

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
ADRIELLI DE MOURA SILVA
LUANA VIANNI DE MIRANDA

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DO CONCRETO COM A ADIÇÃO DE CINZAS
DE BAMBU**

CASCATEL – PR
2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

ADRIELLI DE MOURA SILVA

LUANA VIANNI DE MIRANDA

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DO CONCRETO COM A ADIÇÃO DE CINZAS
DE BAMBU**

Trabalho apresentado na 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.

**Professora Orientadora: Mestre, Engenheira Civil
Maria Vania Nogueira do Nascimento Peres.**

CASCADEL – PR

2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

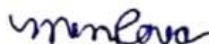
ADRIELLI DE MOURA SILVA

LUANA VIANNI DE MIRANDA

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE CINZA DE
BAMBU**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação da Professora **Mestre/Engenheira Civil MARIA VÂNIA NOGUEIRA DO NASCIMENTO PERES**.

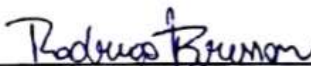
BANCA EXAMINADORA



Orientadora Prof^a **Mestre MARIA VÂNIA NOGUEIRA DO NASCIMENTO PERES**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheira Civil



Professora **Mestre DÉBORA FELTEN**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheira Civil



Professor **Mestre RODRIGO TECHIO BRESSAN**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Civil

Cascavel, 29 de novembro de 2018.

DEDICATÓRIA

Dedicamos esse trabalho primeiramente a Deus por essa conquista, a nossa orientadora, os professores, familiares, amigos e a João A. da Silva (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Queremos agradecer primeiramente a Deus por nos dar vida, saúde, força e coragem para chegarmos até aqui.

Aos nossos pais, familiares, namorado e noivo pela dedicação, ajuda e incentivo em todos os momentos.

Aos nossos amigos em especial a Samara e Sidiclei, que estiveram presentes nessa caminhada, com quem dividimos nossa vida acadêmica, amizade que levaremos para a vida inteira.

A nossa professora e orientadora, Mestre Engenheira Civil Maria Vânia Nogueira do Nascimento Peres, que nos auxiliou em todos os momentos de dúvida, pela paciência, dedicação e carinho.

Aos demais professores que fizeram parte desta trajetória, que nos transmitiram conhecimento e nos incentivaram.

Agradecemos também aos funcionários do laboratório de Engenharia Civil, que nos auxiliaram durante os ensaios, pela atenção e amizade criada.

EPÍGRAFE

“Não diga que a vitória está perdida,
se é de batalhas que se vive a vida.”

Raul Seixas

RESUMO

A construção civil está crescendo a cada dia, acompanhando a economia local, e o principal material utilizado, no método convencional, é o Cimento Portland. Pesquisas apontam que o método de produção desse material é extremamente poluente, sendo que a proporção de CO₂ liberados na atmosfera em relação à produção é de quase 1:1. Em contrapartida já existem métodos de redução desse aglomerante hidráulico no traço do concreto, utilizando fillers, pozolanas e aditivos. O bambu já começou a ser utilizado como forma de energia em algumas indústrias, por apresentar energia calorífica elevada e seu crescimento na natureza é relativamente rápido, porém as escórias produzidas ainda não tem destinação correta. O intuito desse trabalho foi a produção de um material ecologicamente correto, verificando o comportamento do concreto ao introduzir esse elemento natural como substituição parcial do cimento nas proporções de 5, 10 e 15%. Por meio desta pesquisa pode-se verificar que a cinza de bambu possui características que reagem com o cimento, dessa forma, é classificada como pozolana, porém junto ao concreto a resistência à tração, compressão e módulo ficaram inferiores ao concreto convencional.

Palavras-chave: Concreto convencional, cimento Portland, utilidades do bambu, atividade pozolânica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Bambu Guadua SP.....	26
Figura 2: Armadura de Bambu.....	26
Figura 3: Processo de queima do bambu.	30
Figura 4: Passo a passo quarteamento.	36
Figura 5: Conjunto de peneiras no agitador de peneiras.....	44
Figura 6: Ensaio de abatimento de tronco cônico.	52
Figura 7: Misturador Mecânico - Argamassadeira.....	54
Figura 8: Corpos de prova de argamassa com sua superfície coberta por vidro.	55
Figura 9: Ensaio de Compressão Axial.....	56
Figura 10: Ensaio de Tração Por Compressão Diametral.	57
Figura 11: Compressometro de bases independentes.	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tipos de cimentos.....	21
Tabela 2: Classificação dos agregados.	22
Tabela 3: Espécies de bambu e seus campos de utilização.....	25
Tabela 4: Exigências físicas e mecânicas.....	32
Tabela 5: Relatório da composição química do Cimento CPV-ARI CAUÊ.	32
Tabela 6: Propriedades físico-químicas do Cimento CPV-ARI CAUÊ.	33
Tabela 7: Série de peneiras normal e intermediária.....	34
Tabela 8: Quantidade de material para ensaio de granulometria.	35
Tabela 9: Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo.	36
Tabela 10: Caracterização agregado miúdo – massa retida.	37
Tabela 11: Caracterização agregado miúdo - porcentagem de massa retida.	38
Tabela 12: Valores obtidos com o ensaio de massa específica.	40
Tabela 13: Valores obtidos com o ensaio de grau de umidade.	41
Tabela 14: Quantidade de material para ensaio de granulometria.....	42
Tabela 15: Peneiras - agregado graúdo.....	43
Tabela 16: Limites da distribuição granulométrica do agregado graúdo.....	45
Tabela 17: Caracterização agregado graúdo – massa retida.	46
Tabela 18: Caracterização agregado graúdo - porcentagem de massa retida.....	47
Tabela 19: Quantidade de material necessário para o ensaio de massa específica - agregado graúdo.....	48
Tabela 20: Massa específica – agregado graúdo.	49
Tabela 21: Consumo de materiais (kg/m ³).	50
Tabela 22: Quantidade moldes ensaio de pozolanicidade.....	50
Tabela 23: Quantidade moldes ensaios do concreto.....	51
Tabela 24: Quantidade de material, para moldagem dos corpos de prova (g).	53
Tabela 25: Resultados do ensaio de abatimento de tronco cônico.	60
Tabela 26: Resultados do ensaio de pozolanicidade.....	61
Tabela 27: Exigências físicas.	62
Tabela 28: Resultados ensaio compressão axial.....	63
Tabela 29: Resultados de resistência a compressão utilizados para comparação.	64
Tabela 30: Resultados ensaio de tração por compressão diametral.....	66
Tabela 31: Resultados ensaio de módulo de elasticidade.	67
Tabela 32: Resultados de módulo de elasticidade utilizados para comparação.	68

