizadas por traço 1 (TR 01), traço 2 (TR 02), traço 3 (TR 03), traço 4 (TR 04) e traço 5 (TR 05) foram produzidas conforme descrito na tabela 8, com diferentes adições do fator água/cimento e aditivos superplastificante (SP), modificador de viscosidade (MV), Incorporador de ar (IA), Plastificante Polifuncional (PP) e o Superplastificante Sika Viscocrete 3535 CB, mantendo assim como variáveis fixas o cimento e a areia.

Tabela 3: Identificação dos traços

Amostra	Cimento (g)	Areia (g)	a/c	SP %	MVA %	IA %	PP (%)	3535 CB %
TR 01	350	1400	0,7	0,5	0,9	--	--	--
TR 02	350	1400	1,0	0,5	0,9	--	--	--
TR 03	350	1400	1,0	--	1,0	0,2	1,0	--
TR 04	350	1400	0,8	--	--	--	--	1,1
TR 05	350	1400	0,8	--	--	--	--	1,2

Fonte: autor, 2018

#### 3.4.1.2 Ensaio de Espalhamento traço Ponte Alta

Após o processo de escolha do traço referência, chegou à vez de estudar as influências da areia de Ponte Alta na confecção da argamassa autonivelante.

Em um primeiro momento, foram fixadas todas as variáveis mudando apenas o agregado miúdo, mantendo inclusive a proporção de 1:4.

Tabela 4: Traço com a areia de Ponte Alta

Amostra	Cimento (g)	Areia (g)	A/C (%)	VMA (%)	3535 CB (%)
TAP 1	350	1.400	0,8	--	1,1
TAP 2	350	1.400	0,8	0,9	1,1

Fonte: Autor, 2018

Como pode ser visto na Tabela 04 o traço (TAP 1) com a areia de Ponte Alta teve apenas a substituição da areia para analisar a influência da mesma, na característica de espalhamento desta argamassa. E o traço 2 (TAP 2) foi desenvolvido com adição do modificador de viscosidade.

### 3.4.2 Ensaio no estado endurecido

As características desse material no estado endurecido darão informações sobre seu comportamento em uso e mostrará se atende às necessidades de solicitações feitas.

#### 3.4.2.1 Ensaio de Resistência à Compressão

O ensaio à compressão, assim como a moldagem e cura dos corpos de prova foram realizados conforme a norma técnica - ensaio Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos – Determinação da Resistência à Tração na Flexão e à Compressão - ABNT NBR 13279/2005.

Figura 20: Corpos de prova cilíndricos



Fonte: Autor, 2018

Foram produzidos 12 corpos de prova cilíndricos para o traço referência e 12 para o traço feito com a areia de Ponte Alta, de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura. Os moldes foram desmoldados com 24 a 48 horas e rompidos no Laboratório de Materiais de Construção do CEULP/ULBRA, no 3º, 7º e 28º dia. Os corpos de prova são colocados na prensa, EMIC PC 201 (Figura 23), e recebem uma carga de  $500 \pm 50\text{N/s}$  até a ruptura das amostras.

Figura 21: Ensaio de resistência à compressão na Prensa Emic



Fonte: Autor, 2018

#### 3.4.2.2 Ensaio de Resistência à Flexão

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

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

A figura 22 mostra o posicionamento do corpo de prova com a força sendo aplicada no centro do mesmo, para simular a tração na flexão.

Figura 22: Ensaio de compressão na Prensa EMIC PC 201



Fonte: Autor, 2018

#### 3.4.2.3 Absorção de Água

Para o cálculo da permeabilidade da argamassa autonivelante foi utilizado à norma ABNT NBR 9778/2009 Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Neste ensaio foi determinada a capacidade da argamassa autonivelante de absorver água por imersão, com isso, podendo fazer ponderações na hora de colocar o revestimento no contrapiso. Primeiramente foram separados dois corpos de prova para cada traço e colocados na estufa durante 72 horas, após os mesmos serem retirados do processo de secagem e imergidos em água por 72 horas, com isso possibilitando encontrar sua massa seca e massa saturada.

#### 4.2.2.4 Resistência de aderência à tração

A realização deste ensaio foi baseada na norma brasileira NBR 13528/2010 que descreve o ensaio de arrancamento de placas cerâmicas em um substrato. O substrato de argamassa autonivelante utilizado foi moldado, conforme a figura 23 com o auxílio de gabaritos de madeira, e permaneceu em laboratório por 28 dias. Este substrato foi utilizado também para analisar as características da argamassa em seu estado fresco, simulando o comportamento da pasta como em uma obra e avaliando o seu espalhamento.

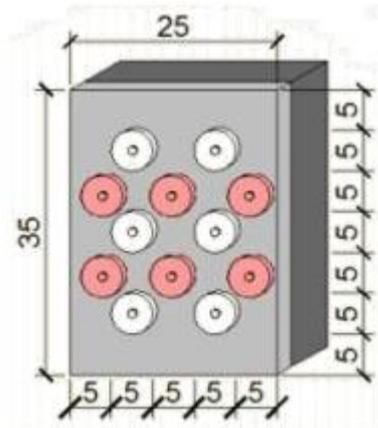
Figura 23: Substrato utilizado para a realização do ensaio a resistência de aderência à tração



Fonte: Autor, 2018

Após 28 dias de cura da argamassa autonivelante foram coladas as pastilhas com cola epóxi Araldite. Para cada placa de argamassa deveria ter sido feito 10 corpos de prova cilíndricos, no entanto, devido à dimensão do substrato e o que a Norma preconiza que os pontos de arrancamento devem estar espaçados entre si, além dos cantos e das quinas em no mínimo 50 mm, não foi possível obter a quantidade exigida pela norma, conforme a figura abaixo.

