

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ - FAG
LEONARDO LORA BLAZIUS**

**ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE PÓ DE SERRA NA COMPOSIÇÃO DA
ARGAMASSA PARA EMBOÇO**

**CASCADEL - PR
2016**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ - FAG
LEONARDO LORA BLAZIUS**

**ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE PÓ DE SERRA NA COMPOSIÇÃO DA
ARGAMASSA PARA EMBOÇO**

Trabalho apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz - FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a Eng. Esp. Andréa Resende Souza

**CASCADEL - PR
2016**

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

LEONARDO LORA BLAZIUS

**ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE PÓ DE SERRA NA COMPOSIÇÃO DA
ARGAMASSA PARA EMBOÇO**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário FAG,
como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob
orientação do Professor (a) **Engenheira Civil e Especialista, Andréa Resende
Souza**

BANCA EXAMINADORA



Orientadora Prof^a. **Esp. Andréa Resende Souza**
Centro Universitário FAG
Engenheira Civil



Professora **Me. Débora Felten**
Centro Universitário FAG
Engenheira Civil e Oceânica



Professora **Me. Maria Vânia Nogueira do Nascimento Peres**
Centro Universitário FAG
Engenheira Civil

Cascavel, 24 de Outubro de 2016.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho às pessoas mais importantes da minha vida, minha família! Principalmente aos meus pais, minha irmã e minha namorada, que estiveram sempre ao meu lado me apoiando e com muita paciência. Não tenho palavras para agradecer tamanha gratidão por tudo que vocês fizeram por mim durante a minha graduação, não sei o que seria de mim se não tivesse vocês ao meu lado, obrigado por tudo.

AGRADECIMENTOS

Na conclusão de mais uma etapa da minha vida, não posso deixar de agradecer a todos que fizeram parte desta conquista.

Primeiramente a Deus, o qual sem Ele nada disso seria possível.

Aos meus pais, Marcio e Leonilse e minha irmã Luana, os quais jamais faltaram comigo e nunca me deixaram desistir de realizar este sonho, estando sempre ao meu lado me aconselhando e apoiando. Se eu cheguei até aqui hoje, foi por total razão deles, amo vocês mais que tudo na minha vida.

A minha namorada Fabiula, pela compreensão e paciência nos dias difíceis e por todo apoio e companheirismo durante toda esta longa jornada.

A todos meus amigos, tanto as amizades que eu fiz durante a faculdade quanto as mais antigas, todos fizeram parte disso de alguma maneira durante todo este tempo, agradeço por todo o apoio.

Um agradecimento especial aos meus colegas de classe Michel Metz e Guilherme Batista da Silva pela amizade incondicional, os quais vivenciaram junto comigo todos os momentos mais difíceis dessa jornada desde o início, estudando e batalhando sempre juntos, pessoas que eu considero muito e levarei para toda a vida.

E por último, porém não menos importante, à minha professora orientadora, Andréa Resende Souza, a qual sempre fez o possível para sanar todas as dúvidas, me apoiando sempre, sendo compreensiva e paciente, me auxiliando da melhor forma possível e transmitindo confiança para a realização deste trabalho.

RESUMO

O estudo sobre a reutilização de resíduos tem sido alvo constante de estudos na área da construção civil, o que demonstra de fato a importância do tema. Este trabalho tem o intuito de analisar a viabilidade técnica da utilização de pó de serra na composição da argamassa para emboço. A metodologia utilizada consiste de uma pesquisa do tipo comparativa, onde a partir da confecção de quatro traços distintos de argamassa, sendo um traço de referência e outros três com diferentes quantidades de pó de serra em suas composições, estes servirão para a execução de testes laboratoriais, necessários para determinar o índice de consistência, as resistências de tração na flexão e compressão axial e a absorção de água por imersão para cada um dos quatro traços, os quais irão comprovar o bom funcionamento ou não da adição deste resíduo no traço para emboço. Com este trabalho foi comprovada a possível utilização do pó de serra na composição da argamassa, material este que é facilmente encontrado em praticamente todos os canteiros de obras da construção civil, o qual é proveniente do corte de peças de madeira e é geralmente simplesmente descartado. Pensando neste desperdício, cogitou-se a idéia de dar uma destinação mais nobre a este resíduo, reutilizando-o dentro do próprio canteiro de obras, contribuindo com o meio ambiente e até mesmo com a própria limpeza e organização do local onde se encontra.

Palavras-chave: Reutilização. Resíduos. Pó de serra. Argamassa de revestimento.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Camadas de revestimento.....	19
Figura 2 – Classificação de argamassas de assentamento e revestimento de paredes e tetos segundo a NBR 13281 ABNT (2005).....	23
Figura 3 – Peneiramento prévio do pó de serra em peneira de 4,8mm.....	31
Figura 4 – Separação do pó de serra em bandejas metálicas para secagem em estufa.....	32
Figura 5 – Separação do pó de serra em bandejas metálicas para secagem em estufa.....	32
Figura 6 – Pó de serra pronto para iniciar o processo de secagem.....	32
Figura 7 – Conjunto de peneiras para realizar granulometria do pó de serra.....	33
Figura 8 – Balde preenchido com pó de serra para determinação da massa unitária.....	37
Figura 9 – Procedimento para obtenção da massa específica dos materiais.....	38
Figura 10 – Separação e pesagem individual dos materiais para a confecção de cada um dos traços de argamassa.....	40
Figura 11 – Materiais posicionados na argamassadeira para dar início à mistura.....	41
Figura 12 – Água e aditivo, respectivamente, sendo colocados na argamassadeira.....	41
Figura 13 – Água e aditivo, respectivamente, sendo colocados na argamassadeira.....	41
Figura 14 – Equipamentos posicionados para execução do <i>Flow Table Test</i>	42
Figura 15 – Retirada do excesso de argamassa no molde e sua retirada, respectivamente.....	43
Figura 16 – Retirada do excesso de argamassa no molde e sua retirada, respectivamente.....	43
Figura 17 – Modelo para execução das medições e realização da medição utilizando o paquímetro, respectivamente.....	43
Figura 18 – Modelo para execução das medições e realização da medição utilizando o paquímetro, respectivamente.....	43
Figura 19 – Moldes prismáticos para realização dos corpos de prova, presos à mesa de adensamento.....	44
Figura 20 – Espalhamento da argamassa nos moldes utilizando a espátula.....	45
Figura 21 – Rasamento da argamassa nos moldes prismáticos.....	46
Figura 22 – Desmolde dos corpos de prova.....	46
Figura 23 – Posicionamento do corpo de prova no aparato de teste à tração na flexão.....	52
Figura 24 – Corpo de prova após o rompimento, ainda na prensa.....	52
Figura 25 – Corpo de prova posicionado para teste de compressão axial.....	54
Figura 26 – Amostras de corpo de prova submersas em água por 24 horas.....	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Relatório de massas do pó de serra antes e depois da estufa.....	33
Quadro 2 - Granulometria do pó de serra.....	34
Quadro 3 - Granulometria da areia.....	35
Quadro 4 - Mistura utilizada na produção da argamassa.....	36
Quadro 5 - Valores de massa unitária e massa específica de cada material.....	39
Quadro 6 - Traços das argamassas transformados de volume para massa.....	40
Quadro 7 - Classificação dos traços estudados nos parâmetros estabelecidos na NBR 13281 (ABNT, 2005) para resistência à tração na flexão e compressão axial.....	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Índice de consistência.....	50
Gráfico 2 - Resistência à tração na flexão.....	53
Gráfico 3 - Resistência à compressão axial.....	55
Gráfico 4 - Absorção de água por imersão.....	58

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Resistência à tração na flexão.....	47
Equação 2 – Resistência à compressão axial.....	48
Equação 3 – Absorção de água por imersão.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

BT – Boletim Técnico.

GWh – Gigawatt hora.

MEC – Ministério da Educação.

MMA – Ministério do Meio Ambiente.

MW – Megawatt.

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora.

PR – Paraná.

PVAc – Acetato de Polivinila.

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	14
1.1. INTRODUÇÃO.....	14
1.2. OBJETIVOS.....	15
1.2.1. Objetivo geral.....	15
1.2.2. Objetivos específicos	15
1.3. JUSTIFICATIVA.....	16
1.4. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	16
1.5. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	17
CAPÍTULO 2.....	18
2.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1.1. Argamassas	18
2.1.2. Argamassas de revestimento.....	19
2.1.2.1. Tempo de cura de argamassas preparadas em obra.....	21
2.1.2.2. Propriedades das argamassas de revestimento.....	22
2.1.2.3. Materiais componentes da argamassa.....	23
2.1.2.3.1. Cimento.....	23
2.1.2.3.2. Cal.....	25
2.1.2.3.3. Agregados miúdos.....	25
2.1.2.3.4. Adições e aditivos.....	26
2.1.2.3.5. Água.....	27
2.1.3. Pó de serra.....	27
2.1.3.1. Pó de serra como resíduo sólido	27
2.1.3.2. Obtenção	28
2.1.3.3. Aplicações.....	29
CAPÍTULO 3.....	30
3.1. METODOLOGIA.....	30
3.1.1. Tipo de estudo e local de pesquisa.....	30
3.1.2. Caracterização dos materiais.....	30
3.1.2.1. Cal hidratada.....	30
3.1.2.2. Cimento.....	31
3.1.2.3. Agregado miúdo	31
3.1.2.3.1. Pó de serra.....	31

3.1.2.3.2. Areia.....	34
3.1.2.4. Água.....	35
3.1.3. Caracterização da amostra.....	35
3.1.4. Coleta de dados.....	35
3.1.4.1. Definição de traço.....	36
3.1.5. Ensaio realizados.....	37
3.1.5.1. Processo de produção das argamassas.....	39
3.1.5.2. Determinação do índice de consistência (trabalhabilidade da argamassa).....	42
3.1.5.3. Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.....	44
3.1.5.3.1. Resistência à tração na flexão.....	44
3.1.5.3.2. Resistência à compressão axial.....	47
3.1.5.4. Determinação da absorção de água por imersão.....	48
3.1.6. Análise dos dados.....	49
CAPÍTULO 4.....	50
4.1. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	50
4.1.1. Determinação do índice de consistência.....	50
4.1.2. Resistência à tração na flexão.....	51
4.1.3. Resistência à compressão axial.....	54
4.1.4. Absorção de água por imersão.....	56
4.1.5. Classificação dos traços perante NBR 13281 (ABNT, 2005).....	59
CAPÍTULO 5.....	60
5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
CAPÍTULO 6.....	62
6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
APÊNDICE A – DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA.....	65
APÊNDICE B – TESTE DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO.....	66
APÊNDICE C – TESTE DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL.....	67
APÊNDICE D – TESTE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA POR IMERSÃO.....	68
ANEXOS – LAUDOS EMITIDOS PELA PRENSA PARA CADA TESTE REALIZADO EM LABORATÓRIO.....	69

CAPÍTULO 1

1.1.INTRODUÇÃO

A produção de resíduos em diversas atividades realizadas dentro do ramo da construção civil vem se tornando cada vez mais preocupante, uma vez que este é um dos setores que mais geram impactos ambientais devido ao consumo de matéria prima ser bastante elevado. Sendo assim, dar a destinação correta para estes resíduos é cada vez mais difícil devido à grande preocupação com a preservação do meio ambiente.

Atualmente várias empresas investem cada vez mais em equipamentos e formação de quadros técnicos para eliminar ou minimizar a cultura do desperdício e consolidar a cultura da redução de perdas e reciclagem dos resíduos. Não só porque os resíduos provocam impactos ambientais negativos, como também a sua redução e aproveitamento podem minimizar o consumo de recursos naturais e energéticos (DANTAS FILHO, 2004, p. 1).

Em um canteiro de obras, é possível notar a presença de madeiras até mesmo antes do início de uma construção, onde são utilizados compensados, ripas, tábuas, entre outros materiais de madeira, para a confecção e organização do próprio canteiro de obras, na construção de fôrmas que são utilizadas na fundação para concretagem de blocos, de vigas baldrame e assim sucessivamente, até o final da construção. Contudo, se o método escolhido para utilização de fôrmas e escoras for realmente a confecção destes em madeira, é de conhecimento geral que este conjunto de peças não vêm previamente fabricadas nas dimensões exatas necessárias para utilização do consumidor final e é onde entram as equipes de carpintaria, cortando e fabricando todas as fôrmas necessárias na execução do projeto.

Na construção civil, até o empreendimento alcançar certa fase de execução, é praticamente inevitável a utilização e corte de peças de madeira dentro do canteiro de obras, processo este que gera o resíduo pó de serra, o qual, se consideradas semanas de trabalho direto com este material, pode chegar a gerar um volume considerável de resíduos, que é comumente despejado em rios ou queimado, resultando no agravamento da poluição ambiental devido à retirada de oxigênio da atmosfera, na liberação de gás carbônico e vapor de água.

Sendo assim, a reutilização deste tipo de resíduo proveniente do processo de carpintaria é um ponto a ser pensado, não somente pelo fato da contribuição em relação à poluição do meio ambiente, mas também pensando na própria organização e limpeza dentro do canteiro de obras, simplesmente fazendo a separação e armazenamento destes resíduos até sua possível reutilização.

Uma forma imaginada para fazer esta destinação do pó de serra se dá na utilização deste como composição da argamassa para emboço, estudo do presente trabalho, onde o mesmo pode ser utilizado como componente do agregado miúdo, possibilitando a redução de outros materiais no traço da argamassa, assim como a areia, dando então uma destinação mais nobre a este resíduo quando comparada à combustão ou simplesmente o descarte deste material.

1.2.OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo geral

Analisar a viabilidade técnica da utilização de pó de serra na composição da argamassa para emboço.

1.2.2. Objetivos específicos

- Verificar a trabalhabilidade da argamassa através do índice de consistência da mesma, obtido através de ensaio laboratorial estabelecido pela NBR 7215 ABNT (1996).
- Verificar a resistência da argamassa através dos testes de compressão axial e de tração na flexão, prescritos na NBR 13279 ABNT (2005), comparando as resistências dos três traços com adição do pó de serra ao traço convencional utilizado como referência;
- Verificar a absorção de água por imersão da argamassa, segundo procedimentos da NBR 9778 ABNT (1987);

1.3.JUSTIFICATIVA

Segundo o Ministério da Educação, “o meio ambiente tem sido a grande preocupação de todas as comunidades do nosso planeta nas últimas décadas, seja pelas mudanças provocadas pela ação do homem na natureza, seja pela resposta que a natureza dá a essas ações”. (MEC, 2000, p. 9).

A poluição do meio ambiente tem sido um problema nos últimos anos, devido à falta de informação e/ou instrução da população em relação à destinação correta de alguns resíduos, fato que pode acarretar em uma série de impactos ambientais indesejáveis, dificultando assim que um possível reparo seja feito posteriormente, desfavorecendo o desenvolvimento sustentável no planeta.

Pensando nisso, surgiu a ideia para o presente trabalho, onde, visando à prevenção de possíveis danos ao meio ambiente e possibilitando uma destinação a um resíduo comum em qualquer canteiro de obra, que é o pó de serra, proveniente do corte desta matéria prima (madeira), a qual é utilizada em diversas fases de execução de obras de engenharia civil.

Dantas Filho (2005) já fez o uso deste resíduo como agregado miúdo em substituição parcial ou total do agregado miúdo mineral, o que possibilitou a redução significativa do agregado mineral (areia) na produção de blocos de concreto para vedação e/ou elementos de enchimento em lajes pré-moldadas, comportando-se como um material mais leve e termo isolante, em função da baixa condutividade térmica do pó de serra, o que mostra de fato algumas vantagens da utilização do pó de serra como substituição do agregado miúdo mineral.

Contudo, a ideia principal deste trabalho é analisar a viabilidade da utilização deste resíduo na composição da argamassa para emboço, misturando-o em diferentes proporções em um traço base já pré-determinado e verificando suas propriedades quanto à sua trabalhabilidade, resistências à tração e compressão e absorção de água.

1.4.CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A resistência de argamassas com a utilização de pó de serra é satisfatória quando comparada à argamassa de traço convencional?

1.5.DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O referido trabalho se limitou a analisar a viabilidade da utilização do pó de serra na composição da argamassa para emboço através da determinação de sua resistência à tração, compressão, absorção de água e sua trabalhabilidade, dados obtidos provenientes a testes realizados em laboratório nas instalações do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz.

Para o ensaio de tração na flexão, foram confeccionados três corpos de prova para avaliação da resistência à tração ao 7º dia para cada traço estudado. Para a análise da resistência à compressão axial, foram usadas as metades dos corpos de prova provenientes dos testes de tração, ou seja, foram utilizados seis corpos de prova para avaliação da resistência à compressão.

Para o ensaio de absorção de água, foi coletado o testemunho de maior massa, um para cada corpo de prova realizado, resultante do término dos testes de resistência à tração e compressão.

Nessa condição, foram confeccionados três corpos de prova, com dimensões de 4x4x16 cm, para realização dos ensaios laboratoriais para cada traço, sendo os três corpos de prova para a idade de 7 dias.

A pesquisa teve um embasamento bibliográfico, na determinação de um traço base de argamassa convencional. Através deste traço foram confeccionados outros três traços, nos quais o pó de serra entra como substituição no volume de areia, assim, o primeiro traço teve 5% da areia substituída pelo pó de serra, o segundo com 10% de substituição e o terceiro com 15% de pó na composição do agregado miúdo, que a partir destes, foram realizados os testes laboratoriais.

CAPÍTULO 2

2.1.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1. Argamassas

Conforme a NBR 13281 ABNT – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos (2005), o conceito se dá de tal maneira,

Argamassa é uma mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada) (NBR 13281 ABNT, 2005, p.02).

A NBR 7200 ABNT (1998) prescreve que argamassa é a mistura de agregados, aglomerantes e água, possuindo propriedades de endurecimento e aderência.

Algumas das funções gerais da argamassa são unir componentes de alvenaria, corrigir imperfeições da base, regularizar a absorção da base ou melhorar a aderência, proteger os elementos de vedação das edificações da ação dos agentes agressivos, servir de base para a aplicação de outros revestimentos, proteger a estrutura e a alvenaria contra a ação do intemperismo no caso de revestimento externo, cobrir e regularizar a superfície da base, unir componentes do acabamento decorativo e dar acabamento final a superfície.

Ainda segundo a NBR 13281 ABNT (2005), as argamassas são classificadas em diversos tipos, variando de acordo com suas aplicações, onde são divididas em dois principais tópicos, sendo estes para construção de alvenarias ou para revestimento de paredes e tetos.

As argamassas para construção de alvenarias são subdivididas em argamassa para assentamento em alvenaria de vedação, para assentamento em alvenaria estrutural e somente para a complementação da alvenaria (encunhamento), onde é utilizada para o fechamento da alvenaria após a última fiada de tijolos.

Já as argamassas para revestimento de paredes e tetos são classificadas em revestimento interno e externo, de uso geral, para reboco, decorativa em camada fina ou decorativa em monocamada.

Sabe-se também que existem outras subdivisões para classificação das argamassas segundo sua utilização e funções na construção civil, as quais podem se encaixar em revestimentos de pisos (contrapiso), argamassa de revestimento cerâmico (assentamento de peças cerâmicas, argamassa de rejuntamento) e para a recuperação de estruturas, onde a argamassa é utilizada para execução de reparos.

2.1.2. Argamassas de revestimento

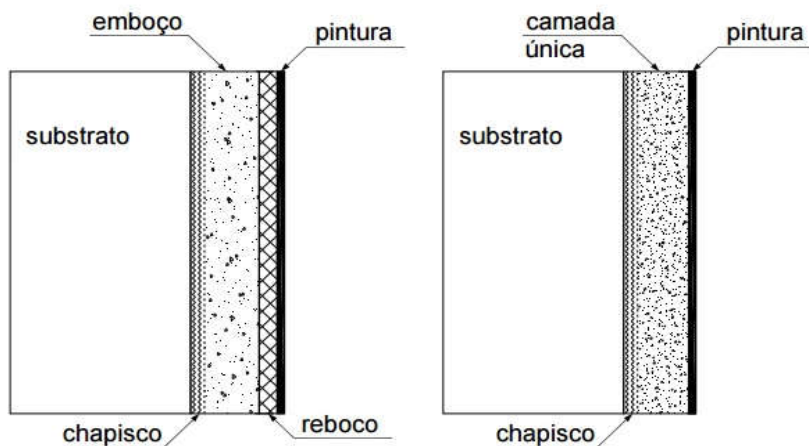
As argamassas utilizadas para revestimento são constituídas basicamente de cal, de cimento ou mistas de cal e cimento.