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Consumo anual de cimento - PR.....	20
Gráfico 2: Consumo anual de cimento - Brasil	20
Gráfico 3: Curva granulométrica agregado miúdo.	38
Gráfico 4: Curva granulométrica agregado graúdo.	47
Gráfico 5: Média - ensaio de pozolanicidade.	61
Gráfico 6: Médias de ensaio de compressão axial.	63
Gráfico 7: Nova média do ensaio de compressão axial.	65
Gráfico 8: Médias ensaio de tração compressão diametral.	66
Gráfico 9: Médias ensaio de módulo de elasticidade.	68
Gráfico 10: Nova média ensaio de módulo de elasticidade.	69

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Massa específica agregado miúdo.	40
Equação 2: Volume de água adicionado ao frasco.	40
Equação 3: Umidade	41
Equação 4: Massa específica aparente.	49
Equação 5: Índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias.	55
Equação 6: Módulo de Elasticidade através do Método A.	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

% - Percentual

μm – Micrometro

°C – Grau Celsius

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

A/C – Relação água/cimento

CB – Cinzas do bambu

CBC – Cinzas do Bagaço da Cana-de-açúcar

CCCV – Cinzas da Casca do Coco Verde

cm – Centímetros

CO₂ – Dióxido de carbono

C-S-H – Silicato de cálcio hidratado

Kcal/kg – Quilocalorias por quilograma

Kg – Quilograma

KgCO₂/m³ – Quilograma de dióxido de carbono por metro cubico

KN – Quilo Newton

m³ – Metros cúbicos

MB – Normas de método de ensaio

mm – Milímetros

MPa – Megapascal

N – Newton

NBR – Norma Brasileira

NM – Norma Mercosul

s – Segundos

SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento

T/ha – Tonelada/hectares

NTP – Norma de procedimento técnico

SUMÁRIO

1 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	15
1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	16
1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE	16
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	17
2 CAPÍTULO 2	18
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1.1 Concreto	18
2.1.1.1 Cimento	19
2.1.1.1.1 Tipos de Cimento	20
2.1.1.2 Agregados	21
2.1.1.3 Água de Amassamento	23
2.1.1.4 Aditivos	23
2.1.1.4.1 Pozolanas	23
2.1.2 Bambu	24
2.1.3 Concreto com adição de cinzas naturais.....	27
2.1.3.1 Influência da adição de cinzas nas propriedades físicas do concreto.....	27
2.1.3.2 Influência da adição de cinzas nas propriedades mecânicas do concreto	27
3 CAPÍTULO 3	29
3.1 METODOLOGIA	29
3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa.....	29
3.1.2 Preparação dos materiais naturais e produção das cinzas.	29
3.1.2.1 Processo de secagem.	29
3.1.2.2 Processo de queima do material.....	30
3.1.2.2.1 Processo de peneiramento do material	31
3.1.3 Caracterização dos agregados e aglomerantes.....	31
3.1.3.1 Cimento Portland	31
3.1.3.2 Agregado miúdo.....	33
3.1.3.2.1 Granulometria	33

3.1.3.2.2 Massa específica.....	39
3.1.3.2.3 Grau de umidade	41
3.1.3.3 Agregado graúdo.....	42
3.1.3.3.1 Granulometria	42
3.1.3.3.2 Massa específica.....	48
3.1.3.4 Água de amassamento	49
3.1.4 Traço do concreto.....	49
3.1.5 Moldagem e cura dos corpos de prova	50
3.1.6 Ensaios.....	51
3.1.6.1 Ensaio de abatimento de tronco cônico.	52
3.1.6.2 Índice de pozolanicidade	53
3.1.6.3 Compressão axial	56
3.1.6.4 Tração por compressão diametral	57
3.1.6.5 Módulo de elasticidade.....	58
3.1.7 Análise dos dados.....	59
4 CAPÍTULO 4	60
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES	60
4.1.1 Análise das propriedades do concreto fresco.....	60
4.1.2 Índice de atividade pozolânica.....	61
4.1.2.1 Cálculo.....	62
4.1.3 Compressão axial	63
4.1.4 Tração por compressão diametral	65
4.1.5 Módulo de Elasticidade	67
5 CAPÍTULO 5	70
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
6 CAPÍTULO 6	72
6.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	72
REFERÊNCIAS	73
7 ANEXO A – FICHA INFORMATIVA DO FABRICANTE	77
8 ANEXO B – LAUDOS ÍNDICE DE ATIVIDADE POZOLÂNICA.	79
9 ANEXO C – LAUDOS ENSAIO DE COMPRESSÃO AXIAL	103
10 ANEXO D – LAUDOS ENSAIOS DE TRAÇÃO.....	126
11 APÊNDICE A – PLANILHAS DE CÁLCULO DE MÓDULO DE ELASTICIDADE	150

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

A temperatura no planeta Terra vem subindo devido à alta concentração de gases poluentes liberados por atividades rotineiras. A situação ficou preocupante a partir da Revolução Industrial, a qual provocou grande avanço tecnológico e, conseqüentemente, maior queima de combustíveis fósseis no processo, formando diversos gases poluentes. O gás dióxido de carbono (CO_2), formado a partir da queima de material orgânico, é um dos responsáveis pela deterioração da camada de ozônio e, portanto, um dos responsáveis pelo efeito estufa (XAVIER, 2004).