Figura 24: Esquema de extração de corpos de prova



Fonte: Adaptado de Stolz, 2011

## 4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

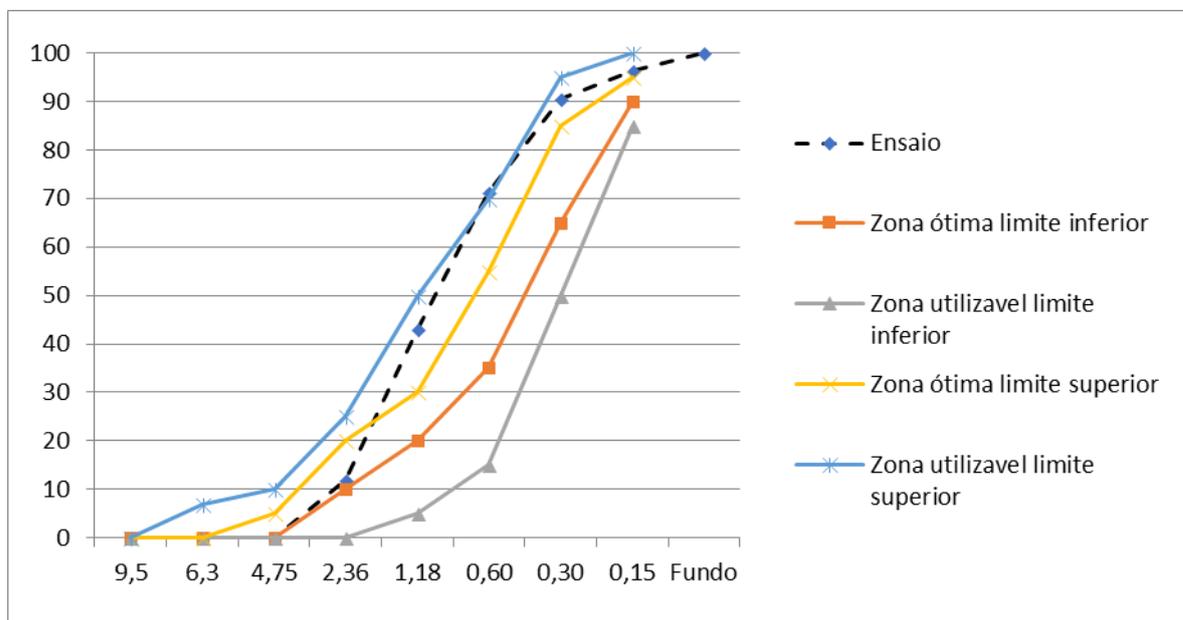
Neste capítulo serão apresentados os resultados referentes ao estudo da caracterização dos agregados miúdos, juntamente com o resultado dos demais ensaios para avaliação da argamassa autonivelante no seu estado fresco e endurecido para as dosagens escolhidas e a discussão sobre a influência da granulometria na trabalhabilidade da argamassa.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

A composição granulométrica é a característica dos tamanhos dos grãos que compõe a areia. Através da composição granulométrica de uma areia pode-se definir sua dimensão máxima característica que corresponde à abertura nominal da malha da peneira de série normal ou intermediária, na qual o agregado fica retido em valor igual ou inferior a 5% segundo a NBR 7211 (ABNT, 2005), e pode-se estabelecer seu módulo de finura que é a soma das porcentagens retidas acumuladas, nas peneiras de série normal, dividido por cem.

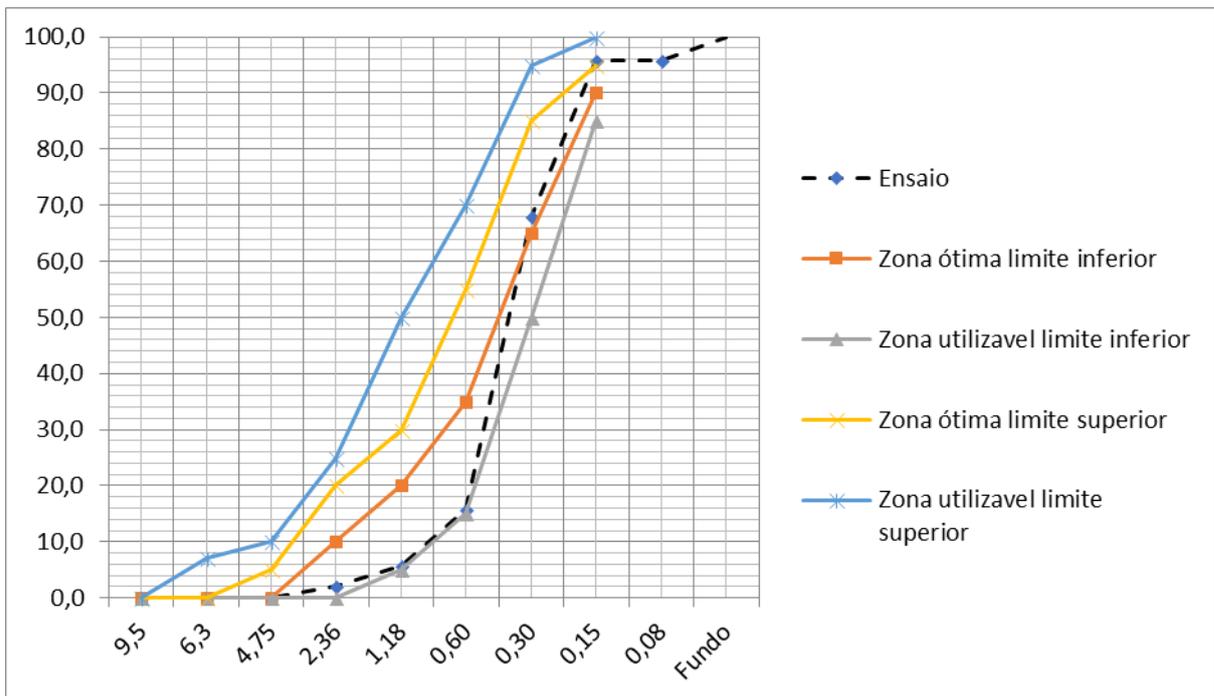
A figura 25 representa a curva granulométrica da areia de Ponte Alta, e a figura 26 à curva granulométrica da areia de Palmas, comparadas aos limites granulométricos da NBR 7211/2005, com o intuito de avaliar suas características, basicamente o teor de finos, a fim de conferir se a areia de Ponte Alta é adequada ao estudo proposto.