Segundo a NBR 13529 ABNT (1995), o revestimento de argamassa é o “cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, apto a receber acabamento decorativo ou constituir-se em acabamento final”.

Os revestimentos de parede e tetos podem ser constituídos por chapisco, emboço e reboco ou por chapisco e emboço como revestimento de camada única.

A Figura 1 a seguir representa a diferenciação entre uma estrutura de um revestimento com camadas de emboço e reboco e outra com camada única, respectivamente.

Figura 1 - Camadas de revestimento.



Fonte: (GEHLEN, 2012, p. 19 *apud* CARASEK, 2007).

A seguir, estão definidas as camadas de revestimento, em conformidade com a NBR 13529 ABNT (1995):

a) Substrato

É a base onde são aplicadas as camadas de revestimento, a qual normalmente tem seu emprego em estruturas de concreto e alvenaria.

Segundo a norma brasileira,

As bases de revestimento devem atender às exigências de planeza, prumo e nivelamento fixadas nas respectivas normas de alvenaria e de estruturas de concreto. [...] A base a ser revestida deve estar limpa, livre de pó, exceto parede de bloco de concreto, deve ser pré-molhada. Deve-se fazer a aplicação prévia de argamassa de chapisco, quando a superfície a revestir for parcial ou totalmente não absorvente (de pouca aderência) ou quando a base não apresentar rugosidade superficial. (NBR 7200 ABNT, 1998, p. 5).

b) Chapisco

O chapisco, conforme NBR 13529 ABNT (1995), é a “camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento”.

Por não possuir uma espessura definida e não ser totalmente homogêneo, este nem sempre é entendido como uma camada.

Esta etapa de preparo da base, a qual tem como finalidade tornar a superfície mais rugosa, preparando o substrato para posterior aplicação do emboço, é definida em três tipos de aplicação mais comuns, sendo estas: tradicional, industrializado e o chapisco rolado.

c) Emboço

De acordo com a NBR 13529 ABNT (1995), a definição apresentada para emboço é uma “camada de revestimento executada para corrigir e regularizar a superfície da base ou

chapisco, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco ou de revestimento decorativo, ou que se constitua no acabamento final”.

É uma camada de argamassa, a qual é aplicada sobre o chapisco e proporciona uma superfície lisa, facilitando a posterior aplicação de um acabamento final. Normalmente se enquadra em uma espessura média entre 10 e 20 mm, podendo chegar a um valor mais elevado (até 50 mm ou mais), porém, necessitando alguns reforços na aplicação, onde é comum a utilização de telas metálicas, ajudando a reforçar na aderência do revestimento argamassado à camada aplicada anteriormente.

d) Reboco

O reboco segundo a NBR 13529 ABNT (1995), é a “camada de revestimento utilizada para cobertura do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou que se constitua no acabamento final”.

Quando executado, o reboco é definido por uma fina camada de argamassa, a qual é aplicada sobre o emboço para obter uma superfície lisa, já representando o acabamento final ou, se necessário, servindo de base para aplicação de um revestimento decorativo, podendo ser constituído de pintura, placas laminadas, pedras naturais, materiais cerâmicos, entre outros.

e) Camada única

O revestimento executado numa camada única se dá de tal maneira que cumpre as funções do emboço e do reboco de uma só vez, podendo ser executado em uma ou mais demãos, caso necessário.

2.1.2.1. Tempo de cura de argamassas preparadas em obra

Conforme a NBR 7200 ABNT (1998), quando se faz o uso de argamassas preparadas em obra, as bases de revestimento devem ter as seguintes idades mínimas:

- a) 28 dias de idade para as estruturas de concreto e alvenarias armadas estruturais;
- b) 14 dias de idade para alvenarias não armadas estruturais e alvenarias sem função estrutural de tijolos, blocos cerâmicos, blocos de concreto e concreto celular, admitindo-se que os blocos de concreto tenham sido curados durante pelo menos 28 dias antes da sua utilização;
- c) três dias de idade do chapisco para aplicação do emboço ou camada única; para climas quentes e secos, com temperatura acima de 30°C, este prazo pode ser reduzido para dois dias;
- d) 21 dias de idade para o emboço de argamassa de cal, para início dos serviços de reboco;
- e) sete dias de idade do emboço de argamassas mistas ou hidráulicas, para início dos serviços de reboco;
- f) 21 dias de idade do revestimento de reboco ou camada única, para execução de acabamento decorativo. (NBR 7200 ABNT, 1998, p. 3).

Para as argamassas de emboço que são aplicadas em mais de uma demão, esta mesma norma indica que deve ser respeitado um período de 24h entre a aplicação de cada uma das camadas executadas.

2.1.2.2. Propriedades das argamassas de revestimento

As argamassas utilizadas em assentamento e revestimento de paredes e tetos, tanto as dosadas em obra quanto industrializadas, possuem alguns parâmetros para classificação das argamassas, os quais são estabelecidos pela NBR 13281 ABNT (2005), sendo cada um destes provenientes de testes diferentes, normatizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

De acordo com BABINSKI (2009), na antiga NBR 13281 ABNT (1995) haviam apenas três requisitos para as argamassas, sendo estes:

- Resistência à compressão aos 28 dias – NBR 13279 ABNT (1995);
- Capacidade de retenção de água – NBR 13277 ABNT (1995);
- Teor de ar incorporado – NBR 13278 ABNT (1995).

Contudo, no ano de 2005, houve uma reformulação desta norma, a qual entrou em vigor em 31 de Outubro de 2005, alterando de três para sete as exigências para argamassas, como mostrado a seguir e ilustrado na Figura 2, com os respectivos valores atribuídos a cada classificação:

P – Resistência à compressão (MPa) – NBR 13279 (2005);
 M – Densidade de massa aparente no estado endurecido (kg/m³) - NBR 13280 (2005);

R – Resistência à tração na flexão (MPa) – NBR 13279 (2005);
 C – Coeficiente de capilaridade (g/dm²/min^{1/2}) – NBR 15259 (2005);
 D – Densidade de massa e teor de ar incorporado no estado fresco (kg/m³) – NBR 13278 (1995);
 U – Retenção de água (%) – NBR 13277 (2005);
 A – Resistência potencial de aderência à tração (MPa) – NBR 13528 (2005).
 (BABINSKI, 2009, p. 24).

Figura 2 – Classificação de argamassas de assentamento e revestimento de paredes e tetos segundo a NBR 13281 ABNT (2005).

Classes	P	M	R	C	D	U	A
	MPa	kg/m³	MPa	g/dm²/min^{1/2}	kg/m³	%	MPa
1	≤ 2,0	≤ 1200	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1400	≤ 78	≤ 0,20
2	1,5 a 3,0	1000 a 1400	1,0 a 2,0	1,0 a 2,5	1200 a 1600	72 a 85	≥ 0,20
3	2,5 a 4,5	1200 a 1600	1,5 a 2,7	2,0 a 4,0	1400 a 1800	80 a 90	≥ 0,30
4	4,0 a 6,5	1400 a 1800	2,0 a 3,5	3,0 a 7,0	1600 a 2000	86 a 94	-
5	5,5 a 9,0	1600 a 2000	2,7 a 4,5	5,0 a 12,0	1800 a 2200	91 a 97	-
6	> 8,0	> 1800	> 3,5	5,0 a 12,0	> 2000	95 a 100	-

Fonte: (BABINSKI, 2009, p. 25).

2.1.2.3. Materiais componentes da argamassa

2.1.2.3.1. Cimento

Segundo o boletim técnico BT-106 da Associação Brasileira de Cimento Portland, “o cimento portland é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob a ação da água. Depois de endurecido, mesmo que seja novamente submetido à ação da água, o cimento portland não se decompõe mais”. (ABCP, BT-106, 2002, p. 5).

O cimento portland é composto de *clínquer* e de adições. O *clínquer* é o principal componente e está presente em todos os tipos de cimento portland. As adições podem variar de um tipo de cimento para outro e são principalmente elas que definem os diferentes tipos de cimento (ABCP, BT-106, 2002, p. 6).

O *clínquer* basicamente é a mistura, em proporções adequadas, de rocha calcária moída e argila, posteriormente levada ao forno, transformando a mistura em um novo material, em forma de pelotas. Saindo do forno, o *clínquer* é bruscamente resfriado e após, finamente moído, transformando-se em um pó.

Já as adições são outras matérias-primas que, ao serem misturadas ao *clínquer*, formam os diversos tipos de cimento presentes no mercado. Exemplos de matérias-primas são: o gesso, as escórias de alto-forno, materiais carbonáticos, materiais pozolânicos, sendo que apenas o gesso tem sua presença obrigatória na composição do cimento, devido a sua capacidade de controlar o tempo de pega. Para as outras adições, cada uma serve para somar pelo menos uma vantagem ao cimento.

O cimento portland é o material de construção de mais extenso uso no mundo. Apesar de sua invenção ter ocorrido há mais de um século e, em nosso País, sua efetiva produção ter-se iniciado há cerca de 75 anos, muitos são os que fazem uso dele sem conhecê-lo com maior rigor (ABCP, BT-106, 2002, p. 3).

No total, existem onze tipos diferentes de cimento, sendo estes:

- CPI - Cimento Portland Comum (NBR 5732/91);
- CPI-S - Cimento Portland Comum com adição (NBR 5732/91);
- CII - Cimento Portland Composto (NBR 11578/91);
 - CII-E - Cimento Portland Composto com Escória;
 - CII-Z - Cimento Portland Composto com Pozolana;
 - CII-F - Cimento Portland Composto com Filler;
- CIII - Cimento Portland de Alto Forno (NBR 5735/91);
- CIV - Cimento Portland Pozolânico (NBR 5736/91);
- CPV – ARI – Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (NBR 5733/91);
- CPV – ARI – RS – Cimento Portland de Alta Resistência Inicial e Resistente a Sulfatos (NBR 5737/91);
- MRS - Cimento Portland de Moderada Resistência a Sulfatos e Moderado Calor de Hidratação (NBR 5737/91);
- ARS - Cimento Portland de Alta Resistência a Sulfatos (NBR 5737/91);
- Cimento Portland Branco (NBR 12989/93).

2.1.2.3.2. Cal

A cal, no geral, é dividida basicamente em três tipos:

- Cal ordinária, virgem ou viva;
- Cal hidratada ou apagada;
- Cal hidráulica.

Segundo a ABCP, para a aplicação e uso na construção civil, a cal mais utilizada é a hidratada, a qual é considerada um componente fundamental na mistura e preparo de argamassas de assentamento e revestimento de pisos e paredes, proporcionando um ótimo desempenho e uma grande durabilidade.

A NBR 7175 ABNT (2003, p. 2) define a cal hidratada como um “pó obtido pela hidratação da cal virgem, constituído essencialmente de uma mistura de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio, ou ainda, de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio”.

Existem três tipos diferentes de cal hidratada, sendo estes:

- CH I – Cal Hidratada Especial;
 - Maior qualidade: menores teores de CaO e MgO;
 - Boa retenção de água;
 - Sem problemas de maturação.
- CH II – Cal Hidratada Comum;
 - Qualidade média;
 - Cuidados especiais com maturação.
- CH III – Cal Hidratada Comum com Carbonatos;
 - Pior qualidade;
 - Cuidados especiais com maturação;
 - Tem carbonatos dispersos.

2.1.2.3.3. Agregados miúdos

A NBR 7211 ABNT (2005) define o agregado miúdo como “agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm [...]”.

A capacidade de aderência do revestimento é dependente também dos teores e das características da areia empregada na confecção das argamassas. De uma forma simplista, com o aumento do teor de areia há uma redução na resistência de aderência; por outro lado é a areia, por constituir-se no esqueleto indeformável da massa, que garante a durabilidade da aderência pela redução da retração (ARAÚJO JÚNIOR *apud* CARASEK, 2004, p. 11).

O agregado que é mais utilizado na composição de argamassas é a areia de rio, com dimensões máximas dos grãos de 4,8 mm. A areia utilizada nesta pesquisa foi proveniente da bacia do Rio Paraná, mais precisamente, da cidade de Guaíra (PR).

2.1.2.3.4. Adições e aditivos

A NBR 13529 ABNT (1995) define o aditivo como um “produto adicionado à argamassa em pequena quantidade, com a finalidade de melhorar uma ou mais propriedades, no estado fresco ou endurecido”.

Estes produtos são utilizados em inúmeros casos, sendo que é possível encontrar diversos tipos de aditivos diferentes e com uma grande variedade de propriedades, destacando-se os três aditivos a seguir, devido à maior utilização dentre todos:

- Incorporadores de ar: Segundo definição da NBR 13529 ABNT (2005), é um “aditivo capaz de formar microbolhas de ar estáveis, homogeneamente distribuídas na argamassa, conferindo-lhe melhor trabalhabilidade, redução do consumo de água e outras propriedades no estado endurecido”.

Os aditivos incorporadores de ar são surfactantes ou agentes tensoativos que atuam na molécula de água da argamassa, diminuindo sua tensão superficial, formando microbolhas estáveis de ar, homogeneamente distribuídas na argamassa, provocando um efeito mais umectante, melhorando a trabalhabilidade, controlando a permeabilidade e aumentando o rendimento. As microbolhas de ar, tal como finos numa argamassa tradicional, melhoram a plasticidade e a trabalhabilidade da argamassa, tornando-a mais pseudoplástica, pois o ar desempenha papel fluidificante. Por outro lado, diminuem as características mecânicas da argamassa e, mais em particular, o módulo de elasticidade do que a resistência à tração. A argamassa torna-se, assim, mais deformável e, portanto, menos propensa à fissuração (NASCIMENTO, 2005, p. 33).

- Impermeabilizantes.

Os aditivos impermeabilizantes possuem como característica principal à atuação dentro do corpo da argamassa, no sentido de impedir totalmente a passagem de água. Face à natural dificuldade de obtenção desta propriedade nas argamassas (através da utilização destes aditivos), os fabricantes estão, atualmente, denominando estes aditivos como redutores de permeabilidade (NASCIMENTO, 2005, p. 37).

- Adesivos:

Os aditivos adesivos (ou agentes de aderência) melhoram a aderência da argamassa ao suporte, contribuindo também para a supressão do chapisco. A eficácia de alguns destes aditivos pode ser afetada após o endurecimento da argamassa, em caso de reumidificação posterior (exemplo: aditivos a base de PVAc) (NASCIMENTO, 2005, p 37).

2.1.2.3.5. Água

A água utilizada na composição da argamassa não deve apresentar nenhum tipo de substância nociva, contudo, é indicada a utilização de água potável na mistura.

A água utilizada foi proveniente da rede de abastecimento local.

2.1.3. Pó de serra

2.1.3.1. Pó de serra como resíduo sólido

Ao se tratar de pó de serra como resíduo sólido, Dantas Filho (2005) argumenta que:

O resíduo pode ser considerado qualquer material que sobra após uma ação ou processo produtivo. Diversos tipos de resíduos (sólidos, líquidos e gasosos) são gerados nos processos de extração e transformação de recursos naturais, de fabricação, de utilização de produtos e serviços. (DANTAS FILHO, 2005, p. 6).

A norma brasileira aplica a seguinte definição para resíduos sólidos:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (NBR 10004 ABNT, 2004, p. 1).

Pode-se concluir que o pó de serra tem sua classificação como um resíduo de classe II A – não inerte, segundo o item 4.2 da NBR 10004, por seguir as características especificadas por tal parâmetro em norma, podendo ter propriedades tais como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2009, p. 3), “estima-se que sejam gerados no Brasil aproximadamente 30 milhões de toneladas de resíduos de madeira anualmente”.

2.1.3.2.Obtenção

Em todas as regiões do país é possível encontrar o pó de serra em diferentes quantidades e sua produção se dá em maiores ou menores volumes dependendo do processo executado na indústria madeireira. Alguns dos processos industriais geradores deste resíduo são:

- O beneficiamento da madeira (desdobramento, falquejamento e compensação da madeira);
- O processamento (utilização química ou físico-química da madeira como matéria prima);
- Corte e transformação da madeira para diversos fins (ripas, tábuas, pranchas, vigas, caibros, etc).

Sabe-se também que este resíduo pode ser gerado em processos urbanos, provindo de entulhos de construções ou obras civis e da arborização urbana por meio de poda das árvores.

Cabe ressaltar que embora os resíduos de madeira provenientes da construção civil e do meio urbano sejam pouco expressivos frente aqueles gerados pela indústria madeireira, eles são importantes no contexto do meio urbano. Isso implica na busca de soluções para viabilizar sua utilização, de forma a mitigar os problemas enfrentados quanto a geração de RSU no país. (MMA, 2009, p. 4).

2.1.3.3. Aplicações

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2009), particularmente na região amazônica, cerca de 1/3 do volume total de resíduos de madeira gerados são simplesmente queimados a céu aberto, causando uma grande perda econômica e influenciando para mudanças climáticas no planeta, devido à geração de dióxido de carbono.

Caso os 30 milhões de toneladas de resíduos de madeira gerados anualmente no Brasil fossem usados para geração de energia elétrica, estima-se que fosse possível gerar algo em torno de 1.300 MW, o que equivale a uma produção de energia elétrica da ordem de 12.000 GWh/ano. Isso representa quase metade de toda a energia elétrica consumida na região norte do Brasil. (MMA, 2009, p. 6).

A pequena porção de resíduo de madeira que é utilizada no Brasil é aplicada em alguns campos como a produção de adubos, na fundição de metais, para absorver óleo e sujeira de pisos como oficinas mecânicas, para incineração e posterior utilização de cinzas ricas em potássio, uso em caldeiras para aquecimento de água, entre outros.

Segundo MAA (2009), devido a não utilização do pó de serra, calcula-se uma perda que varia entre R\$ 2,2 e 4,2 bilhões anuais, sem considerar ainda os impactos sociais (geração de empregos, renda, impostos, etc) e ambientais que podem ser causados com a utilização deste resíduo de madeira.

Com estes dados, cabe a todos pensar nas possibilidades de utilização deste resíduo, o qual é tão abundante em todas as regiões do país e tão pouco explorado até então, causando uma perda econômica bastante elevada.

CAPÍTULO 3

3.1.METODOLOGIA

3.1.1. Tipo de estudo e local de pesquisa

Trata-se de uma análise laboratorial, levando em consideração a relação entre resistência de uma argamassa com traço convencional utilizada para emboço e uma argamassa com a adição de pó de serra a ser utilizada para este mesmo fim. Tal análise foi realizada no laboratório de Materiais de Construção do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, localizada na cidade de Cascavel (PR), propondo uma destinação correta para alguns resíduos de madeira presentes nos canteiros de obras.

A metodologia empregada na realização deste trabalho foi uma pesquisa do tipo comparativa, na qual foram analisados os dados provenientes de testes laboratoriais para verificação das resistências à tração e compressão, absorção e trabalhabilidade da argamassa, averiguando atentamente a viabilidade da utilização do pó de serra na composição da mesma.

A coleta de dados sugeriu possíveis traços de argamassas para emboço diferentes com a utilização do pó de serra em sua composição, os quais podem ser utilizados em qualquer canteiro de obras.

3.1.2. Caracterização dos materiais

3.1.2.1.Cal hidratada

Para a execução do experimento utilizou-se cal do tipo CH III hidratada, adquirida em mercado varejista em embalagens de 20kg.

3.1.2.2.Cimento

Para execução do experimento utilizou-se o cimento Portland CII-Z, composto com pozolana, adquirido em mercado varejista em embalagens de 50kg.

3.1.2.3.Agregado miúdo

3.1.2.3.1. Pó de serra

O pó de serra utilizado no experimento foi coletado em canteiro de obra de uma construtora A, presente na cidade de Cascavel (PR), resíduos da utilização da madeira em confecção de fôrmas na construção civil. Como o material utilizado seria somente a porção passante na peneira com malha de abertura igual a 4,8mm, este processo foi realizado primeiro, com a ajuda de uma peneira com dimensões de 50x50cm, como é possível verificar na Figura 3.

Foi desconsiderado qualquer tratamento específico para este material anteriormente sua utilização.

Figura 3 – Peneiramento prévio do pó de serra em peneira de 4,8mm.



Fonte: (O autor, 2016).