Hodiernamente, o concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil, formado por uma mistura heterogênea de agregados graúdos e miúdos, cimento e água. O cimento Portland possui finalidades aglomerantes e ligantes no composto acima, sua elaboração é realizada a partir de um complexo processo de queima e maceração do clínquer juntamente com o gesso, liberando grande concentração de dióxido de carbono em meio ao processo. Estima-se que para a produção de cada tonelada de cimento Portland, produz-se, aproximadamente, 800 kg de CO_2 (PAULA, 2009).

Em nível nacional, o concreto é visto como o material mais vantajoso para a solução de problemas de construção, utilizando aglomerantes e agregados convencionais. Porém, a resposta mais viável, ambientalmente e economicamente, é a utilização de um concreto sustentável composto por cimento Portland e adições pozolânicas/cinzas orgânicas. Além das vantagens acima citadas, há mudanças nas propriedades técnicas do material, possibilitando redução da segregação e da fissuração, conjuntamente com a melhoria da trabalhabilidade do composto (KAWABATA, 2008).

Segundo Arruda e Quirino (2008), sobre a caracterização energética do bambu, a qual aponta a possível substituição das madeiras por bambu na produção de energia para as indústrias, expõe a descoberta de um potencial calorífico de cerca de 4430,21 kcal/kg, resultado semelhante a madeira de Eucaliptos. Estas descobertas mostram que esse processo poderá, futuramente, produzir grandes quantidades de cinzas, levando em consideração a abundância deste material em nosso meio, mas esta possível produção ainda não possui um planejamento para seu descarte adequado.

Com base no exposto, os grandes motivadores para a realização deste trabalho foram a produção de concretos mais econômicos e o auxílio na solução de um grande problema ecológico, que é a redução dos resíduos naturais, além de identificar o desempenho desses materiais como adição em concretos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar as propriedades físicas e mecânicas do concreto, com a substituição parcial do cimento por cinza natural de bambu nas proporções de 5, 10 e 15%.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o índice de pozolanicidade da cinza;
- Determinar a resistência à compressão do concreto com cinza;
- Determinar a resistência à tração do concreto com cinza;
- Identificar o módulo de elasticidade do concreto com cinza;
- Comparar o concreto com adição de cinzas nas proporções determinadas com o concreto convencional.

1.3 JUSTIFICATIVA

Autores como Paula (2009) e Kawabata (2008) apontam que o principal material para a produção do concreto é o cimento. Devido ao desenvolvimento nacional e mundial, o método construtivo convencional está sofrendo grande aumento. Consequentemente, para suprir essa demanda, as indústrias de aglomerantes produzem a cada ano uma grande quantidade de cimento Portland.

A indústria da construção civil é uma das mais receptivas para incorporações de novos materiais orgânicos. No traço do concreto, por exemplo, é possível utilizar aditivos, *fillers*, materiais pozzolânicos, entre outros elementos, com o intuito de melhorar as características da mistura heterogênea. Devido à incorporação de novas substâncias é possível, em alguns casos, reduzir a utilização de cimento no concreto, tornando o sistema economicamente mais viável. (KAWABATA, 2008).

Conforme estudos realizados na área por Santos (1997), a incorporação de cinza de casca de arroz apresentou resultados positivos e satisfatórios na resistência do concreto após 28 dias de idade. Outros materiais já foram incrementados em meio a substância citada, apresentando características aceitáveis por norma. Devido a esses incrementos de materiais orgânicos, a quantidade de cimento é reduzida em pequenas porcentagens, totalizando grande economia ao final da obra. Além da viabilidade econômica, é possível dar um descarte apropriado às cinzas orgânicas geradas a partir da produção de energia das indústrias, evitando a degradação do meio ambiente e, também, a produção de cimento pode ser reduzida emitindo, teoricamente, menos dióxido de carbono na camada atmosférica.

Desta forma, aliando-se à necessidade de redução dos impactos ambientais, juntamente com a necessidade de evolução da construção civil, este trabalho tem a finalidade de avaliar as propriedades mecânicas desta nova dosagem, substituindo, nas proporções de 5, 10 e 15%, o cimento Portland por cinzas do bambu, possibilitando verificar qual das três porcentagens possui resultados mais satisfatórios para essas substituições.

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A substituição parcial do cimento por cinzas naturais pode interferir significativamente nas propriedades mecânicas do concreto?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

Acredita-se que com esta substituição parcial de cimento por cinzas naturais de bambu, o concreto sofra alteração de suas propriedades, capaz de se posicionar entre os padrões mínimos impostos por norma. Dessa forma, é possível trabalhar o traço utilizando menos cimento, sem alterar a qualidade final do concreto.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A essa pesquisa delimita-se a obtenção do índice de pozolanicidade, análise da resistência à compressão, tração e módulo de elasticidade do concreto, com a substituição parcial do cimento por cinzas de bambu, nas proporções de 5, 10 e 15%. Os dados obtidos nos ensaios serão comparados com os dados obtidos dos mesmos ensaios para o concreto convencional.

Para a avaliação da reatividade pozolânica, foram moldados 30 (trinta) corpos de prova, sendo 12 (doze) com argamassa, apenas utilizando cimento, e o restante utilizando cimento e substituição parcial de cinza. Os corpos de prova para as argamassas apresentam dimensões de 10 cm de altura e 5 cm de diâmetro.

Para a realização dos demais ensaios foi utilizado um traço de referência (PERES, 2013), sendo moldados 6 (seis) corpos de prova para os ensaios de compressão, tração e módulo de elasticidade, para o concreto com adição e para o convencional, totalizando 72 amostras. Para as moldagens, foram utilizados corpos de provas cilíndricos nas dimensões de 20 cm de altura e 10 cm de diâmetro.

Os referidos ensaios seguiram as especificações de moldagem de corpo de prova (NBR 5738, ABNT 2016) para cada ensaio a ser realizado. Pretende-se determinar as seguintes características: Índice de atividade pozolânica (NBR 5752, ABNT 2014), resistência à compressão (NBR 5739, ABNT 2016), tração (NBR 7222, ABNT 2015) e módulo de elasticidade (NBR 8522, ABNT 2017).