Figura 25: Curva granulométrica da areia de Ponte Alta



Fonte: Autor, 2018

Figura 26: Curva granulométrica da areia natural de Palmas



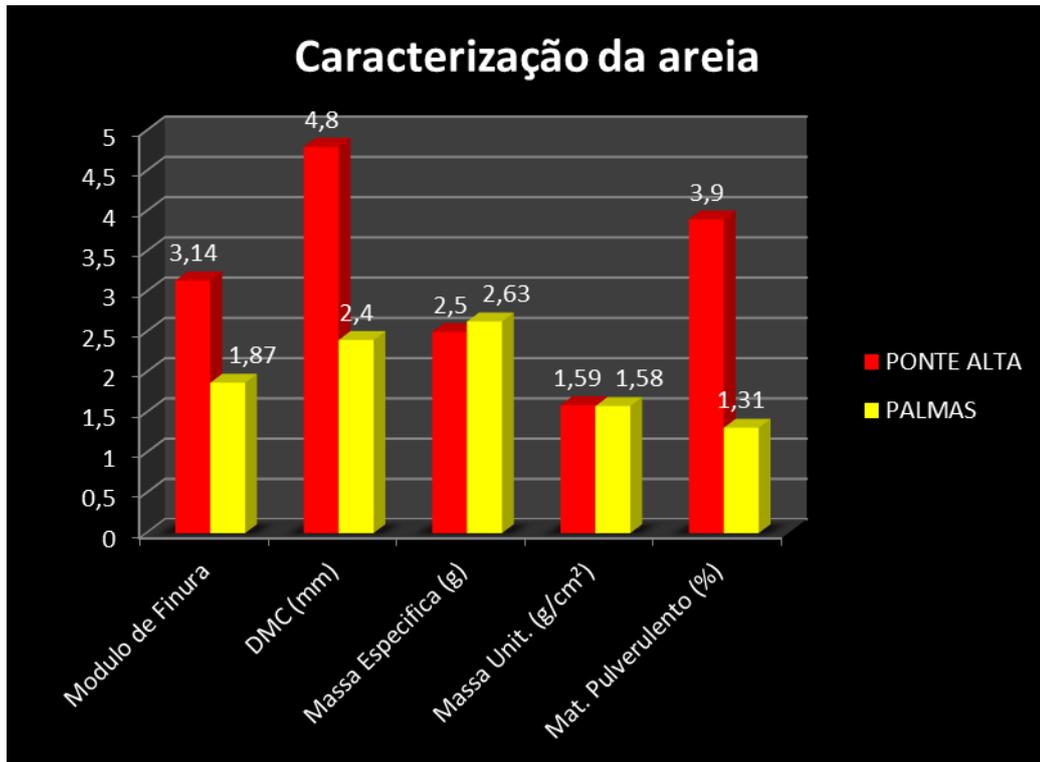
Fonte: Autor, 2018

Com a revisão da NBR 7211 em 2005, foi determinado uma classificação das zonas, devido aos limites da distribuição granulométricas do agregado miúdo, em zona utilizável e zona ótima, diferentemente da versão antiga NBR 7211/1983, a qual determinava quatro zonas para a classificação das areias muito fina, fina, média e grossa.

Conforme as curvas granulométricas apresentadas, percebemos que as duas areias exibem curvas contínuas. A areia de Palmas tem uma distribuição granulométrica melhor, ou seja, uma melhor distribuição entre as peneiras. O seu módulo de finura a caracteriza em uma areia fina, e devido essa quantidade de finos em sua composição causa uma melhora na viscosidade da argamassa. A areia de Ponte Alta está compreendida dentro da zona utilizável superior, justificando assim o seu módulo de finura que a caracteriza como uma areia grossa. Ressalva-se que nenhuma das duas areias estão dentro da zona ótima, porém, conforme a norma, podem ser usadas em argamassa.

Os resultados da caracterização física dos agregados estão apresentados, conforme a figura 27, que compara as características da areia de Palmas e de Ponte Alta.

Figura 27: Caracterização da areia



Fonte: Autor, 2018

Com relação à quantidade de substâncias nocivas presentes no agregado miúdo não devem exceder os limites máximos em porcentagem com relação à massa do material.

A norma estabelece para o agregado miúdo um teor máximo de 3,0% de materiais pulverulentos para concreto submetido a desgaste superficial e 5,0% para os demais concretos. O material utilizado apresentou um total de 3,9% estando então dentro da norma para os demais concretos, exceto concretos submetidos a desgaste superficial. No caso analisado, a argamassa autonivelante não está submetida a desgaste superficial, podendo então o agregado miúdo de Ponte Alta, ser utilizado para essa finalidade.