Após o material ser peneirado, este foi separado em quatro bandejas metálicas, cada uma com 300 gramas de pó de serra, as quais foram colocadas na estufa e lá permaneceram durante 24 horas, a uma temperatura de 55°C, como ilustram as Figuras 4 e 5.

Figuras 4 e 5 – Separação do pó de serra em bandejas metálicas para secagem em estufa.



Fonte: (O autor, 2016).

A Figura 6 mostra a estufa já com o material em seu interior, pronto para dar início ao processo de secagem.

Figura 6 – Pó de serra pronto para iniciar o processo de secagem.



Fonte: (O autor, 2016).

Posteriormente às 24 horas com o material no interior da estufa, foi feita a retirada do mesmo para resfriamento em temperatura ambiente durante 10 minutos e então foram anotadas suas massas, conforme é possível visualizar no Quadro 1.

Depois de pesadas as amostras nas bandejas, foram separadas duas porções de pó de serra para realizar o ensaio de granulometria, como indicado na Figura 7 a seguir.

Quadro 1 – Relatório de massas do pó de serra antes e depois da estufa.

PROCESSO DE SECAGEM DO PÓ DE SERRA EM ESTUFA					
BANDEJA	MASSA DO RECIPIENTE (g)	PRÉ ESTUFA		PÓS ESTUFA	
		PÓ DE SERRA (g)	RECIPIENTE + PÓ DE SERRA (g)	RECIPIENTE + PÓ DE SERRA (g)	PÓ DE SERRA (g)
1	188,0	300,0	488,0	418,8	230,8
2	233,1	300,0	533,1	464,6	231,5
3	217,9	300,0	517,9	449,1	231,2
4	225,0	300,0	525,0	455,5	230,5
TOTAL	864,0	1200,0	2064,0	1788,0	924,0

Fonte: (O autor, 2016).

Figura 7 – Conjunto de peneiras para realizar granulometria do pó de serra.



Fonte: (O autor, 2016).

A composição granulométrica contida no Quadro 2 é proveniente de duas determinações realizadas, a fim de obter valores médios de porcentagem retida média e, em cima destes dados, a porcentagem retida acumulada referente a cada uma das peneiras presente no conjunto.

Quadro 2 – Granulometria do pó de serra.

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - PÓ DE SERRA							
PENEIRAS		1ª DETERMINAÇÃO		2ª DETERMINAÇÃO		% RETIDA MÉDIA	% RETIDA ACUMULADA
Nº	# (mm)	MASSA RETIDA (g)	% RETIDA	MASSA RETIDA (g)	% RETIDA		
1/4"	6,30	-	0,00	-	0,00	0,00	0,00
4	4,75	-	0,00	-	0,00	0,00	0,00
8	2,38	15,7	7,85	11,5	5,81	6,83	6,83
16	1,18	55,9	27,96	51,2	25,85	26,90	33,73
30	0,60	60,6	30,32	61,4	30,99	30,65	64,39
50	0,30	46,7	23,36	47,5	23,98	23,67	88,06
100	0,15	16,9	8,45	20,0	10,10	9,28	97,33
Fundo		4,1	2,05	6,5	3,28	2,67	100,00
TOTAL		199,9	100,00	198,1	100	100,00	-

Fonte: (O autor, 2016).

3.1.2.3.2. Areia

A areia natural quartzosa foi provinda da cidade de Guaíra (PR), da bacia do Rio Paraná. Passou pelo processo de peneiramento e foi utilizada somente a porção passante na peneira 4,8mm para a confecção da argamassa.

Assim como com o pó de serra, para a areia também foram feitas duas determinações para obtenção da granulometria. Estes dados estão presentes no Quadro 3.

Quadro 3 – Granulometria da areia.

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - AREIA							
PENEIRAS		1ª DETERMINAÇÃO		2ª DETERMINAÇÃO		% RETIDA MÉDIA	% RETIDA ACUMULADA
Nº	# (mm)	MASSA RETIDA (g)	% RETIDA	MASSA RETIDA (g)	% RETIDA		
1/4"	6,30	-	0,00	-	0,00	0,00	0,00
4	4,75	4,0	0,23	6,0	0,35	0,29	0,29
8	2,38	4,8	0,27	4,4	0,26	0,26	0,55
16	1,18	20,4	1,15	19,4	1,14	1,15	1,70
30	0,60	60,1	3,39	61,3	3,60	3,50	5,20
50	0,30	1053,1	59,48	529,6	31,08	45,28	50,48
100	0,15	593,7	33,53	1028,2	60,35	46,94	97,41
Fundo		34,5	1,95	54,9	3,22	2,59	100,00
TOTAL		1770,6	100,00	1703,8	100	100,00	-

Fonte: (O autor, 2016).

3.1.2.4. Água

A água utilizada foi proveniente da rede de abastecimento de água do local onde foram realizados os ensaios.

3.1.3. Caracterização da amostra

As amostras de argamassa foram definidas de tal maneira que, mediante a um traço convencional de argamassa para emboço pré-estabelecido, este serviu como referência para a confecção de outros três traços com diferentes quantidades de pó de serra em suas composições, sendo estas quantidades uma porcentagem do montante de areia utilizado, obtendo assim, um total de quatro traços distintos de argamassa para realização dos testes laboratoriais.

3.1.4. Coleta de dados

Os dados foram coletados no laboratório de engenharia presente na Faculdade Assis Gurgacz na cidade de Cascavel (PR). Para isso, foram realizados quatro traços diferentes de

argamassa e posteriormente, foram feitos testes laboratoriais para verificação das resistências à tração e compressão, absorção de água e trabalhabilidade das argamassas, analisando a viabilidade da utilização do pó de serra na composição da argamassa por meio de comparação dos resultados obtidos através de tais testes. Ainda foram utilizadas como suporte, pesquisas em livros, artigos, revistas, sites e normas.

3.1.4.1. Definição de traço

Para a confecção da argamassa utilizada para emboço, foram definidos quatro traços, os quais foram utilizados para experimentos em laboratório. Contudo, a dosagem dos traços foi feita a partir de um traço de referência: 1:2:6:1,4 (cimento: cal hidratada: areia: água), fazendo a substituição da areia por 5, 10 e 15% de pó de serra para os outros três traços. Essa variação de pó de serra misturada à areia dá-se devido à possibilidade de se obter valores crescentes ou decrescentes de resistência, indicando de fato a eficiência de se ter o pó de serra como agregado na composição da argamassa para emboço.

Em contato com o professor orientador, decidiu-se por adicionar cerca de 100 gramas de aditivo, utilizado para argamassas de uso comercial, na confecção de cada traço para melhorar a trabalhabilidade dos mesmos, o que pode ter influenciado nos resultados finais dos testes laboratoriais.

No Quadro 4 estão representados os quatro traços utilizados na confecção das argamassas.

Quadro 4 – Mistura utilizada na produção da argamassa.

PROPORCIONAMENTO DE MATERIAIS NOS TRAÇOS UTILIZADOS PARA PREPARO DAS ARGAMASSAS							
TRAÇOS		CIMENTO	CAL HIDRATADA	AREIA	PÓ DE SERRA	ÁGUA	ADITIVO
TRAÇO A	TRAÇO DE REFERÊNCIA	1	2	6,0	-	1,4	100g
TRAÇO B	AGREGADO MIÚDO (6) * 5% DE PÓ DE SERRA 95% DE AREIA	1	2	5,7	0,3	1,4	100g
TRAÇO C	AGREGADO MIÚDO (6) * 10% DE PÓ DE SERRA 90% DE AREIA	1	2	5,4	0,6	1,4	100g
TRAÇO D	AGREGADO MIÚDO (6) * 15% DE PÓ DE SERRA 85% DE AREIA	1	2	5,1	0,9	1,4	100g

* Volume de pó de serra em relação ao volume de agregado miúdo.

Fonte: (O autor, 2016).

3.1.5. Ensaios realizados

Após a obtenção de todos os materiais e equipamentos necessários para a confecção dos diferentes traços de argamassa, estes foram levados ao laboratório para iniciar a mistura dos componentes e a produção dos corpos de prova necessários para cada teste realizado.

Primeiramente, foi feita a determinação das massas unitárias e massas específicas reais dos materiais utilizados para que fosse possível transformar os traços em massas relativas de cada material componente dos mesmos, seguindo procedimentos das NBR's vigentes.

Para alguns materiais como a Cal Hidratada e o Cimento, foi possível obter tais dados diretamente com os fabricantes. Já a areia e o pó de serra tiveram suas massas unitárias e específicas determinadas em laboratório.

Segundo a NBR 7251 ABNT (1982), a determinação da massa unitária de um material se dá através da razão entre a massa de um agregado lançado em um determinado recipiente e o volume do mesmo.

Contudo, utilizando um recipiente vazio com um volume conhecido igual a 3,6 litros, o mesmo foi posicionado em uma balança de precisão e tarado, onde em seguida foi preenchido com os materiais até a sua demarcação para completar tal volume, anotando a massa do material presente no recipiente.

A Figura 8 ilustra o recipiente utilizado já com o pó de serra.

Figura 8 – Balde preenchido com pó de serra para determinação da massa unitária.



Fonte: (O autor, 2016).

A Figura 9 representa o procedimento passo a passo para obtenção das massas específicas, segundo procedimentos da NBR 6508 ABNT (1984), onde primeiramente foi pesada uma quantidade qualquer de material e anotado a sua massa. Após, pesou-se o picnômetro completo de água, também anotando sua massa. Por fim, colocou-se o material dentro do picnômetro e completou-se com água, anotando-se a massa total do recipiente e, assim, determinando a massa específica.

Figura 9 – Procedimento para obtenção da massa específica dos materiais.



Fonte: (O autor, 2016).

O Quadro 5 mostra os valores referentes à massa unitária e massa específica para cada material utilizado na confecção dos traços de argamassa do referente trabalho.

Quadro 5 – Valores de massa unitária e massa específica de cada material.

MATERIAIS	MASSA UNITÁRIA		MASSA ESPECÍFICA	
	MÉTODO	VALOR (Kg/m³)	MÉTODO	VALOR (Kg/m³)
CAL	VIDE FABRICANTE	680,0	VIDE FABRICANTE	3350,0
CIMENTO	VIDE FABRICANTE	880,0	VIDE FABRICANTE	2090,0
AREIA	Recipiente de volume conhecido	$\frac{5.456,88 \text{ g}}{3,6 \text{ L}} =$	Picnômetro	$\frac{150,0 \text{ g}}{599,0 - (693,0 - 150,0)} =$
PÓ DE SERRA	Recipiente de volume conhecido	$\frac{763,3 \text{ g}}{3,6 \text{ L}} =$	Picnômetro	$\frac{40,0 \text{ g}}{599,7 - (604,1 - 40,0)} =$
ÁGUA	-	1000,0	-	1000,0

Fonte: (O autor, 2016).

3.1.5.1. Processo de produção das argamassas

As argamassas foram preparadas conforme os procedimentos descritos na NBR 13276 ABNT (2002), utilizando um misturador elétrico, o qual estava disponível no laboratório de Engenharia Civil do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz.

Para mistura dos componentes foram adotados os seguintes procedimentos:

- Determinação das massas de cal, cimento, areia, pó de serra e água;
- Misturar em velocidade baixa por 90 segundos para fazer a homogeneização de todo o material, na argamassadeira;
- Em seguida, colocar água ao ponto de tornar a argamassa a mais homogênea possível;
- Por fim, ligar a argamassadeira, fazendo a mistura de todos os componentes até chegar ao ponto ideal para prosseguir com os testes.

Como descrito no item 3.1.5.1., o primeiro passo para a produção das argamassas foi transformar os traços já pré-determinados, os quais estavam indicando o volume dos materiais, para um traço que mostrasse de fato qual a massa de cada material que compõe cada traço, mostrado no Quadro 6.

Quadro 6 – Traços das argamassas transformados de volume para massa.

TRAÇOS DAS ARGAMASSAS TRANSFORMADOS EM MASSA (g)						
TRAÇOS	-	Cimento	Cal hidratada	Areia	Pó de serra	Água
TRAÇO A REFERÊNCIA	Traço em volume	1	2	6	0	1,4
	Traço em massa (g)	109,62	168,8	1132,4	-	204,3
TRAÇO B 5% DE PÓ DE SERRA	Traço em volume	1	2	5,7	0,3	1,4
	Traço em massa (g)	111,83	172,2	1098,2	8,1	207,8
TRAÇO C 10% DE PÓ DE SERRA	Traço em volume	1	2	5,4	0,6	1,4
	Traço em massa (g)	114,2	175,9	1062,1	16,5	211,58
TRAÇO D 15% DE PÓ DE SERRA	Traço em volume	1	2	5,1	0,9	1,4
	Traço em massa (g)	116,67	179,7	1024,4	25,3	215,5

Fonte: (O autor, 2016).

Com tais dados em mãos, deu-se início à confecção dos traços de argamassa, separando inicialmente a quantidade certa de cada material a ser utilizado, como ilustrado na Figura 10.

Figura 10 – Separação e pesagem individual dos materiais para a confecção de cada um dos traços de argamassa.



Fonte: (O autor, 2016).

Após ter todos os componentes em suas devidas medidas, colocou-se os materiais secos (cimento, cal, areia e pó de serra) no recipiente da argamassadeira e deu-se início à mistura, ligando o equipamento em velocidade baixa durante 90 segundos, segundo Figura 11.

Figura 11 – Materiais posicionados na argamassadeira para dar início à mistura.



Fonte: (O autor, 2016).

Depois de concluídos os 90 segundos de mistura para homogeneização do material, o equipamento foi desligado para colocar a água e então ligado novamente, deixando bater a argamassa por 30 segundos na velocidade baixa. Pausou-se para desgrudar o material das paredes do vasilhame com uma espátula e então foi colocado o aditivo, como mostram as Figuras 12 e 13. Posteriormente, ligou-se a argamassadeira novamente e deixou-se misturar por mais 90 segundos na velocidade alta.

Figuras 12 e 13 – Água e aditivo, respectivamente, sendo colocados na argamassadeira.



Fonte: (O autor, 2016).

3.1.5.2.Determinação do índice de consistência (trabalhabilidade da argamassa)

Logo após a preparação, a argamassa foi utilizada para preencher o molde tronco-cônico, colocado de modo centralizado sobre a mesa de consistência, conforme a NBR 7215 ABNT (1996), como ilustrado na Figura 14.

Figura 14 – Equipamentos posicionados para execução do *Flow Table Test*.



Fonte: (O autor, 2016).

Para preenchimento do molde, a argamassa foi colocada em três camadas aproximadamente iguais, aplicando-se em cada uma delas, 15, 10 e 5 golpes, respectivamente, utilizando um soquete metálico. Após a conclusão dos golpes, com a ajuda de uma espátula metálica, removeu-se o excesso de argamassa presente e então, retirou-se o molde tronco-cônico para que desse início ao acionamento da manivela para conclusão do ensaio, como é possível verificar nas Figuras 15 e 16.

Figuras 15 e 16 – Retirada do excesso de argamassa no molde e sua retirada, respectivamente.



Fonte: (O autor, 2016).

Depois, acionou-se a manivela da mesa para obtenção do índice de consistência, de modo que a mesa subiu e desceu 30 vezes em 30 segundos de maneira uniforme.

Após a última queda da mesa, mediu-se com um paquímetro o espalhamento do molde tronco cônico de argamassa. Estas medidas foram realizadas em três diâmetros tomados em pares de pontos uniformemente distribuídos ao longo do perímetro, como mostrado nas Figuras 17 e 18 a seguir, registrando-se as três medidas e fazendo uma média das mesmas, sendo este o valor final do índice de consistência, expresso em milímetros.

Figuras 17 e 18 – Modelo para execução das medições e realização da medição utilizando o paquímetro, respectivamente.



Fonte: (O autor, 2016).

Os resultados deste teste estão apresentados no item 4.1.1.

3.1.5.3. Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão

Conforme a NBR 13279 ABNT (2005), para a realização destes ensaios, o laboratório apresentou temperatura do ar de $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar de $(60 \pm 5)\%$.

3.1.5.3.1. Resistência à tração na flexão

Para cada traço realizado, foram efetuados três corpos de prova com dimensões de 4x4x16 cm cada, feitos por meio de moldes prismáticos metálicos que consistem em armações abertas com paredes removíveis, formando três compartimentos quando montados. Com isso, foi possível fazer estes três corpos de prova simultaneamente, os quais foram utilizados para o ensaio de tração na flexão.

A preparação dos moldes foi feita de tal forma que foram colocados sobre uma mesa de adensamento e fixados adequadamente, o que mostra a Figura 19. Após isso, aplicou-se uma fina camada de óleo mineral nas faces internas dos moldes.

Figura 19 – Moldes prismáticos para realização dos corpos de prova, presos à mesa de adensamento.



Fonte: (O autor, 2016).

A preparação da argamassa utilizada para preenchimento dos moldes seguiu as prescrições da NBR 13276 ABNT (2002) como citado anteriormente.

Logo após o preparo da argamassa, introduziu-se uma porção da mesma diretamente em cada compartimento do molde, espalhando-a utilizando uma espátula específica para os moldes e formando uma camada uniforme, como ilustrado na Figura 20. Em seguida, aplicaram-se 30 quedas na mesa de adensamento.

Figura 20 – Espalhamento da argamassa nos moldes utilizando a espátula.



Fonte: (O autor, 2016).

Depois, foi introduzida a segunda camada de argamassa em cada compartimento do molde e procedeu-se ao espalhamento uniforme da argamassa, utilizando a mesma espátula, porém do seu lado contrário e então foram aplicadas novamente 30 quedas na mesa de adensamento.

Depois de completadas as quedas, os corpos de prova foram rasados com uma régua metálica, fazendo assim um acabamento mais uniforme e uma superfície mais plana, o que mostra a Figura 21.

Figura 21 – Rasamento da argamassa nos moldes prismáticos.



Fonte: (O autor, 2016).

Os corpos de prova permaneceram entre 24 e 48 horas nos moldes, conforme estabelecido na NBR 13279 ABNT (2005), nas condições de laboratório citadas no item 3.1.5.3. Em seguida, foram desmoldados, como ilustrado na Figura 22, e mantidos ainda nas mesmas condições até a ruptura.

Figura 22 – Desmolde dos corpos de prova.



Fonte: (O autor, 2016).

O rompimento dos corpos de prova foram efetuados na idade de 7 dias com a ajuda de um dispositivo capaz de aplicar uma carga uniforme e sem choque de 50 N/s. O rompimento nesta idade se deu devido ao tempo e condições de cura não serem respeitados pelas normas,

sendo que os corpos de prova foram curados ao tempo e não em câmara úmida como especificado.

Os laudos gerados pela prensa após o rompimento, contendo os resultados dos testes e gráficos, estão presentes nos Anexos ao fim do presente trabalho.

Após o rompimento, foram coletados os dados e determinadas as resistências à tração na flexão para cada corpo de prova analisado, através da Equação 1 a seguir, determinada pela NBR 13279 (2005):

$$R_f = \frac{1,5 F_f L}{40^3} \quad (1)$$

Na qual:

R_f é a resistência à tração na flexão, em megapascals (MPa);

F_f é a carga aplicada verticalmente no centro do prisma, em newtons (N);

L é a distância entre os suportes, em milímetros (mm).

3.1.5.3.2. Resistência à compressão axial

Para determinar a resistência à compressão axial das amostras, conforme estabelecido na NBR 13279 ABNT (2005), foram utilizadas as metades dos três corpos de prova do ensaio de flexão, ou seja, seis corpos de prova com dimensões aproximadas de 4 cm x 4 cm x 8 cm para o teste de compressão axial para cada traço realizado. Foram posicionadas no dispositivo de apoio do equipamento de ensaio, aplicando uma carga de 450 a 550 N/s, até que ocorresse a ruptura dos corpos de prova.

Os laudos gerados pela prensa após o rompimento, contendo os resultados dos testes e gráficos, estão presentes nos Anexos ao fim do presente trabalho.

Posteriormente ao rompimento das amostras, os dados foram coletados e então foi determinada a resistência à compressão para cada corpo de prova analisado, através da Equação 2 a seguir, determinada pela NBR 13279 (2005):

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \quad (2)$$

Na qual:

R_c é a resistência à compressão, em megapascals (MPa);

F_c é a carga máxima aplicada, em newtons (N);

1600 é a área da seção considerada quadrada do dispositivo de carga 40mm x 40mm, em milímetros quadrados (mm²).