A concretização dos ensaios citados se deu nas dependências do laboratório de Ensaios Mecânicos e de Construção Civil da unidade cedente Centro Universitário Assis Gurgacz, após prazo de cura do concreto, estipulado por norma, sendo este de 28 dias.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste Capítulo será abordado o conceito de concreto, materiais utilizados para a confecção do mesmo e propriedades do bambu.

2.1.1 Concreto

Segundo Petrucci (1998), entende-se por concreto, toda mistura heterogênea à base de aglomerantes cimentícios e água, juntamente com agregados graúdos e miúdos. Esta mistura pode ser produzida no próprio canteiro de obra ou em indústrias, onde haverá um controle mais rigoroso de sua produção e, em seguida, transportado ao local da obra. Este material possui dois estados, sendo denominados como: estado fresco e endurecido. No estado fresco, o concreto possui características plásticas que facilitam o seu manuseio e possibilitam sua moldagem conforme especificação de projeto. Já no estado endurecido, este material obtém um aumento de resistência.

Há também a possibilidade da adição de aditivos no concreto, técnica que possui o intuito de melhorar ou corrigir algumas de suas propriedades como: plasticidade, tempo de pega e resistência à compressão (YAZIGI, 2009). Uma das adições mais empregadas, tanto no cimento quanto no concreto, são as pozolanas, que reagem com a cal proveniente das reações de hidratação. Com o controle de tempo e temperatura, as escórias provenientes da queima de material orgânico em alto-forno possuem características pozolânicas. Pesquisas apontam que o concreto obtém um aumento de sua durabilidade, ganho de resistência a ataques químicos, com a adição destes materiais por conta de sua microestrutura (BONATO, 2014).

O concreto é considerado um dos produtos mais utilizados em todo o mundo. Pesquisas realizadas pela ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), juntamente com a Inteligência UBM *Brazil* (2013), apontam que, entre os anos de 2005 e 2012 houve um aumento desse consumo em aproximadamente 180%, estimando-se uma fabricação de 51 milhões de m³ de concreto nessa faixa de tempo. Segundo a avaliação realizada por Lima (2010), a produção do concreto nacional possui uma emissão estimada de 224 kgCO₂/m³, onde mais de dois terços dessas emissões são provenientes do cimento utilizado em sua fabricação.

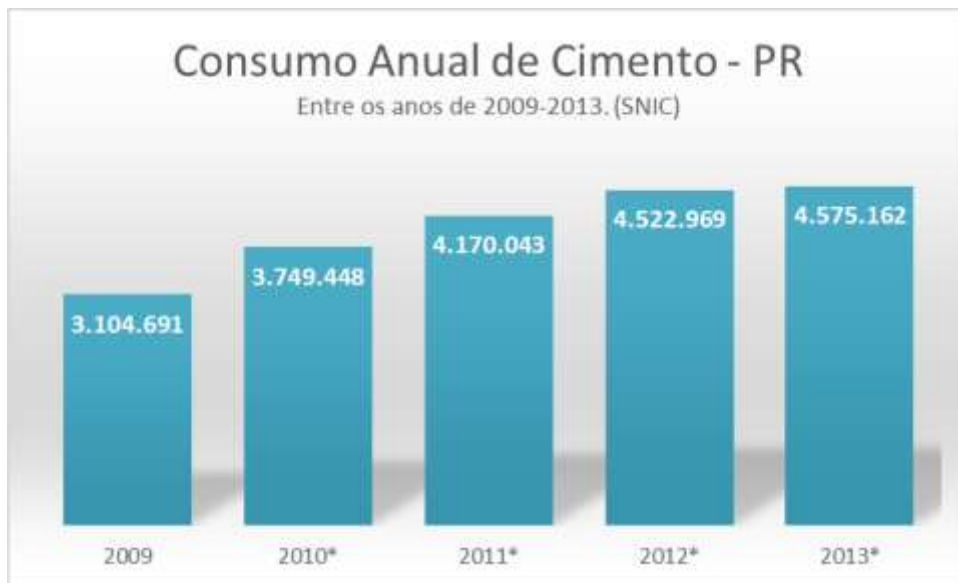
2.1.1.1 Cimento

Esse material é formado a partir da moagem do clínquer com uma pequena adição de gesso, o qual possui função retardadora de pega. O produto final possui características pulverulentas e matriz elementar à base de aluminatos de cálcio, silicatos e proporções ínfimas de cal livre. Na composição do clínquer é importante conter, em porcentagens corretas, os elementos cálcio, silício, alumínio e ferro, para formar os silicatos do cimento (PETRUCCI, 1998).

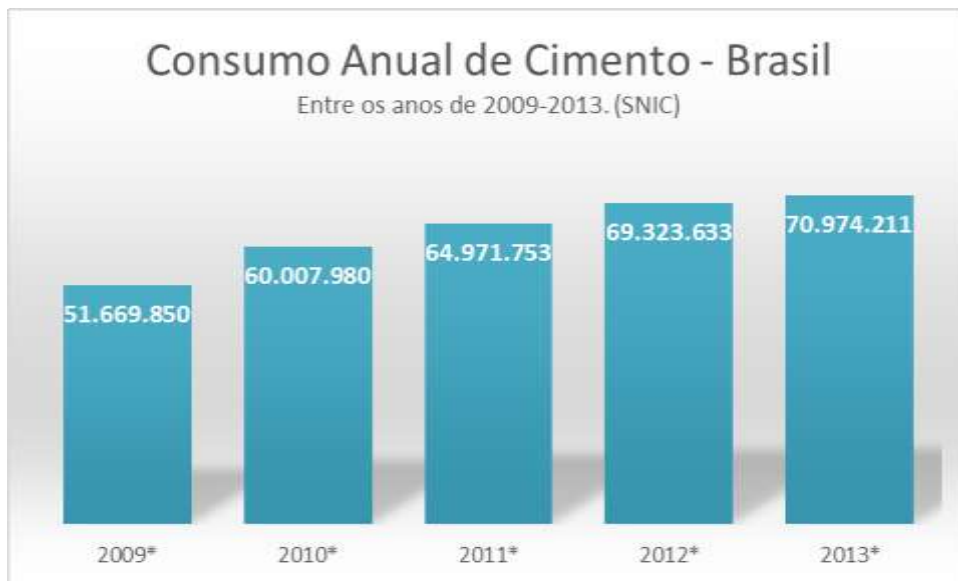
O clínquer possui aspecto granuloso formado com a fusão de cal, sílica, alumina e pequena proporção de magnésia (YAZIGI, 2004). Devido à alta temperatura nos fornos rotativos, cerca de 1450°C durante a formação do clínquer, há grande produção de dióxido de carbono (CO₂). Esse fato está ligado à quantidade de energia necessária para a formação do grão dentro dos fornos. Estima-se que a produção de cimento chega a produzir 7% da concentração de CO₂ em nível global, considerando apenas a produção artificial (PAULA, 2009).