## 4.2 ESTUDO DA ARGAMASSA AUTONIVELANTE NO ESTADO FRESCO

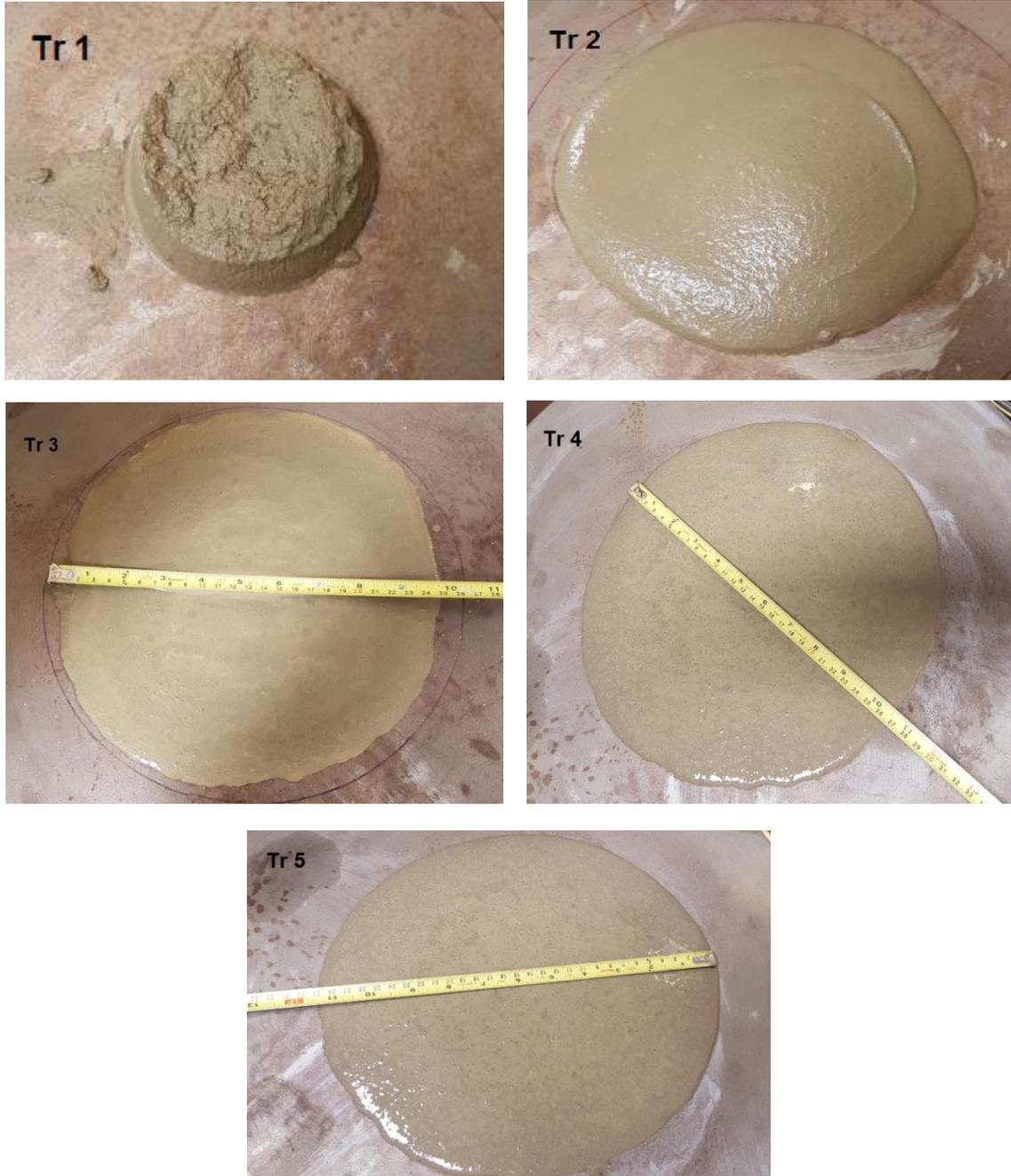
### 4.2.1 Ensaio de espalhamento traço referência

A partir de pastas previamente estudadas e definidas em trabalhos anteriores, foram formuladas cinco argamassas. As argamassas frescas após o abatimento pelo ensaio do mini tronco de cone foram avaliadas quanto à abertura, formato da borda e ocorrência ou não de segregação. Primeiramente foram desenvolvidos traços experimentais, com o intuito de encontrar um traço referência com características de argamassa autonivelante, sendo elas: espalhamento de 24 até 26 cm de diâmetro e que não estivesse segregando e exsudando. Com

isso foram desenvolvidos 5 traços, com quantidade de materiais, fator água/cimento e quantidade e porcentagens diferentes de aditivos.

Pode-se analisar visualmente o resultado deste ensaio com os 5 traços desenvolvidos na figura 28.

Figura 28: Ensaio de espalhamento – mini tronco de cone



Fonte: Autor, 2018

Com base nos resultados mostrados foram analisados primeiramente os aspectos visuais como a forma da borda e a presença de segregação. Dessa forma foi possível confirmar que a argamassa 1 (TR 01) realmente não apresentou nenhum dos requisitos necessários para prosseguir no estudo, uma vez que a água de amassamento, ou seja, o fator

água/cimento (0,7) foi insuficiente. Assim como a argamassa 2 (TR 02) que mesmo com o aumento do fator água/cimento não apresentou trabalhabilidade e fluidez suficientes como a argamassa autonivelante deve ser.

O traço 3 (TR 3) foi mantido o fator água/cimento, houve um aumento do modificador de viscosidade, e o acréscimo do aditivo incorporador de ar, mas a massa apresentou borda desuniforme, exsudação e segregação, podendo ter sido influenciado pelo uso de um aditivo superplastificante indicado apenas para concreto.

O quarto traço (TR 4) foi utilizado apenas um aditivo superplastificante (3535 CB), que permitiu uma redução da água mantendo uma excelente fluidez e uma ótima coesão da massa. Ele atua através dos efeitos de adsorção superficial e separação esférica nas partículas do cimento, e no processo de hidratação. Portanto de acordo os parâmetros de tomada de decisão escolhidos para a escolha do traço referência, foi escolhido o TR 4, por apresentar bordas uniformes, a não segregação de seus materiais e principalmente um espalhamento que ficou na faixa determinada por pesquisas, sendo assim considerado uma argamassa autonivelante.