3.1.5.4.Determinação da absorção de água por imersão

Para determinação da absorção de água por imersão da argamassa no estado endurecido, foram seguidas as especificações contidas na NBR 9778 ABNT (1987).

As amostras podem ser obtidas em argamassa moldada de acordo com a NBR 7215 ABNT (1996) ou obtidas a partir de testemunhos extraídos ou pedaços de argamassa. Com isso, foram utilizados os três testemunhos de maiores massas, resultantes do fim dos testes de compressão axial.

Para dar início ao teste, foram pesadas as amostras em seu estado natural endurecida e em seguida, colocadas em estufa a 110°C. A massa das amostras foi determinada após permanência de 24 a 48 horas na estufa.

As amostras foram resfriadas à temperatura de 23°C e posteriormente, determinadas suas massas.

Completada a secagem em estufa, prosseguiu-se com a imersão das amostras em água à temperatura de 23°C durante 24 a 48 horas. Foi determinada a massa da amostra decorrida o tempo de imersão. As determinações foram efetuadas após enxugar-se a superfície das amostras com toalha absorvente.

Com os valores de massa do corpo de prova seco em estufa e do corpo de prova saturado, foi possível determinar a absorção de água por imersão através da Equação 3 a seguir, determinada pela NBR 9778 ABNT (1987):

$$Abs = \frac{M_{sat} - M_s}{M_s} \times 100 \quad (3)$$

Na qual:

Abs é a absorção de água por imersão, em porcentagem (%);

M_{sat} é a massa do corpo de prova saturado, em gramas (g);

M_s é a massa do corpo de prova seco em estufa, em gramas (g).

O ensaio foi realizado com uma amostra de cada corpo de prova executado. O resultado de absorção de água por imersão corresponde à média dos valores obtidos para cada traço.

3.1.6. Análise dos dados

Após obter todas as informações necessárias, foi realizada a análise dos dados mediante verificação dos parâmetros desejados obtidos através de testes laboratoriais, fazendo assim, uma comparação entre os quatro traços distintos realizados, indicando qual a eficiência, em porcentagem, dos três traços com adição de diferentes quantidades de pó de serra em relação à argamassa com traço de referência utilizada em cada aspecto estudado.

CAPÍTULO 4

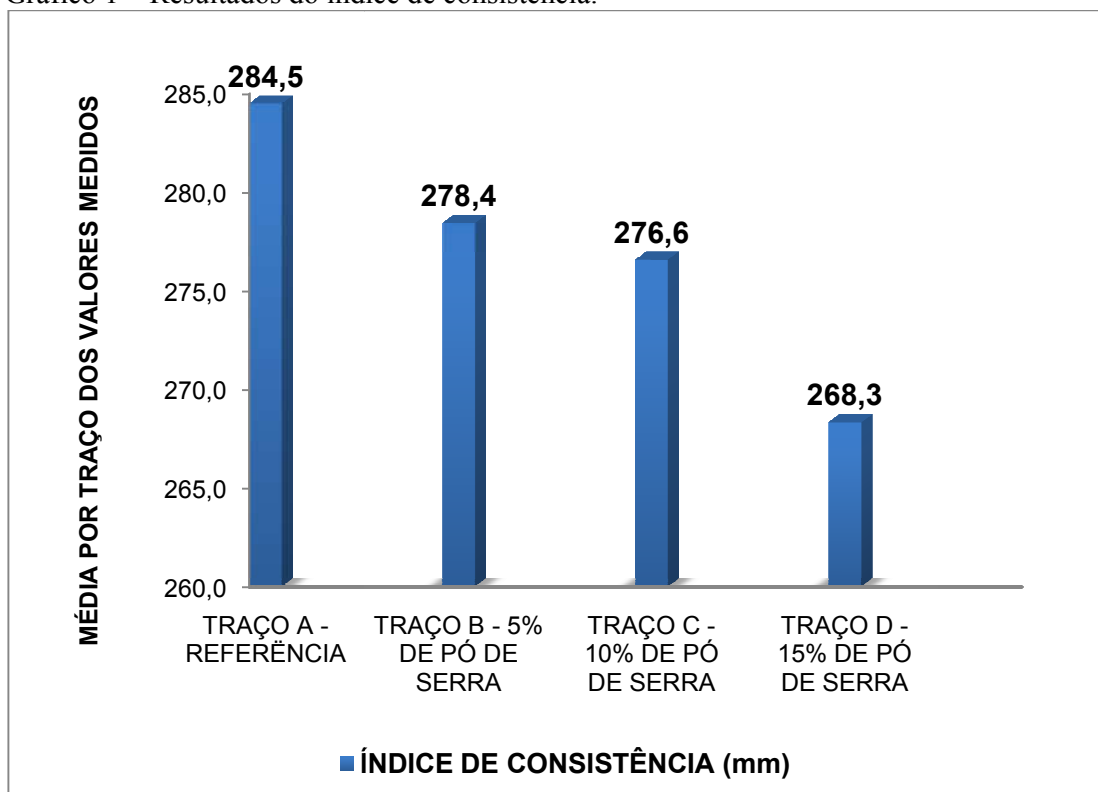
4.1.RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1.1. Determinação do índice de consistência

Após a mistura dos materiais e confecção de cada um dos traços estudados, fizeram-se as medições do espalhamento da argamassa na mesa de consistência após os 30 golpes, onde se obtiveram três valores para cada traço realizado, medidos com a ajuda de um paquímetro.

O apêndice A mostra cada um dos valores medidos e os respectivos índices de consistência para cada traço, provenientes das médias de todos os valores obtidos por corpo de prova para cada um dos traços. Os resultados estão representados no Gráfico 1 a seguir.

Gráfico 1 – Resultados do índice de consistência.



Fonte: (O autor, 2016).

Conforme os resultados representados no gráfico anterior, é possível notar que os valores do índice de consistência são decrescentes a partir do traço de referência, o qual tem seu índice de 284,5mm, enquanto o traço com 15% de pó de serra em substituição da areia no agregado miúdo tem seu índice de consistência com o valor de 268,3mm.

Esta variação representa que a argamassa de traço convencional possui uma trabalhabilidade 6,04% maior em relação à argamassa com traço de 15% de pó, a qual teve o menor valor dentre todos.

A diminuição gradativa do índice de consistência pode ser explicada com o fato do aumento da porcentagem do pó de serra em cada um dos traços, devido ao resíduo de madeira estar totalmente seco e ser um material que necessita de bastante água para ser saturado, ou seja, que tem uma absorção grande, puxando a água que compõe o traço para dentro de si, tornando assim a argamassa mais seca, tendo um menor espalhamento na mesa de impacto do teste de trabalhabilidade realizado.

4.1.2. Resistência à tração na flexão

Após completar os 7 dias da confecção dos corpos de prova, deram-se início aos testes de tração na flexão e compressão axial, onde foram rompidos todas as amostras em uma prensa com o auxílio dos aparatos corretos especificados pelas normas.

Para o teste de resistência à tração na flexão, os corpos de prova foram colocados inteiros no aparelho instalado junto à prensa, sendo posicionados de maneira centralizada no aparato para que recebessem a carga exatamente nos seus centros, como ilustra a Figura 23.

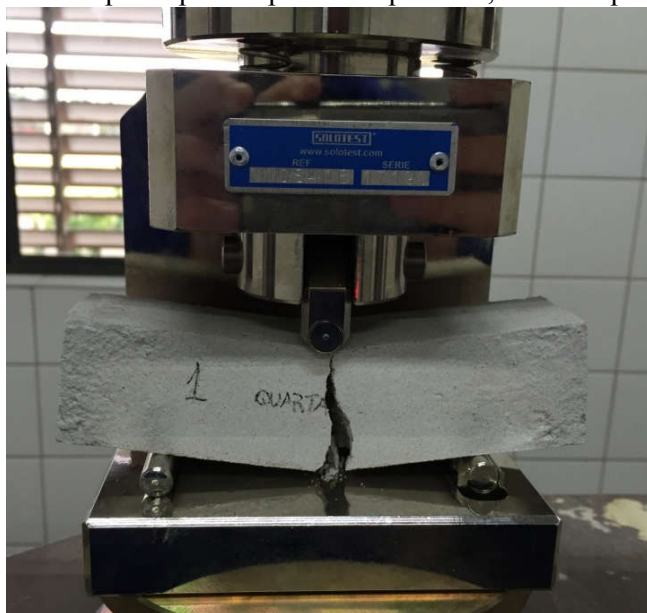
Figura 23 – Posicionamento do corpo de prova no aparato de teste à tração na flexão.



Fonte: (O autor, 2016).

A Figura 24 detalha o momento em que o corpo de prova acaba de ser rompido, onde o mesmo se transforma em duas metades, as quais foram posteriormente utilizadas para os testes de compressão axial.

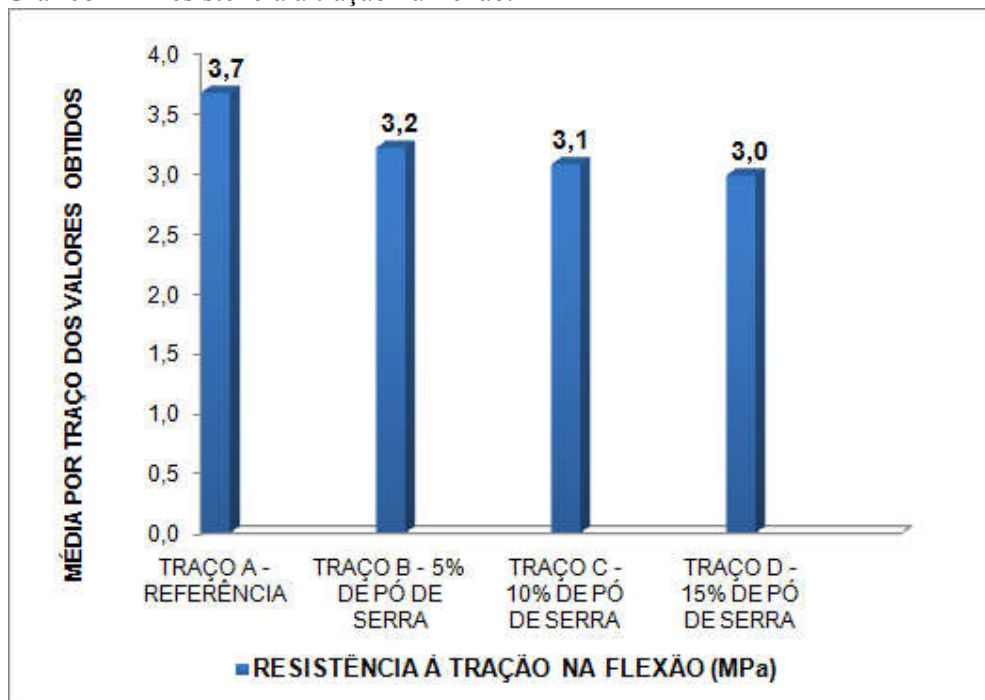
Figura 24 – Corpo de prova após o rompimento, ainda na prensa.



Fonte: (O autor, 2016).

Após a conclusão do rompimento de todos os corpos de prova, foi possível unir todos os valores provenientes de cada teste e montar o apêndice B, o qual indica as cargas que foram aplicadas em cada amostra (em quilograma-força e em Newton) até seu respectivo rompimento, bem como suas resistências à tração na flexão unitárias (por unidade de corpo de prova) e por fim a resistência final (por traço), a qual corresponde à média dos valores de cada corpo de prova que compõe o mesmo traço de argamassa. Os resultados finais estão representados no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Resistência à tração na flexão.



Fonte: (O autor, 2016).

Pode-se observar que, nas resistências obtidas, há uma queda gradativa dos valores representados por cada um dos traços, onde é possível analisar que quanto maior é a porcentagem de pó de serra na composição da argamassa, menor é a resistência à tração na flexão deste traço.

A resistência à tração está relacionada com a aderência do cimento juntamente com o agregado miúdo, onde, se faltar água, a hidratação será baixa, assim como sua resistência também.

A diferença de resistência entre a argamassa de referência e a que possui 15% de pó de serra em substituição da areia no agregado miúdo em sua composição é de 23,33%, onde o traço de referência se mostra ter uma resistência maior que os demais com a adição do resíduo de madeira, indicando que a hidratação ocorrida na argamassa de referência foi a melhor dentre todos os traços.

Os laudos e gráficos gerados automaticamente pela prensa para cada um dos corpos de prova rompidos constam nos anexos, ao fim do respectivo trabalho.

4.1.3. Resistência à compressão axial

Após o término dos testes de tração na flexão, deu-se início ao estudo da compressão axial das amostras provenientes do teste anterior, onde cada corpo de prova foi rompido ao meio, tornando-se assim em duas partes, sendo estas utilizadas para o presente teste.

Primeiramente, foi retirado da prensa o aparato utilizado para o teste anterior e posicionado um novo, possibilitando a execução dos testes de resistência à compressão axial, o qual possui um encaixe exato para ser colocada cada amostra. A Figura 25 mostra a metade de um corpo de prova posicionado no dispositivo de compressão axial.

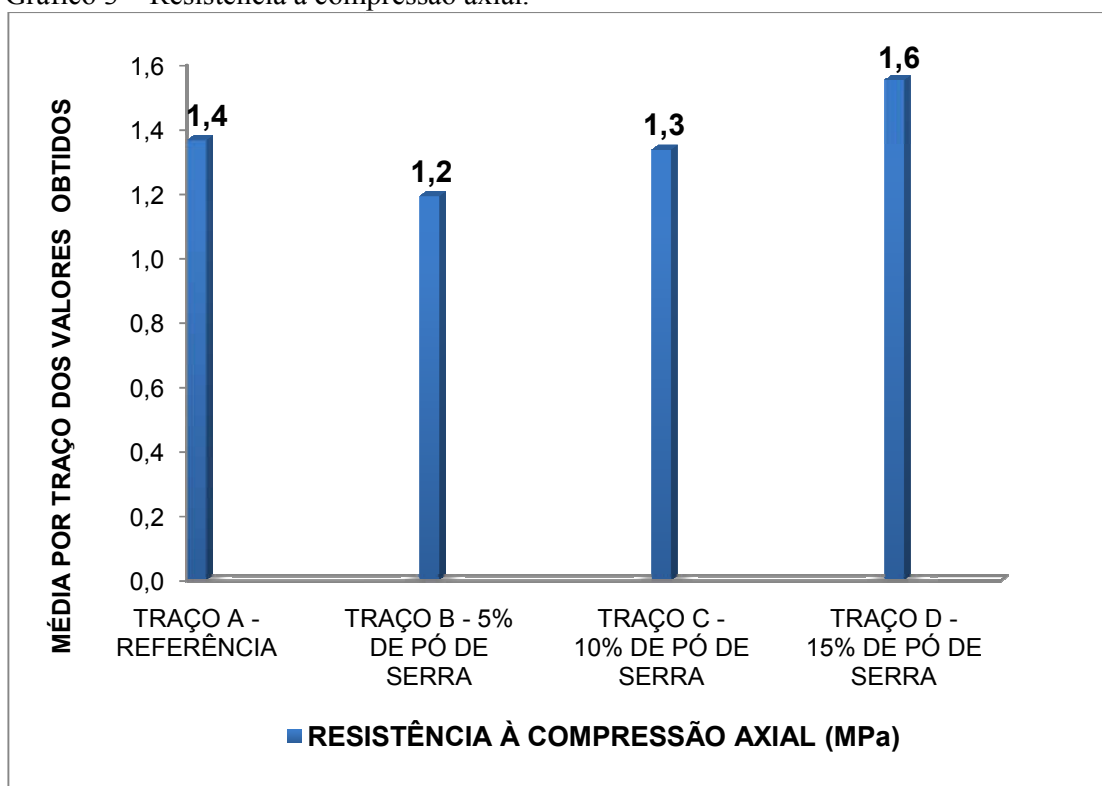
Figura 25 – Corpo de prova posicionado para teste de compressão axial.



Fonte: (O autor, 2016).

Após o término do rompimento de todos os corpos de prova, foi separado o maior pedaço restante dos testes, um testemunho para cada traço, para ser posteriormente utilizado no teste de absorção. Contudo, unindo todos os valores resultantes do teste para cada corpo de prova, foi possível montar o apêndice C, o qual indica as cargas que foram aplicadas em cada amostra (em quilograma-força e em Newton) até seu respectivo rompimento, bem como sua resistência à compressão axial unitária (por unidade de corpo de prova) e por fim a resistência final (por traço), a qual corresponde à média dos valores de cada corpo de prova que compõe o mesmo traço de argamassa. Os resultados finais estão representados no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Resistência à compressão axial.



Fonte: (O autor, 2016).

Analisando o gráfico acima, é possível perceber que, nas resistências obtidas, há uma variação dos valores representados por cada um dos traços, onde para o traço de referência a resistência à compressão é de 1,4 MPa, já para o traço com 5% de pó de serra, este valor cai para 1,2 MPa. Para o traço com 10% de substituição de pó de serra, a resistência sobe para 1,3

MPa e, finalmente, com o traço de 15% de pó de serra, o valor médio da resistência dos 6 corpos de prova atinge 1,6 MPa, o que pode ser entendido como uma possível aproximação do ponto ótimo da substituição da areia pelo pó de serra, onde o valor da resistência continua subindo até atingir tal ponto e, posteriormente a passagem do mesmo, os valores começam a cair novamente.

Como o valor de resistência é inversamente proporcional à porosidade, quanto maior é o volume de pó de serra presente na composição dos traços de argamassa, menor é a porosidade da mesma e, conseqüentemente, maior a resistência à compressão que a mesma apresenta.

Com isso, a diferença dos valores de resistência final atingidas pelo traço de referência e o traço com 15% de substituição por pó de serra mostra que a substituição da areia pelo resíduo de madeira tem uma eficiência de 14,28% maior no quesito de resistência à compressão axial, se comparada ao traço de referência.

Os laudos e gráficos gerados automaticamente pela prensa para cada um dos corpos de prova rompidos constam nos anexos, ao fim do respectivo trabalho.

4.1.4. Absorção de água por imersão

Para iniciar o teste de absorção de água por imersão, primeiramente foi separado o maior testemunho de cada corpo de prova realizado, posteriormente a sua utilização para os outros testes, escolhendo as amostras de maiores massas, onde todas foram identificadas e tiveram suas massas naturais anotadas. Depois, foram colocadas em uma bandeja metálica e posicionadas na estufa, previamente regulada a uma temperatura de 110°C, onde permaneceram por 24 horas.

Passado o tempo necessário, as amostras foram retiradas da estufa e deixadas à temperatura ambiente para resfriamento por cerca de 20 minutos. Então, foram pesadas novamente em balança de precisão e anotadas suas massas secas, uma a uma, para dar continuidade ao processo.

Depois de ter as amostras resfriadas e com suas massas secas já anotadas, estas foram posicionadas alojadas em um recipiente, o qual posteriormente foi preenchido com água, como visto na Figura 26, onde permaneceram por mais 24 horas.

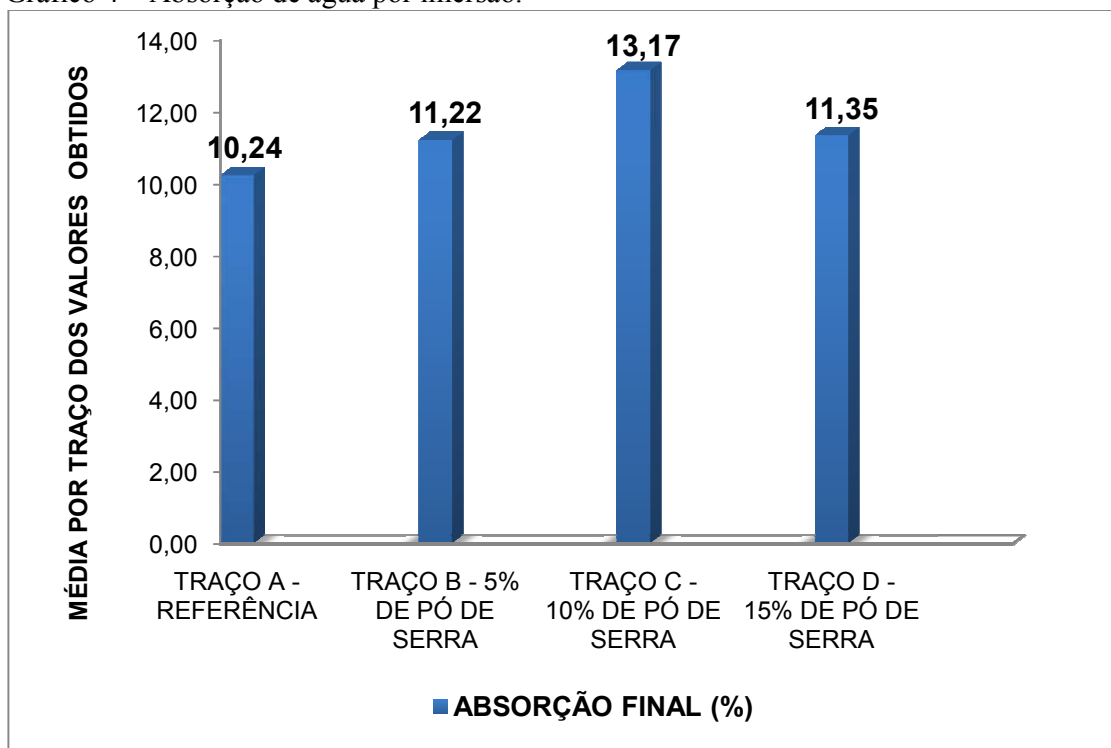
Figura 26 – Amostras de corpo de prova submersas em água por 24 horas.