Conforme a autora, a proporção de produção de CO₂ chega a quase 1:1, explanando a ideia, a cada tonelada de cimento produzido é gerado aproximadamente uma tonelada de dióxido de carbono solto na atmosfera. Várias pesquisas estão em andamento com o intuito de diminuir essa trágica proporção e, para isso, propõe-se menos utilização de cimento no traço do concreto, reduzindo essa porcentagem incidente na camada de ozônio. O embutimento de novas tecnologias nesse ramo dá espaço a entrada de novos materiais menos poluentes no traço de concretos e argamassas, transformando essa indústria ecologicamente sustentável.

Os números referentes à produção de cimento sofrem grandes adições a cada ano. O Gráfico 1 expõe o consumo de cimento em toneladas, anual no Brasil nos anos de 2009 a 2013, enquanto que, o gráfico 2 refere-se à produção em toneladas só na região do Paraná. Nesse mesmo período, esses dados são recentes, publicados na página da Câmara Brasileira da Indústria de Construção (CBIC) e levantados pelo Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC) em março de 2018. Analisando-se os gráficos, conclui-se o aumento de 37,36% na produção de cimento em nível nacional, valor este, alarmante e preocupante.

Gráfico 1: Consumo anual de cimento - PR

Fonte: Autoras (2018 adaptado de SNIC - Sindicato Nacional da Indústria do Cimento, 2018).

Gráfico 2: Consumo anual de cimento - Brasil

Fonte: Autoras (2018 adaptado de SNIC - Sindicato Nacional da Indústria do Cimento, 2018).

2.1.1.1.1 Tipos de Cimento

A Tabela 1 apresenta os tipos de cimentos, separados de acordo com sua funcionalidade e especificado por siglas. As três primeiras classes, apresentadas na tabela (CP

I CP II e CPIII), possuem três classes de resistência, respeitando os 28 dias de cura: Classe 25 (resistência à compressão de 25 MPa); Classe 32 (resistência à compressão de 32 MPa); Classe 40 (resistência à compressão de 40 MPa).

Tabela 1: Tipos de cimentos

NOME MATERIAL	SIGLA	CARACTERÍSTICA
Cimento Portland Comum	CP I	Cimento Portland Comum
	CP I	Cimento Portland Comum com Adições
Cimento Portland Composto	CP II – E	Possui adições granuladas de escórias de alto-forno
	CP II – Z	Possui adições de material pozzolânico
	CP II – F	Possui adições de material carbonático
Cimento Portland de Alto Forno	CP III	Possui maior concentração de escórias de alto-forno do que nos demais cimentos.
Cimento Portland Pozzolânico	CP IV	Permite adição de material pozzolânico, ficando com características similares ao cimento CP III
Cimento Portland de Alta Resistência Inicial	CP V-AR I	Permite adição de pequena porcentagem de material carbonático em sua composição, aproximadamente 5%

Fonte: Autoras (2018 adaptado de Yazigi, 2014).

2.1.1.2 Agregados

São materiais utilizados no traço do concreto como preenchimento inerte, por não fazer reações químicas com a água e possuir valor relativamente acessível (MEHTA E MONTEIRO, 2001). Segundo Yazigi (2004), os agregados possuem classificação quanto à origem, quanto ao tamanho dos grãos e quanto ao peso unitário da amostra. Sem tamanhos ou formas bem definidas, são trabalhados para que se encaixem de forma adequada nas obras de engenharia. Pode-se verificar essas três classificações dos agregados na Tabela 2.

Tabela 2: Classificação dos agregados.

CLASSIFICAÇÃO	RAMIFICAÇÃO	EXPLICAÇÃO	EXEMPLOS
Quanto à origem	Naturais	São os agregados retirados direto da natureza sem nenhuma modificação especial.	Seixos rolados, areia cava, areia de rio.
	Artificiais	São agregados que precisam passar por processos industriais para utilização na área civil.	Areia artificial, brita, etc.
Quanto ao tamanho dos grãos	Agregado miúdo	Diâmetro igual ou inferior a 4,8mm	Areia artificial ou natural, etc.
	Agregado graúdo	Diâmetros superiores a 4,8mm	Pedregulho natural ou pedra britada.
Quanto ao peso unitário	Leves	Peso menor do que uma tonelada por metro cúbico. ($P < 1 \text{ t/m}^3$).	Pedras-pome, argila expandida, etc.
	Normais	Peso entre uma e duas toneladas por metro cúbico. ($1 \text{ t/m}^3 < P < 2 \text{ t/m}^3$).	Seixos, britas de gnaiss e de granito, etc.
	Pesados	Peso acima de duas toneladas por metro cúbico. ($P > 2 \text{ t/m}^3$).	Barita, magnetita, etc.

Fonte: Autoras (2018 adaptado de Yagizi, 2004).