O quinto traço (TR 5) com o aumento do aditivo não se enquadrou devido o ensaio de espalhamento ter ultrapassado o limite determinado.

Outras argamassas poderiam ter sido escolhidas ou mesmo formuladas, mas para efeito de um trabalho de conclusão de curso a investigação sequencial de desempenho dessa argamassa se reduziu a uma, devido se tratar de um traço piloto que servirá de referência para o estudo da argamassa produzida com o agregado miúdo de Ponte Alta, tendo em vista que o assunto certamente não se esgota com esse trabalho e outros trabalhos virão para complementar o entendimento desse novo produto.

#### **4.2.2 Ensaio de espalhamento areia Ponte Alta**

Esta pesquisa tem como objetivo avaliar a influência do agregado miúdo de Ponte Alta nas características da argamassa autonivelante, com o objetivo de chegar a valores entre 24 e 26 cm de diâmetros, conforme citado anteriormente.

Após a produção da argamassa foi feito o ensaio de espalhamento para que fossem analisadas suas características.

O estudo da argamassa com a areia de Ponte Alta se reduziu a dois traços. O primeiro traço, (TAP 1), optou-se pela fixação de todas as variáveis, mudando apenas o agregado miúdo na mistura. No entanto, essa argamassa não apresentou trabalhabilidade e coesão satisfatória, causada pela granulometria da areia, pois seu módulo de finura, a caracteriza como uma areia grossa e também pelo alto teor de material pulverulento contido nesse

agregado, esses dois fatores influenciaram negativamente a fluidez da argamassa. Baseado nesse resultado se fez necessário o traço 2, (TAP 2), que foi desenvolvido com adição de modificador de viscosidade, onde, foi observado que esse aditivo conseguiu aumentar a área de contato dos grãos e assim melhorar a trabalhabilidade e coesão da argamassa. O resultado deste ensaio pode ser visto na Figura 29

Figura 29: Ensaio de Espalhamento



Fonte: Autor, 2018

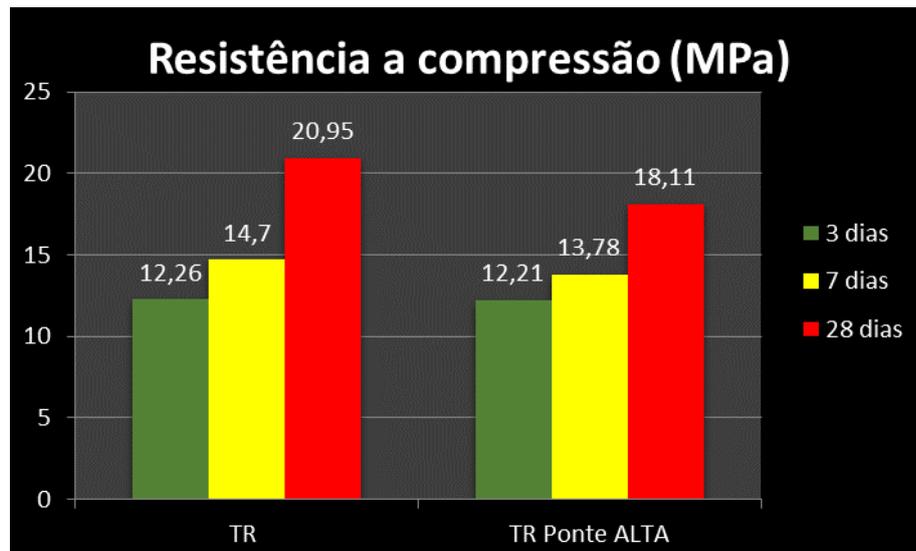
#### 4.3 ESTUDO DA ARGAMASSA AUTONIVELANTE NO ESTADO ENDURECIDO

##### 4.3.1 Resistência a Compressão

O ensaio de resistência à compressão foi realizado com os dois traços que estão sendo estudados nessa pesquisa, o Tr 4 e o TAP 2.

O ensaio de resistência à compressão do concreto confeccionado nesta pesquisa se deu aos 3°, 7° e 28° dias de idade da argamassa. Para obter maior precisão dos valores apresentados, foi realizado um tratamento estatístico dos dados. Neste ensaio foram excluídos os valores que ficaram fora de um intervalo de mais ou menos 2 desvios padrões da média geral. Este tratamento foi realizado para cada amostra e com os valores resultantes, foi recalculada uma nova média final. O resultado médio final obtido para este ensaio está apresentado na figura 30 e na Tabela 5.

Figura 30: Valores médios de resistência à compressão das argamassas



Fonte: Autor, 2018

Tabela 5: resistência à compressão das argamassas

Argamassa	Resistência média 3 dias (Mpa)	Resistência média 7 dias (Mpa)	Resistência média 28 dias (Mpa)
<b>Traço Referência</b>	12,26	14,7	20,95
<b>Desvio padrão</b>	0,34	0,8	0,3
<b>Coef. De variação (%)</b>	2,81	5,47	1,46
<b>Traço Ponte Alta</b>	12,21	13,78	18,11
<b>Desvio padrão</b>	0,19	1,65	0,65
<b>Coef. De variação (%)</b>	1,57	11,95	3,59

Fonte: Autor, 2018

No que se refere à resistência à compressão o resultado foi praticamente igual na idade inicial. Neste primeiro momento percebemos que não houve uma diferença significativa, aproximadamente 0,4% entre o traço referência e o traço com a areia de Ponte Alta. Aos 7 dias a argamassa produzida com a areia de Ponte Alta apresentou um decréscimo na resistência de aproximadamente 6%. Aos 28 dias a diferença foi um pouco maior em relação às outras idades, aproximadamente 13,5%.