Fonte: (O autor, 2016).

Após a passagem das 24 horas das amostras submersas em água, retiraram-se os corpos de prova de dentro do recipiente, secando-os com um papel toalha e removendo o excesso de água presente nas faces dos mesmos, levando-os então até a balança de precisão, onde foram colocados um por um e anotados suas massas saturadas, completando todos os dados necessários para a obtenção dos valores de absorção, conforme representado no apêndice D. Os resultados finais estão representados no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Absorção de água por imersão.



Fonte: (O autor, 2016).

Primeiramente, é possível perceber com os resultados descritos no apêndice D que existem dois valores de absorção de água, sendo a absorção unitária, a qual representa os resultados de cada corpo de prova isolado e a absorção final, sendo esta, a média dos valores para cada traço estudado.

Pode-se ver também que os resultados finais encontrados no Gráfico 4 foram relativamente baixos, devido ao fato de se ter utilizado o aditivo na composição dos traços de argamassa.

Contudo, dentre todos os traços, observou-se que a argamassa com traço de referência foi a que menos absorveu água durante as 24 horas de teste de imersão, o que pode ser explicado devido ao fato de não possuir nada de pó de serra em sua composição, sendo que a madeira é um material o qual tem uma capacidade de absorção de água bastante grande, onde ocorre o inchamento do mesmo, fazendo com que a massa do corpo de prova aumente, o que de fato ocorreu para os outros três traços estudados.

4.1.5. Classificação dos traços perante NBR 13281 (ABNT, 2005)

Conforme mostrado no item 2.1.2.2., na Figura 2, a NBR 13281 (ABNT, 2005) estabelece alguns parâmetros para classificação das argamassas diante de diversos testes padronizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Para a execução do presente estudo foram realizados quatro testes distintos para os traços de argamassa, sendo dois destes, testes que se encontram na referida norma acima. Sendo assim, o Quadro 7 indica os parâmetros da norma perante os testes de resistência à tração na flexão e compressão axial e mostra quais as classificações dos quatro traços estudados diante de seus resultados em tais testes.

Quadro 7 – Classificação dos traços estudados nos parâmetros estabelecidos na NBR 13281 (ABNT, 2005) para resistência à tração na flexão e compressão axial.

Classes	R - Resistência à tração na flexão - NBR 13279 (ABNT, 2005)	Traços de argamassa estudados
	MPa	
R1	$\leq 1,5$	
R2	1,0 a 2,0	
R3	1,5 a 2,7	
R4	2,0 a 3,5	Traço B; Traço C; Traço D
R5	2,7 a 4,5	Traço A
R6	$> 3,5$	

Classes	P - Resistência à compressão - NBR 13279 (ABNT, 2005)	Traços de argamassa estudados
	MPa	
P1	$\leq 2,0$	Traço A; Traço B; Traço C
P2	1,5 a 3,0	Traço D
P3	2,5 a 4,5	
P4	4,0 a 6,5	
P5	5,5 a 9,0	
P6	$> 8,0$	

Fonte: (O autor, 2016).

CAPÍTULO 5

5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após as análises dos resultados apresentados, verificou-se que o resíduo de madeira pó de serra tem potencial para reutilização na composição de argamassa para emboço, servindo como uma destinação mais nobre do material do que o simples depósito em lugares indevidos ou o descarte, passando a ter sua vida útil prolongada e deixando de comprometer o entorno e o meio ambiente.

Os resultados mostraram que o rendimento da argamassa com adição de pó de serra para alguns dos testes realizados obteve bons resultados, já para outros, não se mostrou tão eficiente assim quando comparada com a argamassa de referência.

De qualquer forma, o resíduo estudado neste trabalho, mesmo sendo pouquíssimo utilizado na área da construção civil até então, mostra ter um grande potencial e pode ser aprimorado e utilizado, obtendo assim um ganho tanto na parte ambiental quanto na parte econômica, visto que a partir do momento em que o pó de serra é incorporado na argamassa, este passa a não representar mais um risco ao meio e se utilizado em grande escala, pode chegar a reduzir custos para a empresa.

Mediante a realização de uma análise comparativa dentre todos os resultados provenientes dos testes laboratoriais realizados para os três traços com pó de serra em suas composições, pode-se concluir que o traço com 15% de pó de serra em substituição da areia no agregado miúdo foi o que obteve os resultados mais satisfatórios, sendo considerado então o melhor traço para ser aplicado.

Acredita-se que com a execução de novos ensaios e testes laboratoriais, aprofundando e conhecendo mais sobre as características deste material, podem-se obter valores de resistências e outros fatores que comprovem de fato que o pó de serra pode ser incrementado e utilizado com eficiência em adição a argamassas e outros materiais.

A reutilização deste material nos canteiros de obra pode representar um grande avanço no quesito de reaproveitamento de resíduos, sendo que o pó de serra tem uma grande dificuldade para que seja realizada a sua disposição final e é um material o qual tem uma produção tremenda no país.

De maneira geral, buscou-se com a realização desse trabalho, demonstrar a importância de uma destinação correta para os resíduos gerados pela construção civil, como no caso deste estudo, o pó de serra, fornecendo assim um ambiente de trabalho propício para todos e mantendo uma organização dentro do canteiro de obras.

CAPÍTULO 6

6.1.SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Comparar financeiramente a argamassa com adição de pó de serra com a convencional em escala comercial;
- Realizar novos traços com diferentes porcentagens de resíduo de madeira para fazer posterior comparação com os traços aqui presentes;
- Comparar a diferença de massa entre uma argamassa convencional e outra com adição de pó de serra;
- Fazer o estudo baseado na capacidade de isolamento térmico e acústico que a argamassa com resíduo de madeira possa chegar a provocar e comparar com um traço convencional;
- Realizar os ensaios de aderência para os traços com adição de pó de serra.
- Utilizar o pó de serra com massa saturada na composição dos traços de argamassa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO JÚNIOR, J. M. **Contribuição ao estudo das propriedades físico-mecânicas das argamassas de revestimento.** 175 f. Dissertação (Mestrado em estruturas e construção civil) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília. 2004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. **Guia básico de utilização do cimento portland.** 7.ed. São Paulo, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 6508.** Determinação da massa específica dos grãos. Rio de Janeiro, 1984.

_____. **NBR 7175.** Cal hidratada para argamassas - Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 7200.** Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 7211.** Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 7215.** Cimento portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 7251.** Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1982.

_____. **NBR 9778.** Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 10004.** Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 13276.** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **NBR 13277.** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 13278.** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 13279.** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13280.** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente do estado endurecido. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 13281.** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13529.** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Terminologia. Rio de Janeiro, 1995.

BABINSKI, M. **Reutilização de resíduos de concreto para confecção de revestimento argamassado.** Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil – Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, Cascavel. 2009.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Referenciais Curriculares Nacionais da Educação Profissional de Nível Técnico.** 2000.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. 2003. Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. **Levantamento sobre a geração de resíduos provenientes da atividade madeireira e proposição de diretrizes para políticas, normas e condutas técnicas para promover o seu uso adequado.** 2003.

DANTAS FILHO, F. P. **Contribuição ao estudo para aplicação do pó de serra da madeira em elementos de alvenaria de concreto não estrutural.** 117 f. Dissertação (Mestrado em concentração em edificações) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2004.

GEHLEN, L. L. **Estudo de caso: Ensaio de aderência em revestimento argamassado em uma construtora de Cascavel – PR.** Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil – Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, Cascavel. 2012.

APÊNDICE A – DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA.

DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA			
TRAÇOS	MEDIÇÕES (mm)		ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA (mm)
TRAÇO A REFERÊNCIA	1	287,9	284,5
		284,1	
		281,5	
TRAÇO B 5% DE PÓ DE SERRA	1	282,0	278,4
		280,0	
		280,0	
	2	276,3	
		277,8	
		274,5	
TRAÇO C 10% DE PÓ DE SERRA	1	277,0	276,6
		281,1	
		286,6	
	2	270,1	
		273,7	
		271,0	
TRAÇO D 15% DE PÓ DE SERRA	1	264,0	268,3
		271,9	
		269,1	

APÊNDICE B – TESTE DE RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO.

TESTE DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO					
TRAÇOS	CORPO DE PROVA	CARGA APLICADA (Kgf)	CARGA APLICADA (N)	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO (MPa)	RESISTÊNCIA FINAL (MPa)
TRAÇÃO A TRAÇO REFERÊNCIA	1	160,0	1569,1	3,68	3,7
	2	170,0	1667,1	3,91	
	3	150,0	1471,0	3,45	
	4	160,0	1569,1	3,68	
TRAÇÃO B 5% DE PÓ DE SERRA	1	160,0	1569,1	3,68	3,2
	2	160,0	1569,1	3,68	
	3	150,0	1471,0	3,45	
	4	110,0	1078,7	2,53	
	5	130,0	1274,9	2,99	
	6	130,0	1274,9	2,99	
TRAÇÃO C 10% DE PÓ DE SERRA	1	150,0	1471,0	3,45	3,1
	2	130,0	1274,9	2,99	
	3	-	0,0	0,00	
	4	130,0	1274,9	2,99	
	5	130,0	1274,9	2,99	
	6	130,0	1274,9	2,99	
TRAÇÃO D 15% DE PÓ DE SERRA	1	120,0	1176,8	2,76	3,0
	2	130,0	1274,9	2,99	
	3	140,0	1372,9	3,22	

APÊNDICE C – TESTE DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL.

TESTE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL					
TRAÇOS	CORPO DE PROVA	CARGA APLICADA (kgf)	CARGA APLICADA (N)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL (MPa)	RESISTÊNCIA FINAL (MPa)
TRAÇO A TRAÇO REFERÊNCIA	1	230,0	2255,5	1,41	1,4
	2	220,0	2157,5	1,35	
	3	240,0	2353,6	1,47	
	4	220,0	2157,5	1,35	
	5	220,0	2157,5	1,35	
	6	210,0	2059,4	1,29	
	7	220,0	2157,5	1,35	
TRAÇO B 5% DE PÓ DE SERRA	1	200,0	1961,3	1,23	1,2
	2	180,0	1765,2	1,10	
	3	200,0	1961,3	1,23	
	4	210,0	2059,4	1,29	
	5	220,0	2157,5	1,35	
	6	190,0	1863,3	1,16	
	7	180,0	1765,2	1,10	
	8	180,0	1765,2	1,10	
	9	180,0	1765,2	1,10	
	10	200,0	1961,3	1,23	
	11	0,0	0,0	0,00	
	12	200,0	1961,3	1,23	
TRAÇO C 10% DE PÓ DE SERRA	1	220,0	2157,5	1,35	1,3
	2	220,0	2157,5	1,35	
	3	230,0	0,0	0,00	
	4	200,0	1961,3	1,23	
	5	220,0	2157,5	1,35	
	6	230,0	2255,5	1,41	
	7	200,0	1961,3	1,23	
	8	220,0	2157,5	1,35	
	9	230,0	2255,5	1,41	
	10	220,0	2157,5	1,35	
	11	220,0	2157,5	1,35	
	12	220,0	2157,5	1,35	
TRAÇO D 15% DE PÓ DE SERRA	1	260,0	2549,7	1,59	1,6
	2	270,0	2647,8	1,65	
	3	230,0	2255,5	1,41	
	4	260,0	2549,7	1,59	
	5	260,0	2549,7	1,59	
	6	280,0	2745,9	1,72	

APÊNDICE D – TESTE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA POR IMERSÃO.

TESTE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA POR IMERSÃO						
TRAÇOS	CORPO DE PROVA	MASSA NATURAL (g)	MASSA APÓS 24H DE ESTUFA (g)	MASSA SATURADA (g)	ABSORÇÃO UNITÁRIA (%)	ABSORÇÃO FINAL (%)
TRAÇO A REFERÊNCIA	1	108,3	100,0	111,30	11,3	10,24
	2	118,5	109,8	121,90	11,0	
	3	114,4	106,9	117,80	10,2	
	4	107,6	101,8	110,40	8,4	
TRAÇO B 5% DE PÓ DE SERRA	1	105,4	98,2	107,00	9,0	11,22
	2	103,3	96,0	104,80	9,2	
	3	44,1	41,8	45,80	9,6	
	4	104,5	97,5	110,00	12,8	
	5	110,4	102,4	115,80	13,1	
	6	114,8	105,0	119,40	13,7	
TRAÇO C 10% DE PÓ DE SERRA	1	106,5	97,9	109,40	11,7	13,17
	2	105,0	95,5	107,40	12,5	
	3	115,7	106,7	119,40	11,9	
	4	113,0	104,6	119,80	14,5	
	5	110,4	101,3	116,50	15,0	
	6	104,0	97,4	110,40	13,3	
TRAÇO D 15% DE PÓ DE SERRA	1	116,8	107,6	118,80	10,4	11,35
	2	106,9	96,2	107,40	11,6	
	3	109,4	98,4	110,20	12,0	

**ANEXOS – LAUDOS EMITIDOS PELA PRENSA PARA CADA TESTE
REALIZADO EM LABORATÓRIO.**



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP1 Traço de Referência

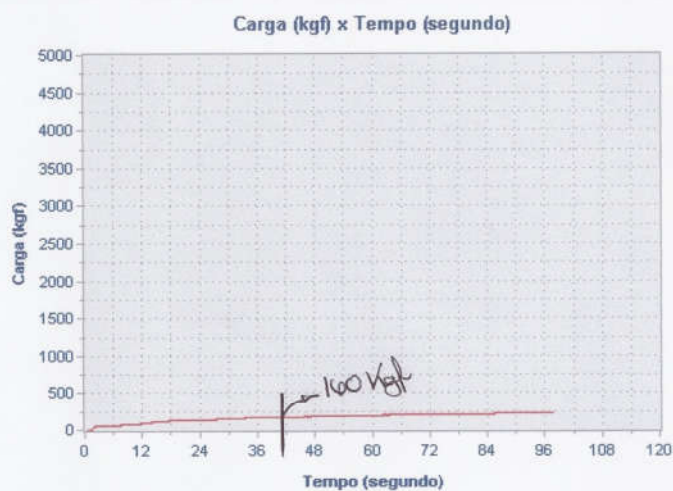
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 230
Tensão máxima (MPa): 1,8
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



quarta-feira, 31 de agosto de 2016

15:24:20



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP2 Traço de Referência

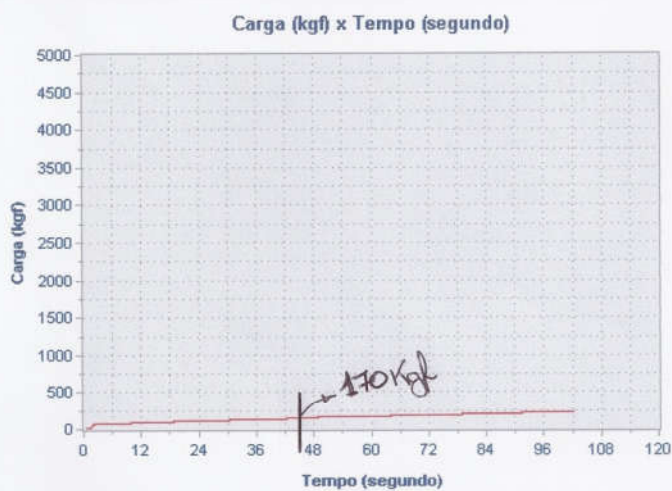
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 240
Tensão máxima (MPa): 1,9
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



quarta-feira, 31 de agosto de 2016

15:29:32



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP3 Traço de Referência

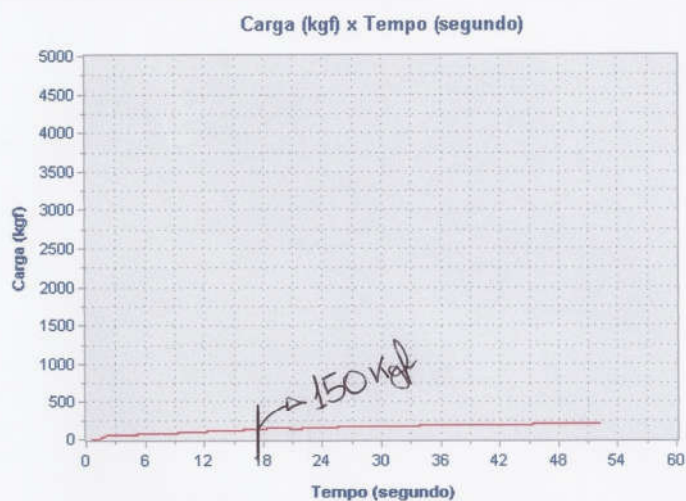
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 210
Tensão máxima (MPa): 1,6
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP4 Traço de Referência

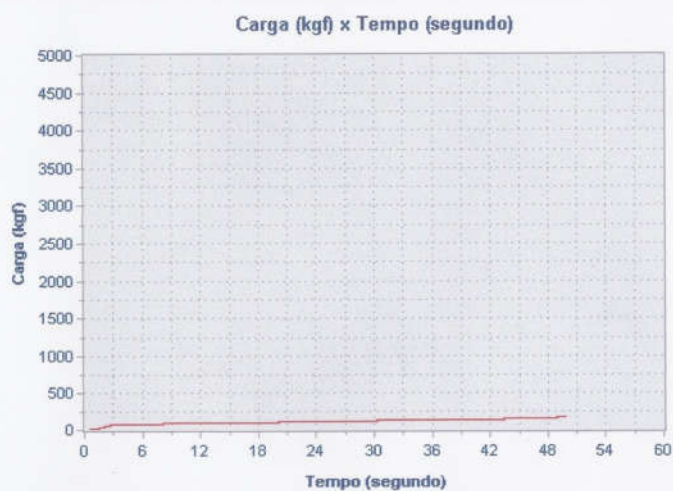
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 160
Tensão máxima (MPa): 1,2
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



quarta-feira, 31 de agosto de 2016

15:37:43



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP3 Traço de Referência

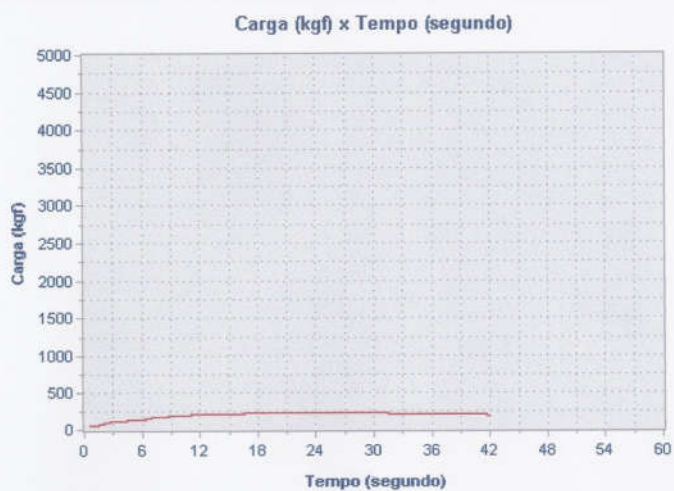
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 230
Tensão máxima (MPa): 1,8
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



quarta-feira, 31 de agosto de 2016

16:45:17



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP2 Traço de referência

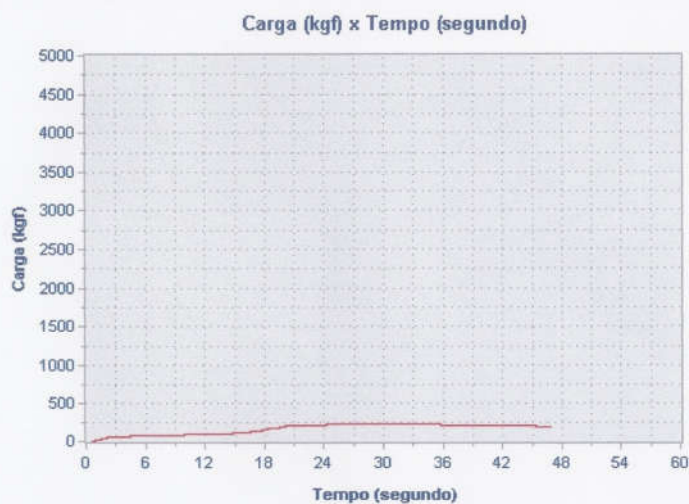
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 220
Tensão máxima (MPa): 1,7
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP1 Traço de Referência Comp.