Segundo a NBR 7211 – Agregado para concreto: especificação (ABNT, 2014), os agregados miúdos e graúdos precisam ser grãos de minerais duros com características de não contaminação, serem limpos, estáveis e duráveis. Entende-se por agregados totais, a resultante da britagem de rochas, cujo processamento gera agregados graúdos e miúdos. Os agregados miúdos caracterizam-se pelos grãos passantes pela peneira que possui abertura de malha de 4,75mm. Já os agregados graúdos são separados pelo material que passa pela peneira de 75 mm, porém ficam retidos na peneira de 4,5mm.

2.1.1.3 Água de Amassamento

De acordo com Neville (1997), a água utilizada no traço do concreto pode influenciar diretamente na resistência do concreto. Águas impuras, com presença de matéria orgânica, ácidas ou salobras, influenciam negativamente na qualidade da mistura heterogênea. Geralmente acarretam no aparecimento de patologias na construção, tais como: manchas superficiais, corrosão da armadura, e podem interferir também na resistência do concreto trazendo riscos à estrutura. Já Petrucci (1998) afirma que a quantidade de água utilizada afeta em proporções, mais do que a qualidade propriamente dita, e, geralmente, os problemas na estrutura ocorrem por excesso da mesma.

2.1.1.4 Aditivos

São substâncias utilizadas com a intenção de proporcionar melhorias na qualidade do concreto. É visado o aumento de resistência aos esforços mecânicos, o aperfeiçoamento da trabalhabilidade e impermeabilidade, a redução da retração, o controle do tempo de pega, entre outros requisitos (PETRUCCI, 1998). Pesquisas realizadas por Neville (1997) apontam que o fator economia pode prevalecer ao utilizar os aditivos. Mesmo que esses produtos não sejam acessíveis em questões monetárias, ao utilizá-lo, é possível, em alguns casos, a redução do teor de cimento, provocando economia final.

Exemplos clássicos desse material são o cloreto de cálcio, a escória granulada e as pozolanas, que tendem a preencher vazios presentes na mistura com o cimento, causando aumento no volume de poros finos presentes no composto. Para o refinamento dos poros, usualmente são utilizados aditivos redutores de água e retardadores de pega, os quais também são responsáveis pelo aumento da fluência, devido à diminuição da retração ocasionada pela cura do concreto (MEHTA e MONTEIRO, 2001).

2.1.1.4.1 Pozolanas

São caracterizadas por conter em sua composição a presença de materiais silicosos ou sílico-aluminosos. Devido a essa formação, reagem com o hidróxido de cálcio presente na hidratação do cimento. As pozolanas são provenientes das cinzas, as quais podem ser naturais

(queima vulcânica) ou artificiais (calcinação de rochas sedimentares a aproximadamente 1000°C). No Brasil há a produção de cinzas leves, as quais são produzidas, geralmente em usinas termoeletricas, a partir da queima de carvão (PETRUCCI, 1998).

Vários estudos foram elaborados utilizando cinzas de materiais orgânicos. O mais famoso dentre eles é a cinza de casca de arroz. Essas cinzas são provenientes da queima industrial para a obtenção de energia, e, como não possui local para a armazenagem, é feito o descarte de forma inapropriada, causando impacto ambiental. Os resultados das pesquisas apontam que a cinza da casca de arroz apresentou fortes características pozolânicas, tornando-a compatível para se trabalhar com o cimento Portland em determinadas proporções (LIMA, 2008).

2.1.2 Bambu

O bambu, em sua definição botânica, é pertencente à subfamília das gramíneas, e se desenvolve principalmente, nas regiões tropicais e subtropicais, em solos férteis e úmidos. Possui capacidade de atingir dimensões máximas no período de seis meses e sua produção é de cerca de 2 a 10 t/ha de brotos, produção da qual depende das espécies, clima, solo e tratamentos culturais (PEREIRA e BERALDO, 2008). Essa planta possui mais de 200 milhões de anos e cerca de 1300 espécies, correspondendo a 3% de toda a floresta mundial (SANTI, 2015), sendo explorada em várias áreas, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3: Espécies de bambu e seus campos de utilização.

MATERIAL PRODUZIDO	ESPÉCIES UTILIZADAS	DESCRIÇÃO
Celulose	Bambusa vulgares; D. giganteus; Phyllostachys bambusoides.	Sua utilização é vantajosa por possuir fibras longas
Álcool	Bambusa vulgares; Guadus flabellata.	Eficiência na sacarificação e fermentação capaz de alcançar uma produção de 5440//ha/ano, maior que as obtidas pela cana-de-açúcar, mandioca, sorgo, batata-doce e babaçu.
Alimentação	Dendrocalamus latiflorus; D. asper; D. giganteus; Phyllostachys bambusoides; Bambusa tuldoideis.	O broto é semelhante ao palmito e aspargo, podendo ser usado em saladas, recheios e até mesmo refogado na manteiga.
Construção	Guadus sp; Dendrocalamus giganteus; D. asper; Bambusa tuldoideis; B. tulda; Phyllostachys	Substituto do ferro na formação estrutural do concreto
Ornamental	Thyrsostachys siamensis; Phyllostachys nigra; Phyllostachys purpurara; Bambusa glaucillis.	Destinado para fins decorativos.

Fonte: Autoras (2018, adaptado de Pereira e Beraldo, 2008).

As Figura 1 e Figura 2 mostram, respectivamente, uma das espécies mais utilizadas na construção civil e uma das formas de utilização.

Figura 1: Bambu Guadua SP.



Fonte: Bambu SC (2009).

Figura 2: Armadura de Bambu.



Fonte: Engenharia (2015).

Análises apontam que a utilização energética do bambu nas indústrias se torna uma ótima alternativa devido ao seu grande volume de biomassa, o qual pode ser utilizado na produção de carvão ou até mesmo na queima direta, processo que pode produzir cinzas sem nenhuma destinação adequada após sua produção (ARRUDA e QUIRINO, 2018).

2.1.3 Concreto com adição de cinzas naturais

Vários estudos e pesquisas com adição ou até mesmo substituição parcial de cimento por cinzas na produção de concreto, já foram e ainda vêm sendo realizados, com o intuito de reduzir a produção de CO₂, gerado pela fabricação de cimento. Reutilizar e reaproveitar resíduos provenientes das queimas de processos industriais é uma das soluções as quais também contribuem no quesito socioeconômico.