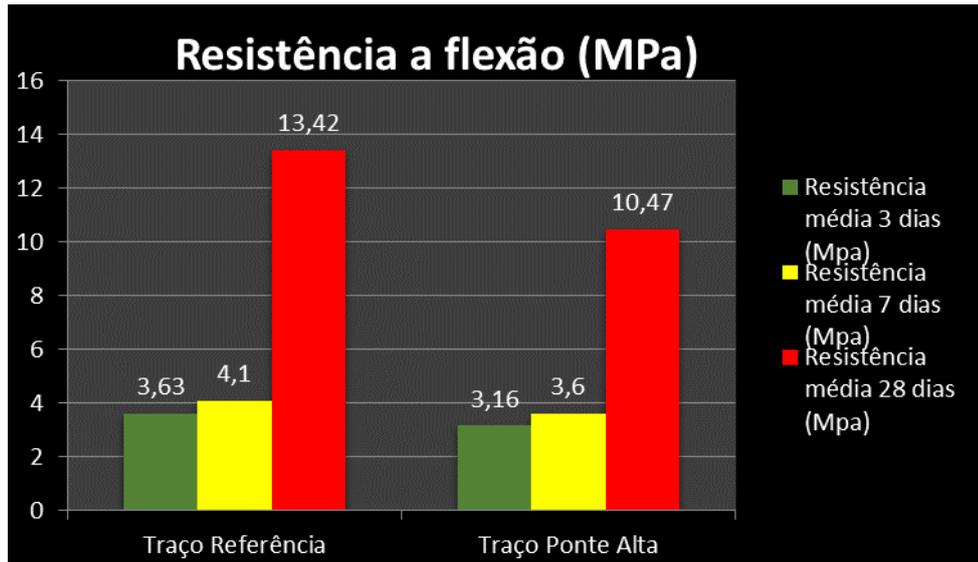
Observa-se que desde os primeiros dias de cura a resistência à compressão das argamassas com a areia de Ponte Alta teve uma diminuição em relação ao traço referência, esse resultado pode ter sido influenciado pela diferença da granulometria desses dois agregados e, conforme citado anteriormente, os materiais pulverulentos em alto teor

diminuem a aderência do agregado a argamassa, prejudicando de forma direta a resistência mecânica e a trabalhabilidade.

#### 4.3.2 Resistência à flexão

Os ensaios de resistência à flexão foram realizados em todos os traços estudados nesta pesquisa. O resultado conforme Figura 31 e Tabela 6, foram obtidos através do rompimento dos corpos de prova no 3º, 7º e 28º dias de idade.

Figura 31: Resultados de resistência à flexão média das amostras



Fonte: Autor, 2018

Tabela 6: Resistência à flexão das argamassas ao longo do tempo

Argamassa	Resistência média 3 dias (Mpa)	Resistência média 7 dias (Mpa)	Resistência média 28 dias (Mpa)
<b>Traço Referência</b>	3,63	4,1	13,42
<b>Desvio padrão</b>	0,06	0,11	1,36
<b>Coef. De variação (%)</b>	1,6	2,63	10,18
<b>Traço Ponte Alta</b>	3,16	3,6	10,47
<b>Desvio padrão</b>	0,8	0,1	0,67
<b>Coef. De variação (%)</b>	24,63	2,98	6,48

Fonte: Autor, 2018

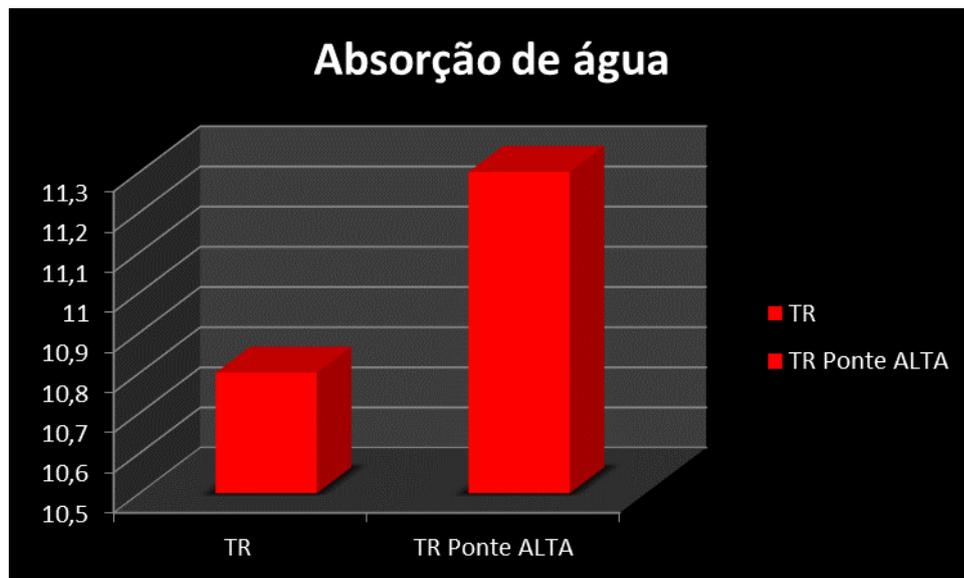
Podemos observar que as características dos resultados obtidos no ensaio de resistência à flexão tiveram o mesmo comportamento já visto no ensaio de resistência à

compressão, em que, o teor de material pulverulento do agregado miúdo de Ponte Alta, gerou na argamassa uma diminuição nas características mecânicas como já visto nesta pesquisa. O aumento desse material influenciou na queda de 22% da resistência a flexão da argamassa na idade final.

#### 4.3.3 Absorção de água

O ensaio de absorção de água por imersão foi realizado em todas as argamassas analisadas. Os resultados obtidos podem ser analisados na figura 32.