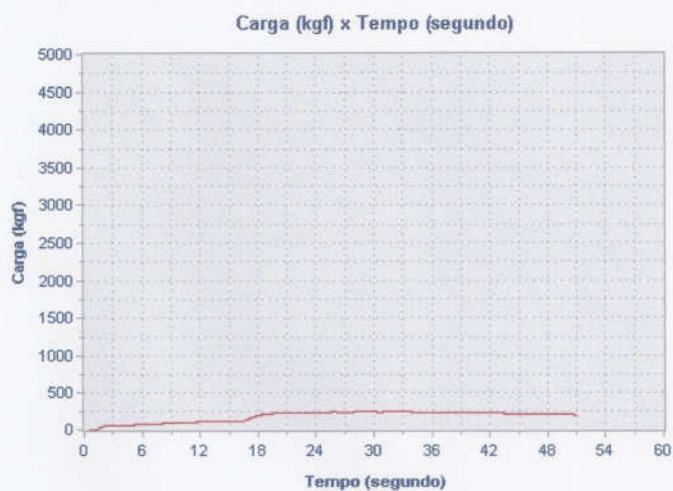
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 240
Tensão máxima (MPa): 1,9
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP4 Traço de Referência

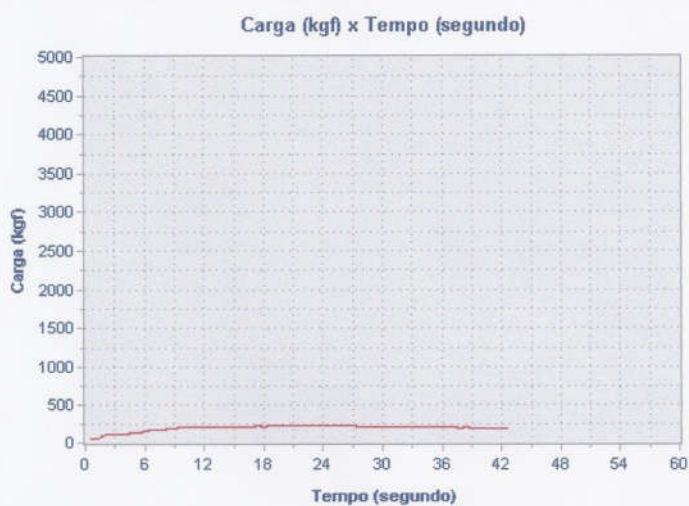
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 220
Tensão máxima (MPa): 1,7
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP3 Traço de Referência

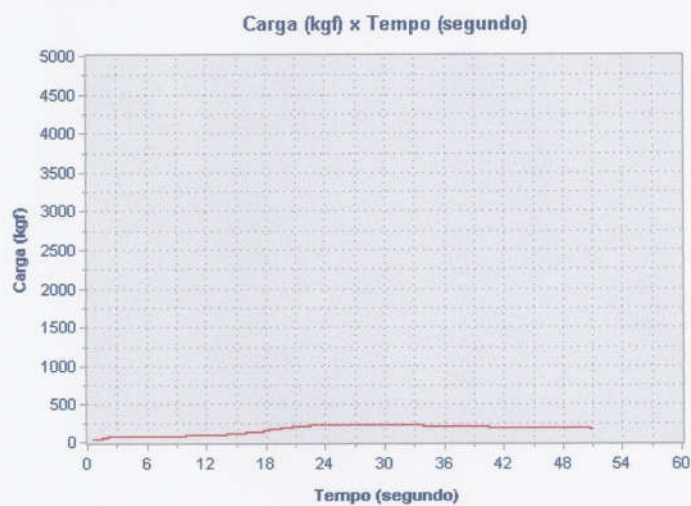
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 220
Tensão máxima (MPa): 1,7
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP2 Traço de Referência

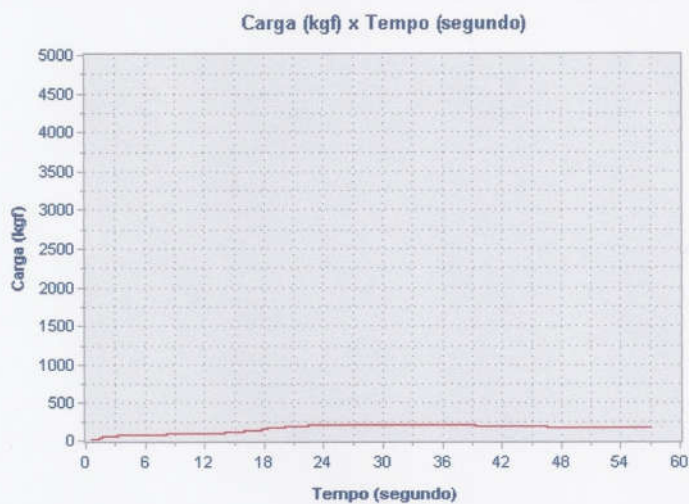
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 210
Tensão máxima (MPa): 1,6
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP1 Traço de Referência Comp.

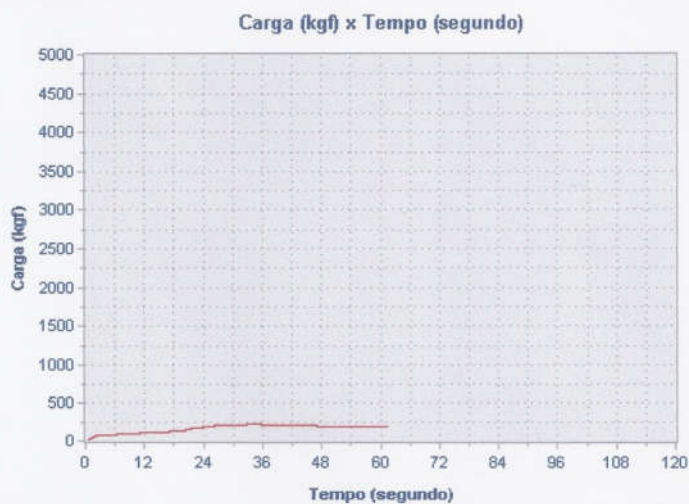
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 220
Tensão máxima (MPa): 1,7
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP1 Traço 5% (1)

Dados Cadastrais

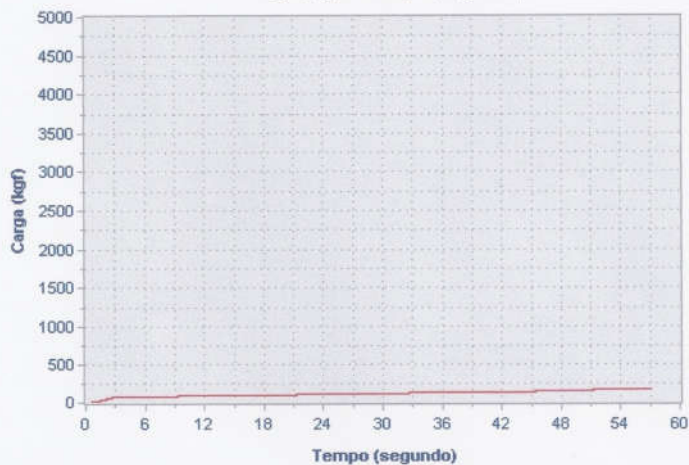
Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 160
Tensão máxima (MPa): 1,2
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado

Carga (kgf) x Tempo (segundo)





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP2 Traço 5% (1)

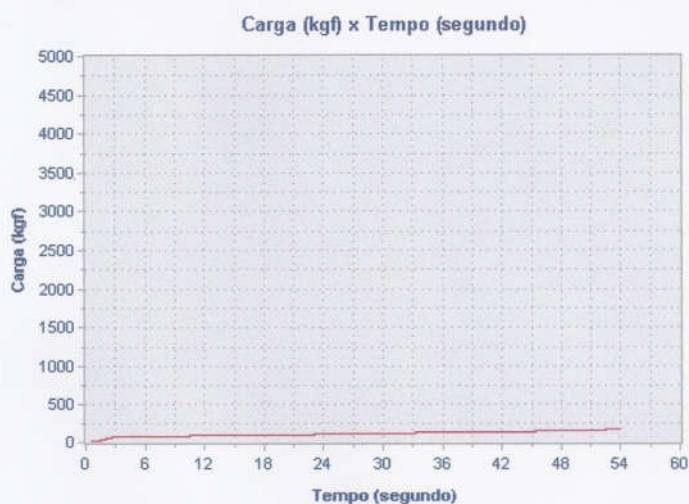
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 160
Tensão máxima (MPa): 1,2
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





T

NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP3 Teste 5% (1)

Dados Cadastrais

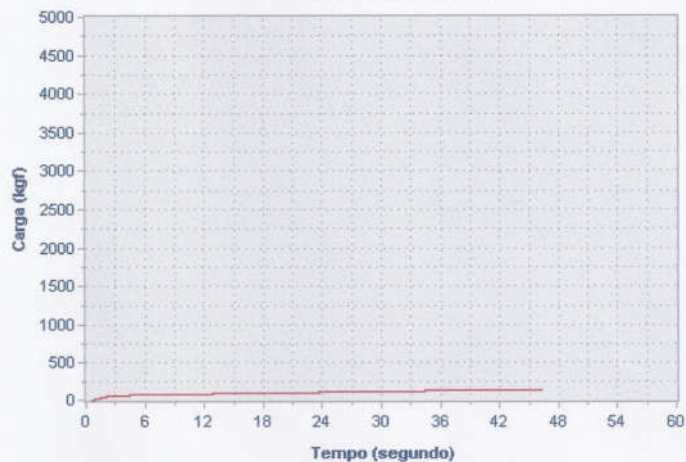
Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 150
Tensão máxima (MPa): 1,2
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado

Carga (kgf) x Tempo (segundo)



quarta-feira, 31 de agosto de 2016

15:47:36



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP3 Traço 5% (1)

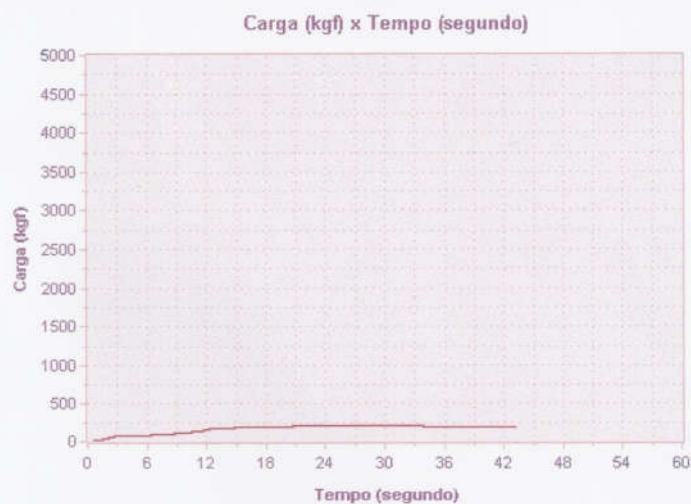
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 200
Tensão máxima (MPa): 1,6
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



quarta-feira, 31 de agosto de 2016

17:09:46



C

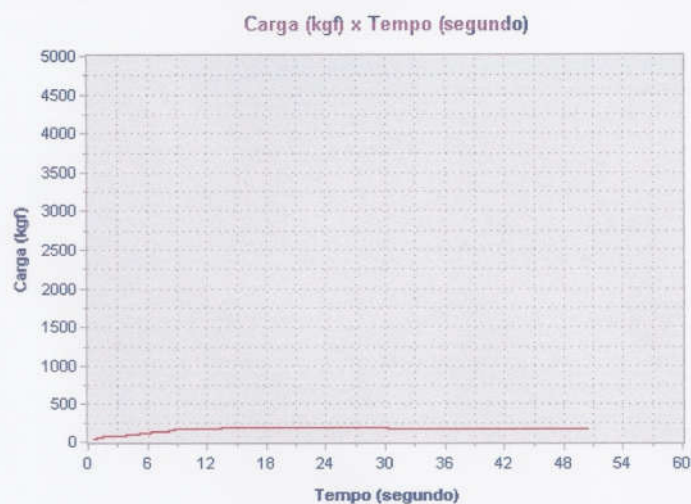
NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP3 Traço 5% (1)

Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 180
Tensão máxima (MPa): 1,4
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP2 Traço 5% (1)

Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 200
Tensão máxima (MPa): 1,6
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP2 Traço 5% (1)

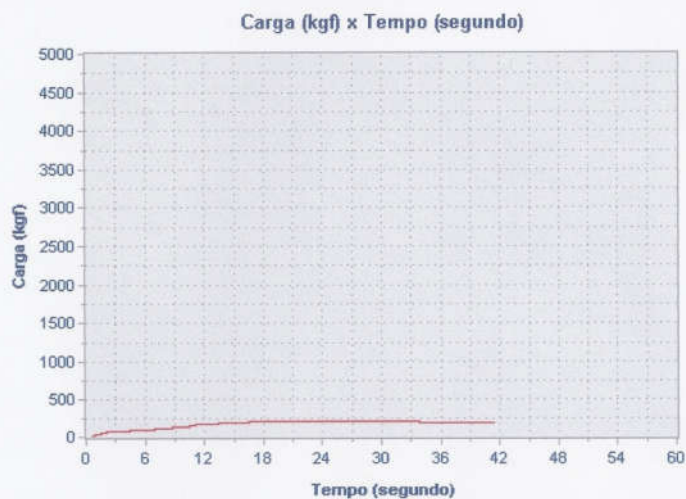
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 210
Tensão máxima (MPa): 1,6
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP1 Traço 5% (1)

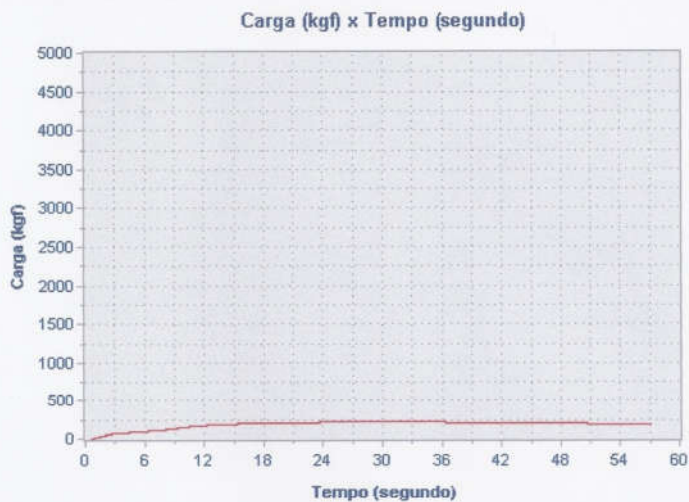
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 220
Tensão máxima (MPa): 1,7
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP1 Traço 5% (1)

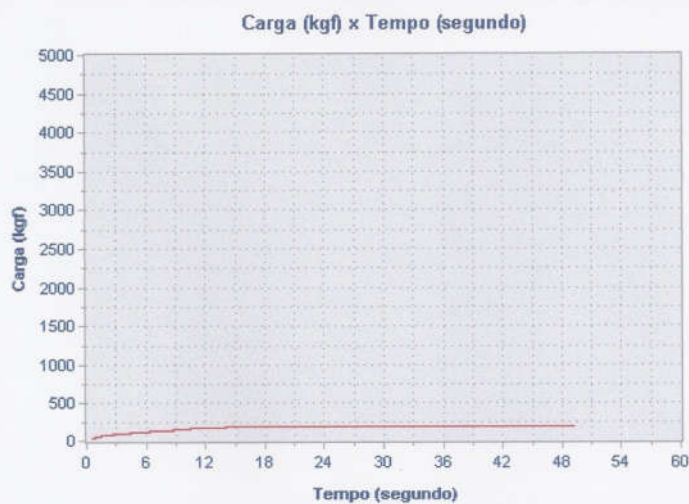
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 190
Tensão máxima (MPa): 1,5
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP1 Traço 5% (2)

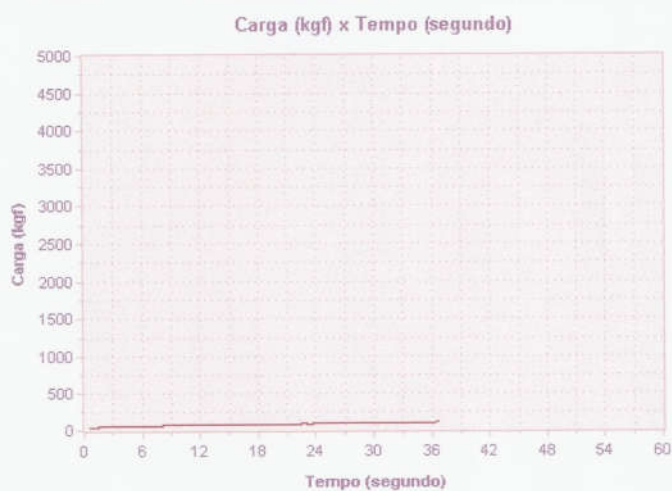
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 26/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 110
Tensão máxima (MPa): 0,9
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



sexta-feira, 2 de setembro de 2016

16:32:27



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado

Corpo de Prova - CP2 Traço 5% (2)

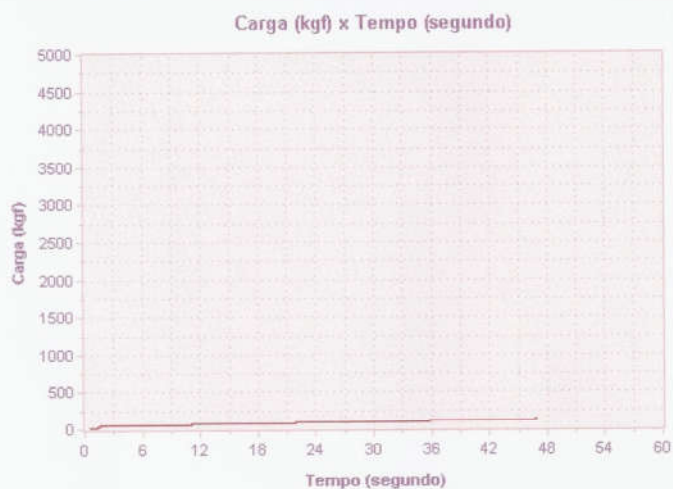
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 26/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 130
Tensão máxima (MPa): 1,0
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



sexta-feira, 2 de setembro de 2016

16:35:11



T

NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado

Corpo de Prova - CP3 Traço 5% (2)

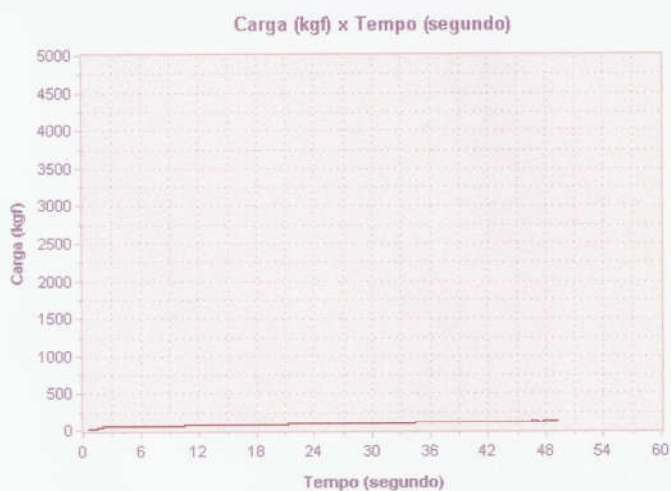
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 26/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 130
Tensão máxima (MPa): 1,0
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



sexta-feira, 2 de setembro de 2016

16:37:59



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP3 Traço 5% (2)