Dos materiais que já vêm sendo utilizados em pesquisas, pode-se citar as cinzas da casca de arroz, cinzas da casca de coco verde, cinzas de madeira de eucalipto, cinzas do bagaço da cana-de-açúcar, entre outros. Vários desses materiais manifestaram potencial pozolânico, tornando-os compatíveis para se trabalhar com o cimento Portland e apresentam respostas eficientes na sua utilização. Mesmo os materiais que não atingiram esse potencial pozolânico mostraram ter poucas influências nas características do concreto, pois a redução de suas propriedades físicas e mecânicas não tiveram consequências drásticas significantes.

2.1.3.1 Influência da adição de cinzas nas propriedades físicas do concreto

A adição de cinzas pode ajudar na porosidade da peça aumentando sua durabilidade, pois, por possuir grãos com diâmetros menores, tem a capacidade de reduzir o índice de vazios dificultando a percolação de água. Porém, isso ocorre somente se essas cinzas possuírem potencial pozolânico para que haja a reação de ligação, podendo melhorar também a plasticidade do material (MORAES, 2012). De acordo com Lima *et.al* (2010), ao adicionar cinzas do bagaço da cana no concreto, as propriedades de coesão e trabalhabilidade permanecem constantes, sem traços de exsudação ou segregação da mistura.

2.1.3.2 Influência da adição de cinzas nas propriedades mecânicas do concreto

De acordo com a pesquisa de Poggiali (2010), ao substituir parte do cimento por cinza do bagaço da cana de açúcar, notou-se pequenas alterações das propriedades mecânicas do microconcreto. As adições mais influentes no trabalho descrito foram, a substituição de 10 e 15%, onde foi possível analisar melhores resultados de resistência à compressão. À primeira porcentagem referida (10%) comprovou-se um aumento de cerca de 11,4% na compressão,

enquanto que a segunda porcentagem de substituição (15%) apresentou melhoria de 13,4% após os 28 dias de idade. As cinzas, nesse caso, comportaram-se como filler, preenchendo os vazios, melhorando consequentemente a porosidade e o módulo de elasticidade do composto.

Porém, de acordo com pesquisas realizadas por Matos e Guimarães (2017), as cinzas, provenientes da casca de coco verde, não atingiram capacidade pozolânica, não produziram a ligação C-S-H (silicato de cálcio hidratado), tornando incapaz a reação necessária para a ligação da cinza com o cimento, o que interfere na resistência mecânica do material, vindo a reduzir sua capacidade.

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa.

Esta pesquisa teve o intuito de analisar o índice de pozolanicidade das cinzas do bambu, para utilização na substituição parcial do cimento nas porcentagens de 5, 10 e 15% e assim, determinar as características do concreto como: Resistência à compressão, resistência à tração e módulo de elasticidade, e compará-las com o concreto convencional.

Todos os procedimentos anteriormente citados foram realizados nos laboratórios do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, seguindo as orientações das referidas normas, para que todos os processos de ensaio fossem realizados da melhor forma, podendo assim, alcançar um melhor desempenho do concreto.

3.1.2 Preparação dos materiais naturais e produção das cinzas.

O material utilizado necessitou passar por processos de secagem, queima e peneiramento de suas cinzas, para que atingisse as características necessárias, tornando possível a utilização na produção do concreto.

3.1.2.1 Processo de secagem.

A secagem do bambu foi realizada em estufa com temperatura de $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$, para que a água absorvida presente no material evaporasse por um período de 24 horas, conforme especificado na NBR 5752 – Materiais pozolânicos: determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias (ABNT, 2014).

3.1.2.2 Processo de queima do material

Foram realizados estudos, os quais apresentavam o mesmo objetivo descritos anteriormente por diferentes pesquisadores, sendo um deles, Cordeiro *et al* (2006). A resultante dessa pesquisa foi um maior desempenho da atividade pozolânica nas faixas de 500 a 600°C.

São relatadas também, mais uma queima com temperatura superior em torno de 700°C, por um breve período de queima de cerca de 30 minutos, com o intuito de homogeneizar as cinzas e diminuir seus índices de carbono. Temperaturas superiores a essas faixas levam o material à cristalização.

A primeira tentativa de queima do material foi realizada nas dependências do *campus*. Neste processo foi utilizado o Forno/Mufla, equipamento que possui controle de temperatura. Porém, para a queima desses materiais, foi levado em consideração a faixa de temperatura entre 500 a 550°C como ilustrado na Figura 3. Após um período de quatro horas, notou-se que o material não se transformava em cinza, apenas em carvão, tomando caminho diferente do objetivo da pesquisa.

Figura 3: Processo de queima do bambu.



Fonte: Autoras (2018).

Segundo a Norma de Procedimentos Técnicos 003 - Terminologia de segurança contra incêndio (CORPO DE BOMBEIROS, 2014), o processo de combustão é um processo químico o qual necessita a existência de quatro elementos sendo eles: combustível, oxigênio, calor e reação em cadeia. Uma das classificações de incêndio engloba o processo, queima superficialmente e em profundidade, o qual gera resíduos (cinzas) e brasas, caracterizando-se por incêndio de classe A.

Diante desse prisma, a segunda tentativa de queima foi em um ambiente no qual tivesse entrada de oxigênio, sem controle de temperatura. O processo foi extremamente rápido, a mesma quantidade utilizada na mufla foi utilizada no segundo processo, contudo o material adquiriu as características necessárias em apenas 30 minutos.

3.1.2.2.1 Processo de peneiramento do material

O procedimento de análise granulométrica precisou ter duas granulometrias; uma com material retido na peneira 75 μ m (malha nº 200), para compatibilização com a granulometria do cimento, e no outro procedimento foi utilizado o material retido na peneira 45 μ m (malha nº 325), considerando que esse material era de apenas 20% com relação à amostra total, preferencialmente entre 10 a 15%, conforme especificado na NBR 5752 (ABNT, 2014), para determinação do índice de pozolanicidade.