Figura 32: Teores de absorção de água por imersão



Fonte: Autor, 2018

Os corpos de provas submetidos a esse ensaio estavam todos na mesma idade de 28 dias de cura. Como demonstrado na Figura 32, houve um aumento do teor de absorção de água na argamassa com a areia de Ponte Alta. Esse comportamento está sendo conduzido pelo agregado, pois, o mesmo não consegue preencher o índice de vazios em comparação com o agregado natural de Palmas que por ser mais fina consegue preencher melhor, e pelo teor de aditivos, justificada pela adição do modificador de viscosidade na argamassa com a areia de Ponte Alta.

#### 4.3.5 Resistência de aderência à tração

Para a realização do ensaio resistência de aderência à tração das argamassas aplicadas nos substratos de concreto, observou-se que, a cola epóxi utilizada para a colagem das pastilhas não apresentou resistência suficiente para dar ancoragem entre a pastilha e a argamassa, não sendo possível efetuar o correto arrancamento dos corpos de prova. O problema acarretou em descolamentos em grande parte na interface argamassa/cola ou ainda, a extração equivocada do corpo-de-prova com a ruptura na camada mais superficial (e fraca)

da argamassa. Acredita-se que o ocorrido possa também ter sido decorrência da elevada resistência mecânica apresentada pelas argamassas no estudo em questão.

As pastilhas que apresentaram o problema foram então limpas e recoladas, para realização de um novo arrancamento. O ensaio foi realizado aos 28 dias de cura, com 6 extrações em cada placa, ou seja, para cada argamassa. Os valores finais obtidos pelo sistema concreto-argamassa após esse tratamento podem ser visualizados nas tabelas 7 e 8, que seguem.

Tabela 7: Resistência de aderência à tração da argamassa: Areia de Palmas

Corpo de Prova	Carga (kgf)	Seção (cm <sup>2</sup> )	Tensão (Mpa)	Espessura do Revestimento (mm)	Forma de Ruptura (%)				
					a	b	c	d	e
1	175	25	0,70	20		X			
2	163	25	0,65	20		X			
3	180	25	0,72	22		X			
4	170	25	0,68	22		X			
5	190	25	0,76	21		X			
6	155	25	0,62	20		X			

Fonte: Autor, 2018

Tabela 8: Resistência de aderência à tração da argamassa: Areia de Ponte Alta

Corpo de Prova	Carga (kgf)	Seção (cm <sup>2</sup> )	Tensão (Mpa)	Espessura do Revestimento (mm)	Forma de Ruptura (%)				
					a	b	c	d	e
1	140	25	0,56	20		X			
2	159	25	0,64	21		X			
3	143	25	0,57	22		X			
4	135	25	0,54	22		X			
5	139	25	0,56	21		X			
6	150	25	0,6	20		X			

Autor, 2018

#### Formas de Ruptura

- a) Ruptura na interface argamassa-substrato;
- b) Ruptura da argamassa de revestimento;
- c) Ruptura do substrato;

- d) Ruptura na interface revestimento/cola;
- e) Ruptura na interface cola/pastilha

figura 33: Ensaio de resistência de aderência à tração



Fonte: Autor, 2018

Em todas as amostras a ruptura se deu na argamassa de revestimento, neste caso a resistência de aderência à tração não foi determinado e é maior do que o valor obtido no ensaio, atendendo, portanto, os valores mínimos especificados na Norma, correspondente a 0,2 Mpa.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho aferiu o comportamento da argamassa autonivelante com adição de agregados miúdos oriundos do município de Ponte Alta do Tocantins – TO, para analisar se as mesmas apresentam as características necessárias, tanto no estado fresco quanto no estado endurecido, para que possam ser enquadradas como autonivelantes. Com os resultados obtidos nos ensaios realizados pode-se chegar às seguintes conclusões:

A caracterização dos agregados utilizados serviu para evidenciar algumas propriedades que a argamassa apresentou durante sua fabricação. Algumas características da areia natural de Ponte Alta, como o módulo de finura, que a enquadra como uma areia grossa e o seu alto teor de material pulverulento influenciaram negativamente na trabalhabilidade e na coesão da argamassa que conseqüentemente teve influência na resistência mecânica da mesma. As demais características físicas tiveram resultados semelhantes com a areia de Palmas.

Em relação a argamassa no estado fresco, observou-se que no traço com a areia de Ponte Alta a adição do SP e do VMA determinou argamassa com melhor fluidez do que sem o VMA, apresentando características físicas e mecânicas muito boas, alcançando, no entanto um espalhamento compreendido entre 24 e 26 cm. Enquanto o traço referência contou apenas com a adição do aditivo superplastificante SiKa Viscocrete, para atingir os valores referência utilizados nesta pesquisa. As argamassas foram lançadas no substrato onde percebeu-se que mesmo não estando nas devidas condições de lançamento, as pastas conseguiram ocupar todos os espaços do substrato sem nenhuma energia externa.

Em relação ao comportamento da argamassa no estado endurecido, o resultado foi satisfatório, pois a argamassa atingiu todos os valores mínimos que a norma exige, porém a areia de Ponte Alta apresentou menores resistências e esse resultado pode ter sido influenciado pelo alto teor de material pulverulento e pelo módulo de finura da areia.

Os agregados miúdos exercem influência preponderante sobre a plasticidade da argamassa, por possuírem elevada área específica. Dessa forma, qualquer alteração do seu teor na mistura provocará modificações significativas no consumo de água e, conseqüentemente, no de cimento. Como o cimento é o material de custo mais elevado na mistura, qualquer alteração no consumo de areia incide diretamente no custo.