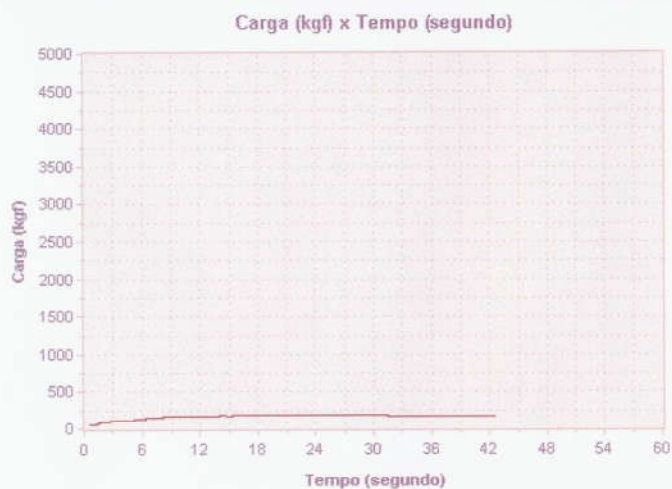
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 26/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 180
Tensão máxima (MPa): 1,4
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



sexta-feira, 2 de setembro de 2016

17:01:23



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP3 Traço 5% (2)

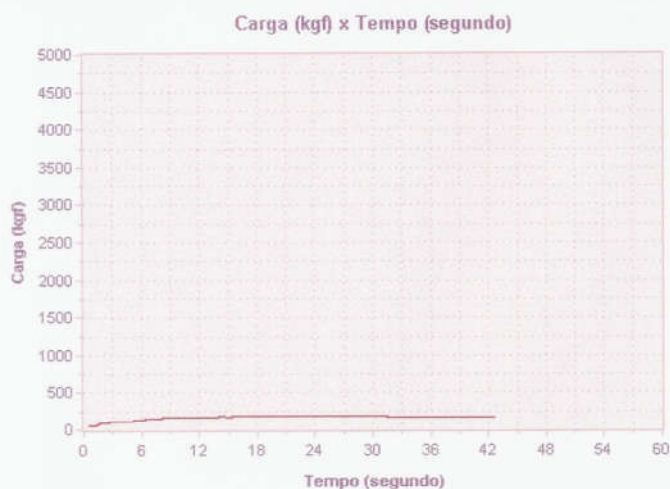
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 26/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 180
Tensão máxima (MPa): 1,4
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



sexta-feira, 2 de setembro de 2016

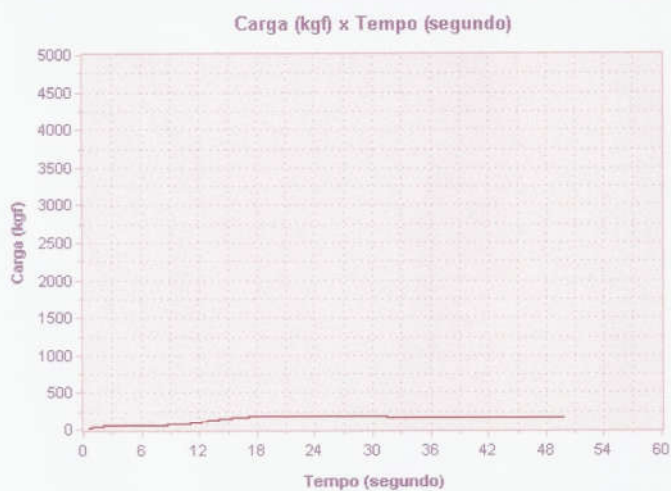
17:01:23

**NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado****Corpo de Prova - CP2 Traço 5% (2)****Dados Cadastrais**

Amostra:	Tcc Leonardo
Tipo de ensaio:	Compressão Axial
Cliente:	Leonardo
Responsável:	Wellington
Data de Moldagem:	26/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf):	180
Tensão máxima (MPa):	1,4
Tipo de Ruptura:	

Gráfico do ensaio realizado



C

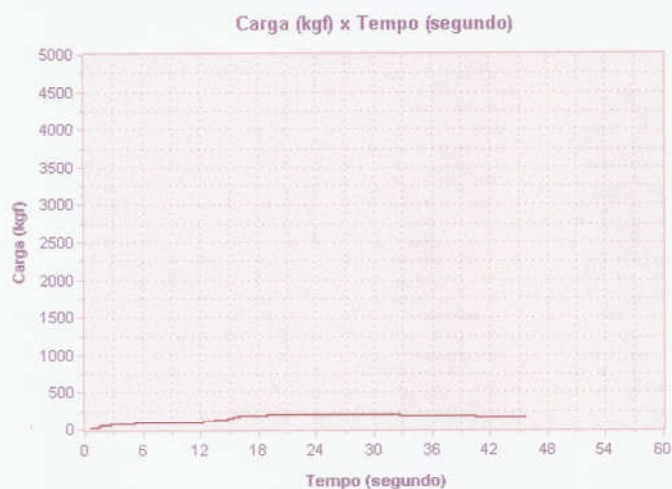
NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP2 Traço 5% (2)

Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 26/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 200
Tensão máxima (MPa): 1,6
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado

sexta-feira, 2 de setembro de 2016

16:55:01

Quilou antes - Desconsiderado



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP1 Traço 5% (2)

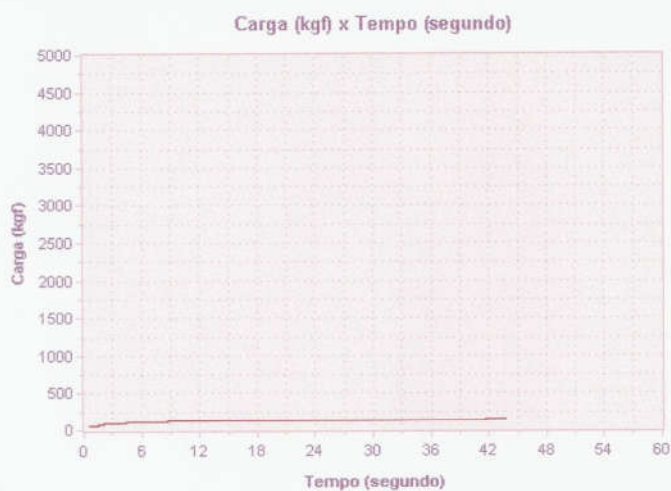
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 26/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 150
Tensão máxima (MPa): 1,2
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



sexta-feira, 2 de setembro de 2016

16:52:14



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP1 Traço 5% Comp (2)

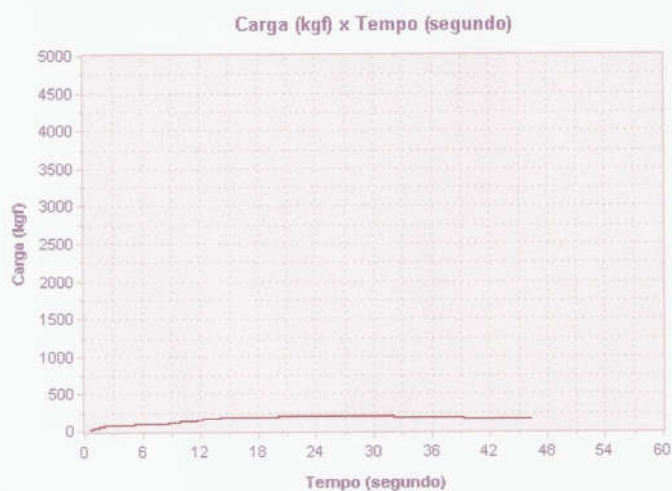
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 26/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 200
Tensão máxima (MPa): 1,6
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



sexta-feira, 2 de setembro de 2016

16:49:32



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP1 Traço 10% (1)

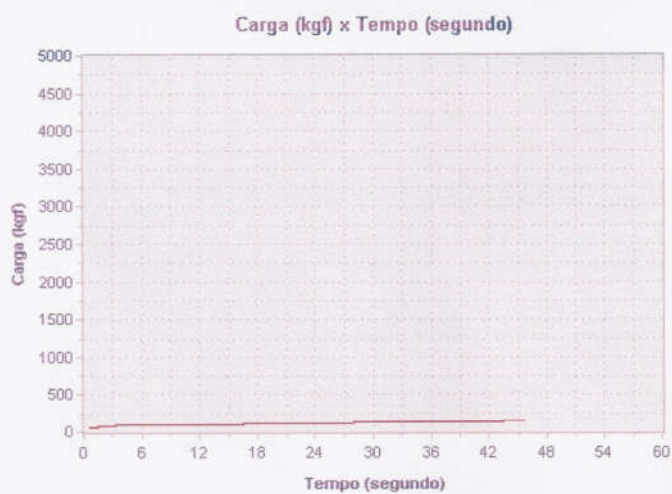
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 150
Tensão máxima (MPa): 1,2
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



quinta-feira, 1 de setembro de 2016

15:22:31



T

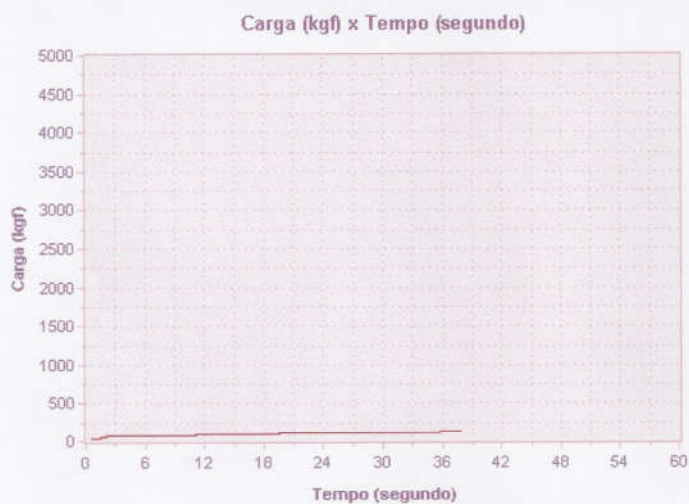
NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP2 Traço 10% (1)

Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 130
Tensão máxima (MPa): 1,0
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado

quinta-feira, 1 de setembro de 2016

15:24:50



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP3 Traço 10% Comp (1)

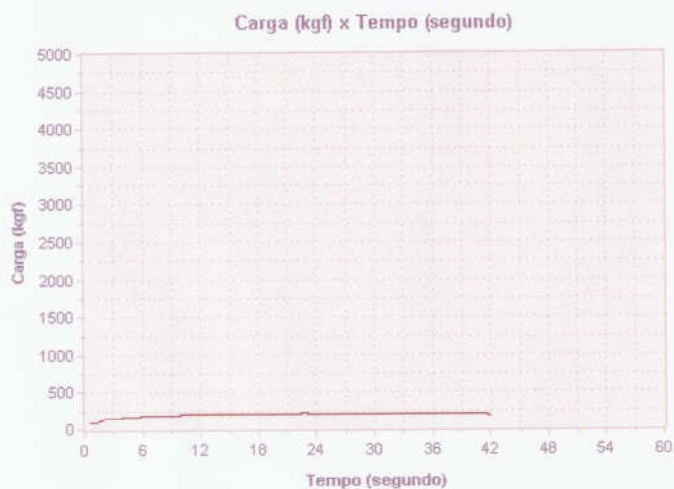
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 25/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 220
Tensão máxima (MPa): 1,7
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



quinta-feira, 1 de setembro de 2016

15:58:16



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 3 Traço 10 % Comp (1)

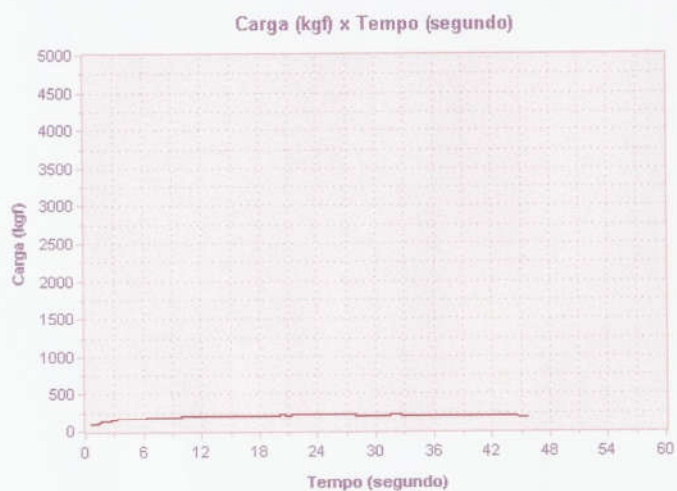
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 25/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 220
Tensão máxima (MPa): 1,7
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



quinta-feira, 1 de setembro de 2016

15:55:40



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado

Corpo de Prova - CP2 Traço 10 % Comp (4)

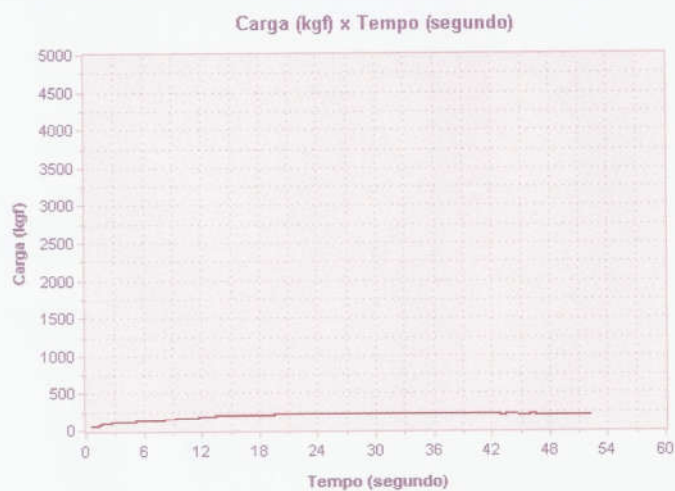
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 25/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 230
Tensão máxima (MPa): 1,8
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



quinta-feira, 1 de setembro de 2016

15:52:06



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado

Corpo de Prova - CP2 Traço 10% Comp (1)

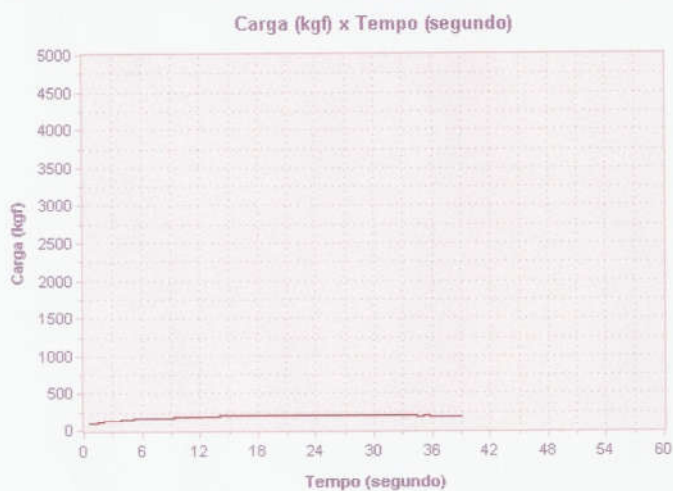
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 25/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 200
Tensão máxima (MPa): 1,6
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



quinta-feira, 1 de setembro de 2016

15:49:41



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP1 Traço 10 % Comp (1)

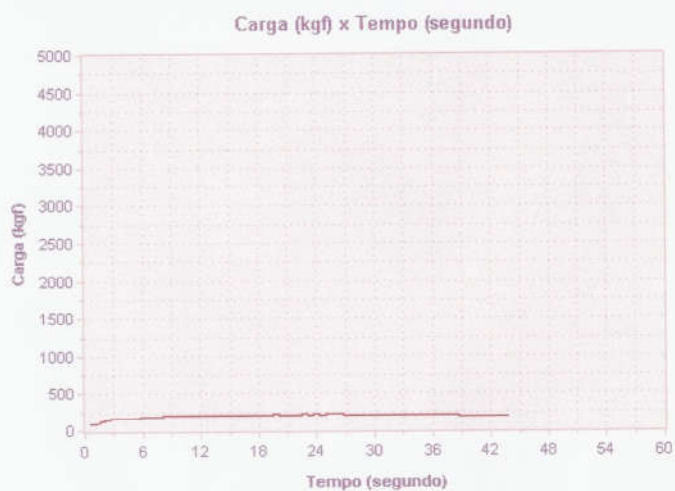
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 25/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 220
Tensão máxima (MPa): 1,7
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



quinta-feira, 1 de setembro de 2016

15:47:21



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP1 Traço 10% Comp (1)

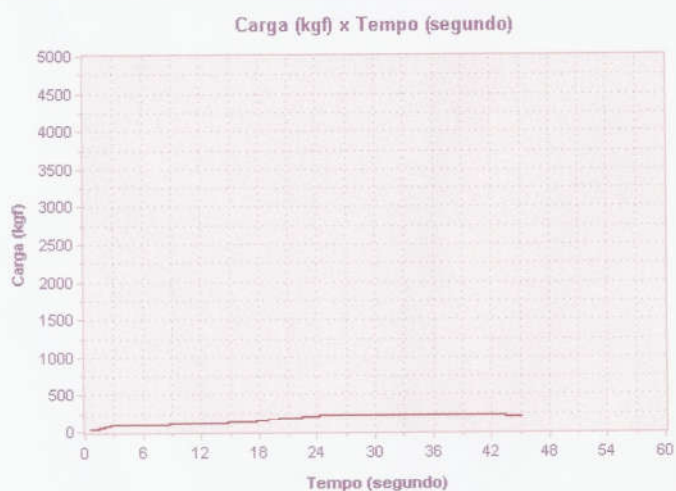
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 230
Tensão máxima (MPa): 1,8
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



quinta-feira, 1 de setembro de 2016

15:39:09



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP1 Traço 10% (2)

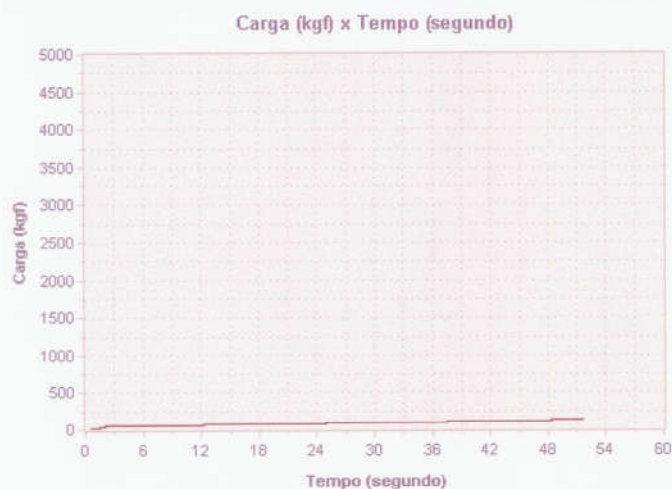
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 26/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 130
Tensão máxima (MPa): 1,0
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



sexta-feira, 2 de setembro de 2016

15:40:21



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP2 Traço 10% (2)

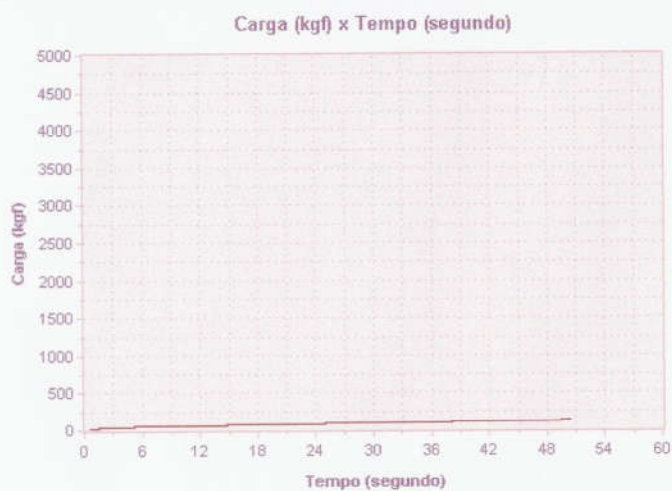
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 26/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 130
Tensão máxima (MPa): 1,0
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



sexta-feira, 2 de setembro de 2016

16:42:32



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP3 Traço 10% (2)