Particularmente no caso de argamassa autonivelante, entender e dominar a reologia são fundamentais, sendo que, a reologia está diretamente ligada à característica dessa argamassa no estado fresco.

## 5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para trabalhos futuros pode-se analisar:

- A influência do material pulverulento na resistência da argamassa;
- A qualidade da areia natural de Ponte Alta comparado com a qualidade da areia lavada de Ponte Alta.
- Realizar um estudo mais aprofundado de dosagem, principalmente em relação à influência do fator a/c em argamassas autonivelantes com diferentes agregados miúdos;
- Analisar a viabilidade econômica na fabricação destas argamassas autonivelantes, comparando os custos da argamassa convencional.

## REFERÊNCIAS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

\_\_\_\_\_. NBR 11768: **Aditivos para concreto de cimento Portland - Requisitos**. ABNT. Rio de Janeiro. 2011.

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

BARROS, M. M. S. B.; **Recomendações para a produção de contrapisos para edifícios**. TT-13, São Paulo, 1995.

BAUER, E.; PEREIRA, C. H. A.. **Sistemas de revestimento de argamassa - generalidades**. In: ELTON BAUER. (Org.). **REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA - CARACTERÍSTICAS E PECULIARIDADES**. BRASÍLIA: SINDUSCON-DF; LEM-UnB, 2005, v. 1, p. 14-25.

CAMPOS, J. E. G. (1996). **Estratigrafia, Sedimentação, Evolução Tectônica e Geologia do Diamante da Porção Centro-Norte da Bacia Sanfranciscana**. Brasília, Tese de Doutorado, Universidade de Brasília – UnB, 204p.

CARVALHO JÚNIOR, O. A. de., MARTINA, E. de S., GUIMARÃES, R. F., CARVALHO, A. P. F. (2001). **Compartimentação Geomorfológica do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros baseada em técnicas de geoprocessamento**. Planaltina, Embrapa Cerrados.

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

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (2004). Gis do Brasil – **Sistema de Informações Geográficas – Etapa 1:1.000.000 – Programa Geologia do Brasil – Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo**. Edição 2004. CD-ROM.

FERNANDES, P. E. C. A. (1982). Geologia. Em: **Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL**. Folha SD. 23 Brasília. Rio de Janeiro.

FIGUEIREDO, I. B. (2007). **Efeito do Fogo em Populações de Capim Dourado (*syngonanthus nitens* ERIOCAULACEAE) no Jalapão, TO**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília – UnB. 73 p.

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

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

FONSECA, J. J. S. **Apostila Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza. UEC, 2002.

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

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. (1997). **Mapa Unidades de relevo. Anuário Estatístico do Brasil. Diretoria de Geociências, IBGE.** CD Rom.

KATSIADRAMIS N. I. et al. **Experimental and comparative study on the characteristics of self-levelling mortar for optimisation with marble as aggregate.** British Hellenic College, Athens, Greece, 2010.

MACIEL, L. L.; BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H.; **Recomendações para a execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos.** São Paulo, 1998.

MARTINS Eliziane Jubanski. **Procedimento para dosagem de pastas para argamassa auto-nivelante** // Dissertação de Mestrado. - Curitiba: UFPR, 2009.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Estrutura, propriedades e materiais.** São Paulo: Pini, 1994.

MEIS, M. R. M. & MOURA, J.R.S. (1984). **Upper Quaternary Sedimentation and Hillslope Evolution - SE Brazilian Plateau.** American Journal of Science, 281, p. 241-254.

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

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA (2005). **Relatório completo do zoneamento ecológico-econômico do Baixo Rio Parnaíba.** Brasília.

NAKAKURA, E. H.; BUCHER, H. R. E. **Pisos Autonivelantes, propriedades e Instalações.** II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Salvador, 1997.

NAKAKURA, E. H.; CINCOTTO. M. A.; **Análise dos requisitos de classificação de argamassas de assentamento e revestimento.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP – BT/PCC/359. São Paulo, 2004.

NATURATINS - INSTITUTO NATUREZA DO TOCANTINS E SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E MEIO AMBIENTE – SEPLAN. (2003). **Plano de Manejo do Parque Estadual do Jalapão – PEJ**. Palmas – TO.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. Ed. Pini, 5ª edição. São Paulo, 2016. 828 p.

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

OLIVEIRA, M. A. M. (1967). **Contribuição à geologia da parte sul da bacia do São Francisco e áreas adjacentes**. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, n.p. (Relatório de exploração, 1) apud FERNANDES, P.E.C.A. et al., 1982.

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

ROMANO, R.C.O. et al. **Influência da condição de mistura na dispersão de sílica ativa**. Universidade de São Paulo, Escola Politécnica. In: 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Foz do Iguaçu, PR, 2006.

SILVA, F. G. **Estudo de concretos de alto desempenho frente à ação de cloretos**. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006. SILVA, N. G.; CAMPITELI V. C. módulo de elasticidade dinâmico de argamassa de revestimento. 2º Encontro de engenharia e tecnologia dos Campos Gerais, 2008.

SOUZA Ubiraci Espinele Lemes de Equipe de Obra ed. 14 [online]. - PINI, dezembro de 2007. Disponível em: <<http://www.equipededeobra.com.br/construcaoreforma/14/artigo67899-1.asp>> Último acesso em: 25 de outubro 2017.

SOUZA Ubiraci Espinelli Lemes de Equipe de obra ed. 12 [online]. - PINI, julho de 2007. Disponível em <<http://www.equipededeobra.com.br/construcao-reforma/12/artigo56461-1.asp>> Último acesso em: 28 de Outubro de 2017.

TRISTÃO, F. A. **Influência da composição granulométrica da areia nas propriedades das argamassas de revestimento**. 219f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa

de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

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

TUTIKIAN, B. F.; **Método para Dosagem de Concretos Auto adensáveis**. 149pg. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.