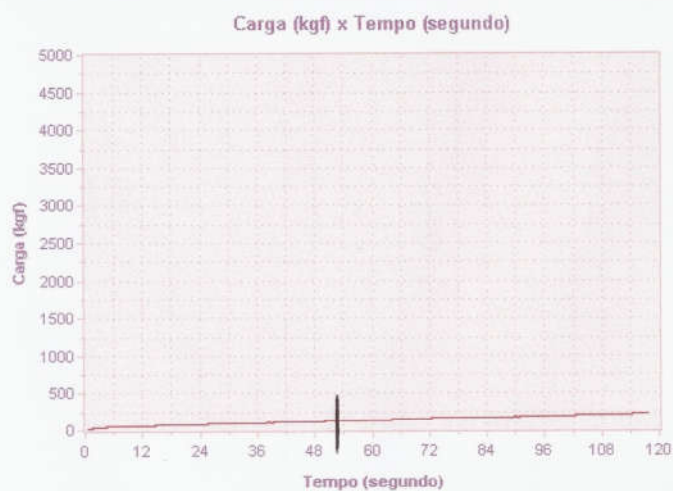
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 26/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 220
Tensão máxima (MPa): 1,7
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



sexta-feira, 2 de setembro de 2016

16:46:21



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado

Corpo de Prova - CP3 Traço 10% Comp (12)

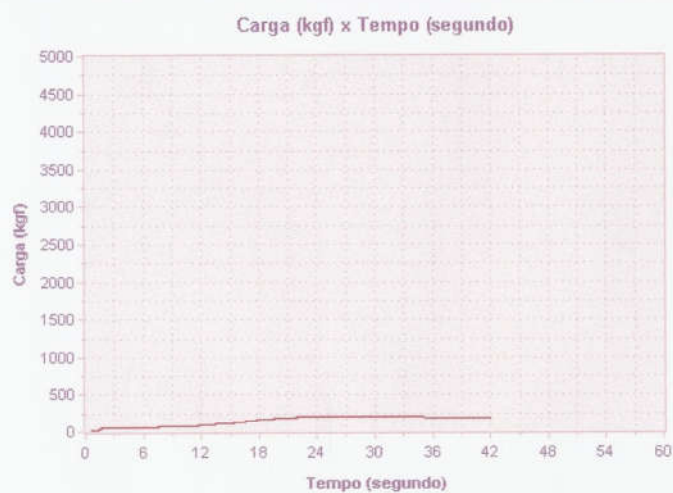
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 26/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 200
Tensão máxima (MPa): 1,6
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



sexta-feira, 2 de setembro de 2016

17:20:20



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP3 Traço 10% Comp (2)

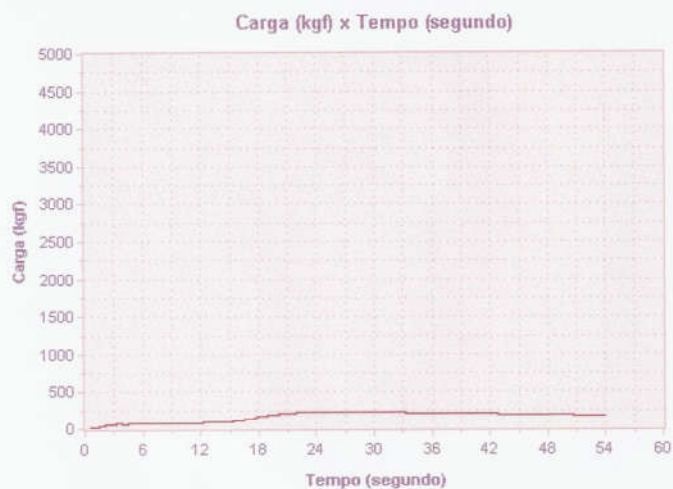
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 26/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 220
Tensão máxima (MPa): 1,7
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP2 Traço 10% Comp (2)

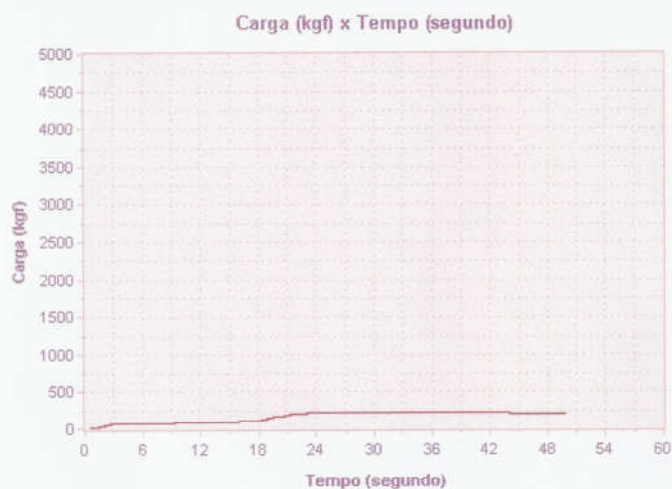
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 26/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 230
Tensão máxima (MPa): 1,8
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



sexta-feira, 2 de setembro de 2016

17:15:52



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP2 Traço 10% Comp (2)

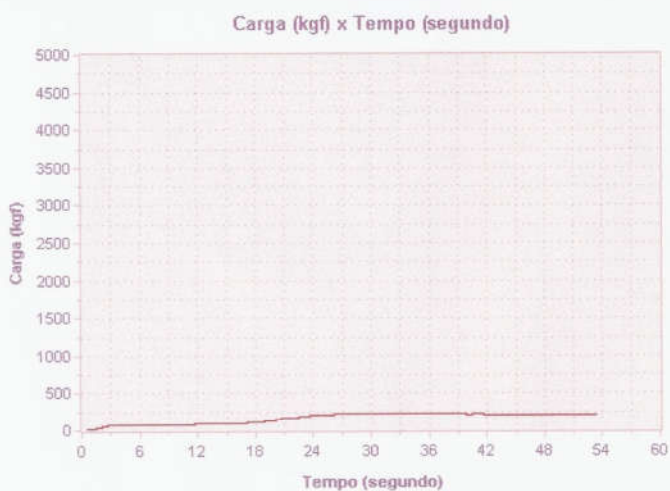
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 26/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 220
Tensão máxima (MPa): 1,7
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



sexta-feira, 2 de setembro de 2016

17:12:25



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado

Corpo de Prova - CP1 Traço 10% Comp (2)

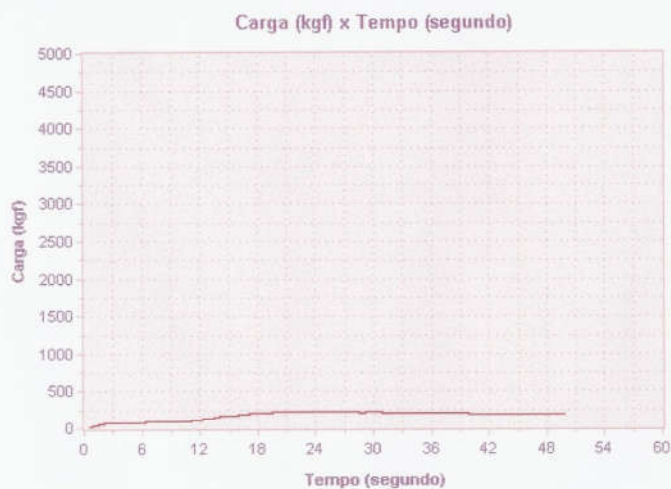
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 26/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 220
Tensão máxima (MPa): 1,7
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



sexta-feira, 2 de setembro de 2016

17:10:04



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP1 Traço 10% (2)

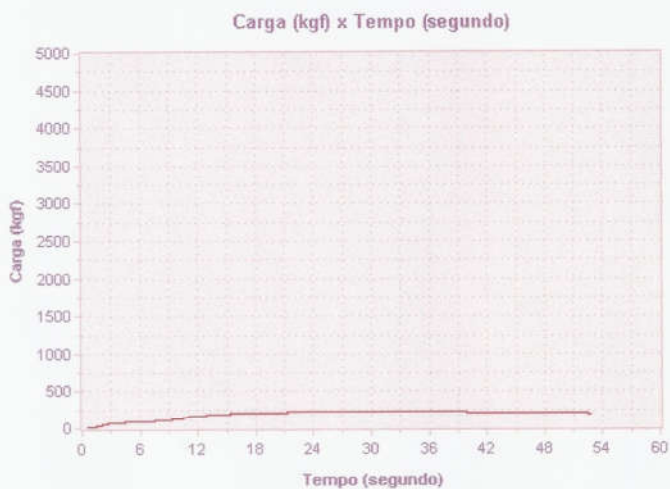
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 26/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 220
Tensão máxima (MPa): 1,7
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



sexta-feira, 2 de setembro de 2016

17:07:19



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP1 Traço 15%

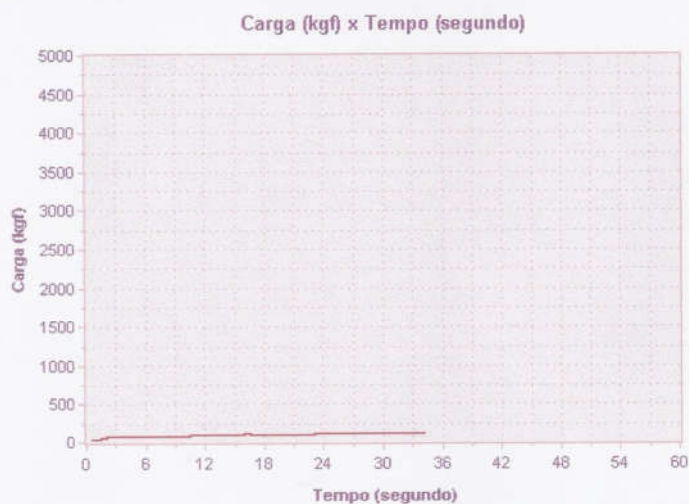
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 120
Tensão máxima (MPa): 0,9
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



quinta-feira, 1 de setembro de 2016

15:29:04



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP2 Traço 15%

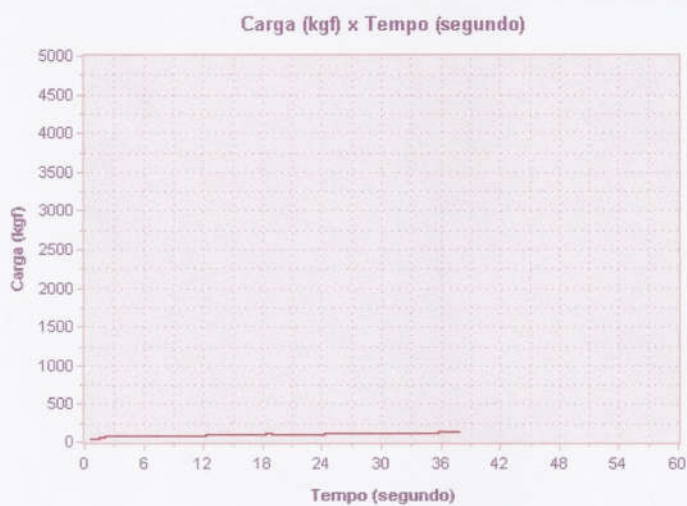
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 130
Tensão máxima (MPa): 1,0
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



quinta-feira, 1 de setembro de 2016

15:32:04



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP3 Traço 15%

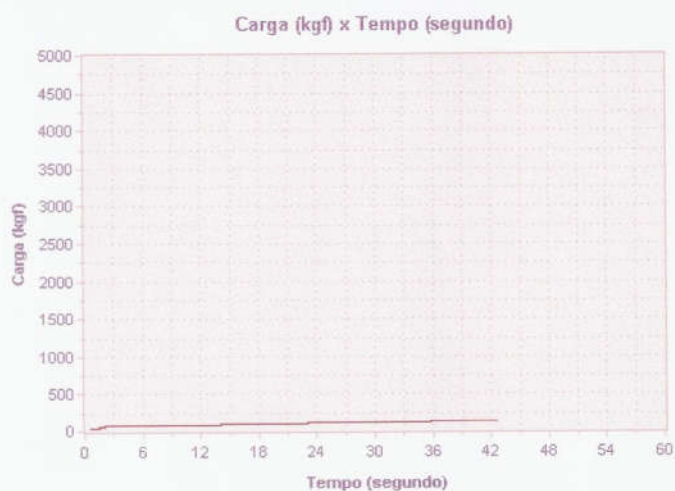
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 24/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 140
Tensão máxima (MPa): 1,1
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



quinta-feira, 1 de setembro de 2016

15:34:50



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 3 Traço 15% Comp

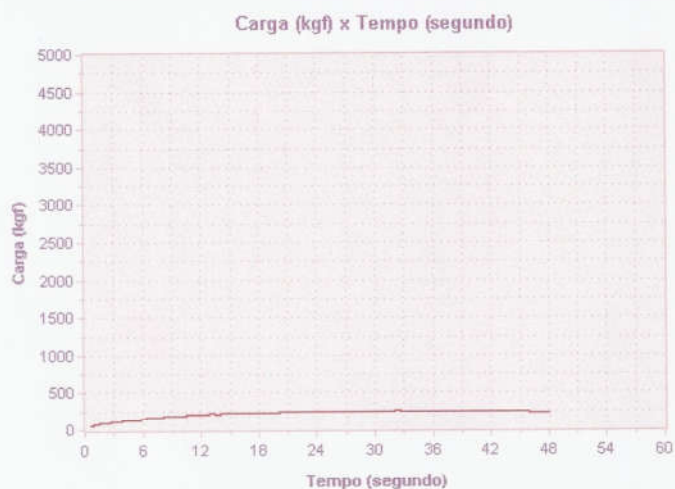
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 25/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 260
Tensão máxima (MPa): 2,0
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



quinta-feira, 1 de setembro de 2016

16:19:30



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP3 Traço 15 % Comp

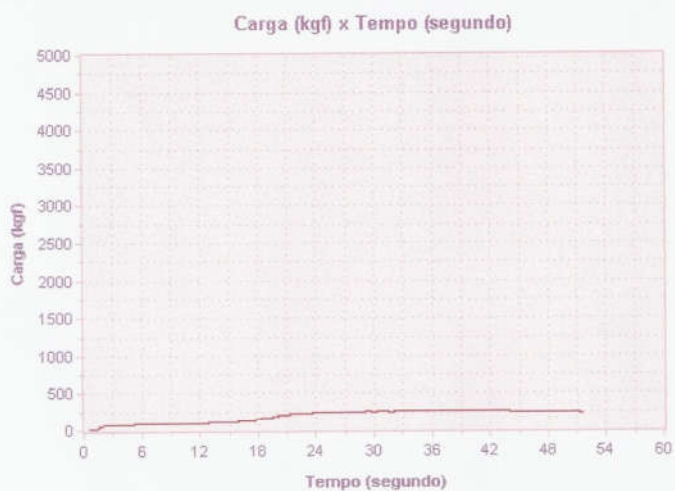
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 25/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 270
Tensão máxima (MPa): 2,1
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



quinta-feira, 1 de setembro de 2016

16:16:05



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP2 Traço 15 % Comp

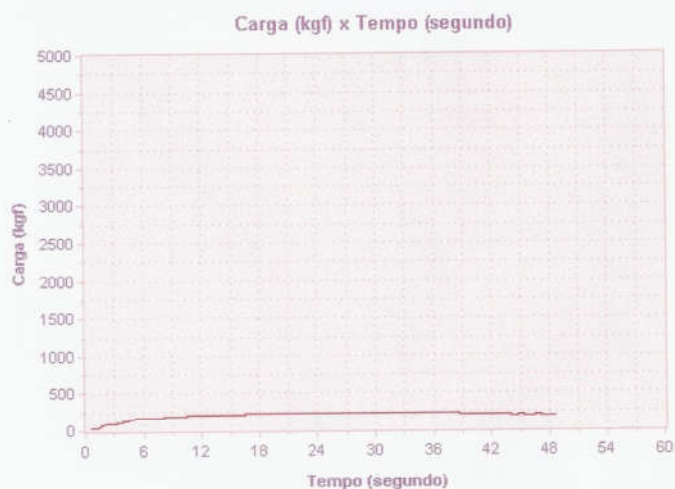
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 25/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 230
Tensão máxima (MPa): 1,8
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



quinta-feira, 1 de setembro de 2016

16:13:10



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP2 Traço 15 % Comp

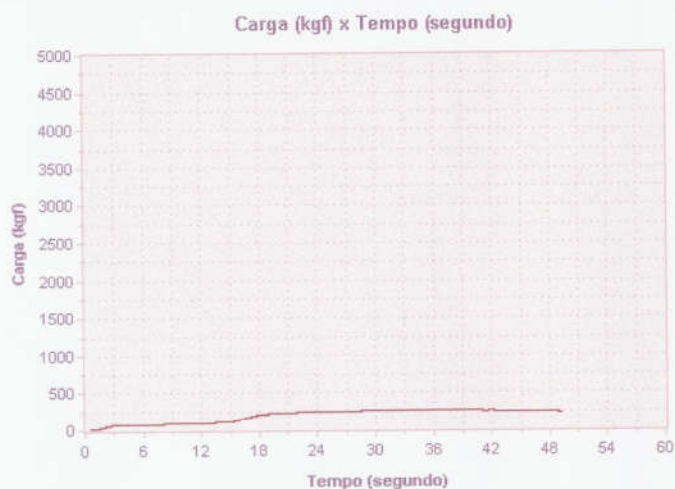
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 25/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 260
Tensão máxima (MPa): 2,0
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



quinta-feira, 1 de setembro de 2016

16:10:38



C

NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP1 Traço 15 % Comp

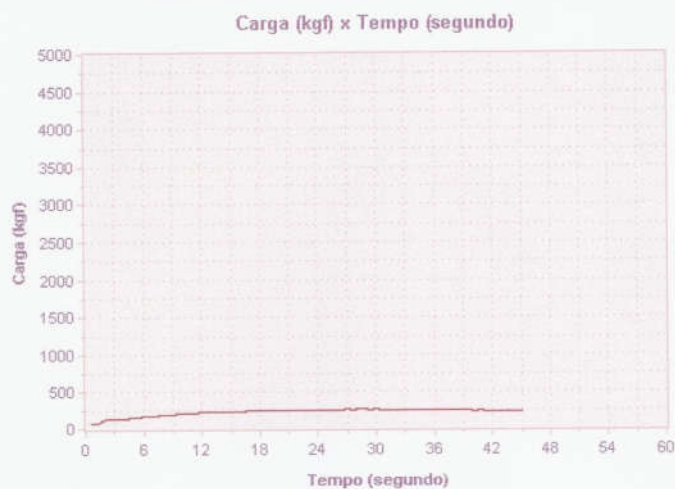
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 25/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 260
Tensão máxima (MPa): 2,0
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



quinta-feira, 1 de setembro de 2016

16:04:05



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP1 Traço 15% Comp

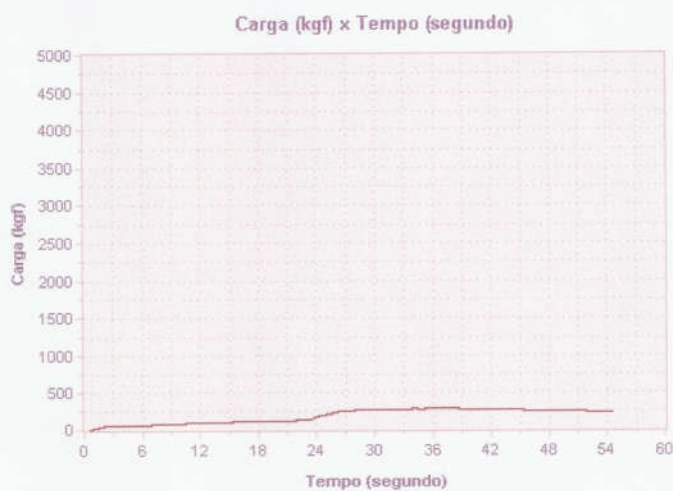
Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Leonardo
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Leonardo
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 25/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 280
Tensão máxima (MPa): 2,2
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



quinta-feira, 1 de setembro de 2016

16:01:42