Diante disso, as análises de granulometria foram realizadas através do peneiramento no agitador de peneiras, utilizando as peneiras 600 μ m (malha nº 30), peneira 425 μ m (malha nº 40), peneira 300 μ m (malha nº 50), peneira 75 μ m (malha nº 200) e peneira 45 μ m (malha nº 325). Em seguida os materiais foram separados e pesados, até a obtenção da quantidade necessária para realizar todos os ensaios.

3.1.3 Caracterização dos agregados e aglomerantes

3.1.3.1 Cimento Portland

Para o desenvolvimento da pesquisa, o melhor aglomerante hidráulico é o Cimento Portland de alta resistência inicial (CP V-ARI), pois é considerado um cimento mais puro, sendo

possível fazer pequenas adições de materiais pozolânicos. Segundo a NBR 5733 – Cimento Portland de alta resistência inicial (ABNT, 2014), a composição química desse aglomerante é cerca de 95-100% de clínquer e sulfatos de cálcio e no máximo 5% de materiais carbonáticos. Na especificação química mínima deve conter descrita no saco de cimento, conforme Tabela 4.

Tabela 4: Exigências físicas e mecânicas.

Características e propriedades		Unidade	Limites
Finura	Resíduo na peneira 75µm	%	- 6,0
	Área específica	m ² /kg	- 300
Tempo de início de pega		h	- 1
Expansibilidade a quente		mm	- 5
Resistência à compressão	1 dia de idade	MPa	- 14,0
	3 dias de idade	MPa	- 24,0
	7 dias de idade ^(A)	MPa	- 34,0

Fonte: Adaptado NBR 5733 (ABNT, 2014).

A marca trabalhada foi a Cauê, que atende as normativas referentes a cimentos Portland resistentes a sulfatos (NBR 5737, ABNT 2014), e cimento Portland de alta resistência (NBR 5733, ABNT 2014). A composição química do material e as propriedades físico-químicas foram retiradas da Ficha Informativa disponibilizada pelo fabricante (Anexo A), os valores constam na Tabela 5 e Tabela 6. Segundo site do fabricante (CAUÊ, 2018), o cimento CP V-ARI possui grande reatividade em baixas idades devido à moagem do mesmo, o que resulta em maior rendimento para o substrato.

Tabela 5: Relatório da composição química do Cimento CPV-ARI CAUÊ.

COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE INGREDIENTES	
Componente	Faixa de concentração (%)
Silicato tricálcico	20-70
Silicato dicálcico	10-60
Ferro-aluminato de cálcio	5-15
Sulfato de cálcio	2-8
Aluminato tricálcico	1-15
Carbonato de cálcio	0-10
Óxido de magnésio (livre)	0-6
Óxido de cálcio (livre)	0-3

Fonte: Adaptado Cauê (2018).

Tabela 6: Propriedades físico-químicas do Cimento CPV-ARI CAUÊ.

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS	
Estado físico: Sólido, Cinza, Sem Cheiro	
pH em Solução Aquosa	$12 \leq \text{pH} \leq 14$
Ponto de Ebulição.....	Não Aplicável
Ponto de Fusão	Não Aplicável
Massa Específica Absoluta	$2,8 \leq \gamma_r \leq 3,2 \text{ g/cm}^3$ a 20°C
Pressão de vapor (mm Hg).....	Não Aplicável
Solubilidade em água	até 1,5g/l a 20°C
Densidade relativa do vapor a 20oC	Não Aplicável
Ponto de Fulgor (vaso fechado)	Não Aplicável
Massa Específica Aparente	0,9 a 1,2 g/cm ³ a 20°C
Temperatura de auto-ignição.....	Não Aplicável
Limite de explosividade, % vol no ar.....	Nenhum
Velocidade de evaporação (acetato de butila = 1).....	Não Aplicável
Coefficiente de partição octamol / água.....	Não Aplicável
Taxa de evaporação.....	Não Aplicável

Fonte: Adaptado Cauê (2018).

3.1.3.2 Agregado miúdo

O agregado miúdo utilizado para os ensaios foi a areia média obtida na empresa Construcal (Cascavel-PR). Para a utilização da areia como preenchimento inerte do substrato concreto, seguiu-se uma série de normas para garantir a qualidade do produto. Dessa forma, evitam-se problemas posteriores de resistência mecânica, problemas físicos e patologias. Os referidos ensaios foram: granulometria (NBR NM 248, ABNT 2003), massa específica (NBR NM 52, ABNT 2002) e grau de umidade (NBR 7214, ABNT 2015).

3.1.3.2.1 Granulometria

Os agregados miúdos são separados em areia fina, areia média fina, areia média grossa e areia grossa, seguindo a NBR NM 248 Agregado-Determinação da Composição Granulométrica (ABNT 2003). Para a realização dos ensaios foi utilizado a areia normal. Na Tabela 7 apresenta-se os valores da abertura de malha das peneiras norma e intermediária.

Tabela 7: Série de peneiras normal e intermediária.

<i>Serie Normal / Série Normal</i>	<i>Serie Intermedia / Série Intermediária</i>
75 mm	-
-	63 mm
-	50 mm
37,5 mm	-
--	31,5 mm
--	25 mm
19 mm	-
-	12,5 mm
9,5 mm	-
-	6,3 mm
4,75 mm	-
2,36 mm	-
1,18 mm	-
600 µm	-
300 µm	-
150 µm	-

Fonte: Adaptado NBR NM 248 (ABNT, 2003).

A areia fina é o material que fica nas peneiras com aberturas de 0,3 e 0,15 mm, areia média fina é o que fica nas peneiras 0,6 e 0,3 mm, areia média, a resultante da peneira 1,2 e 0,6 mm e a areia grossa é a quantidade retida nas peneiras 2,4 e 1,2 mm (NBR 7214, ABNT 2015). A Tabela 8 indica a quantidade de material necessário para a realização do ensaio a partir do tamanho dos grãos.

Tabela 8: Quantidade de material para ensaio de granulometria.

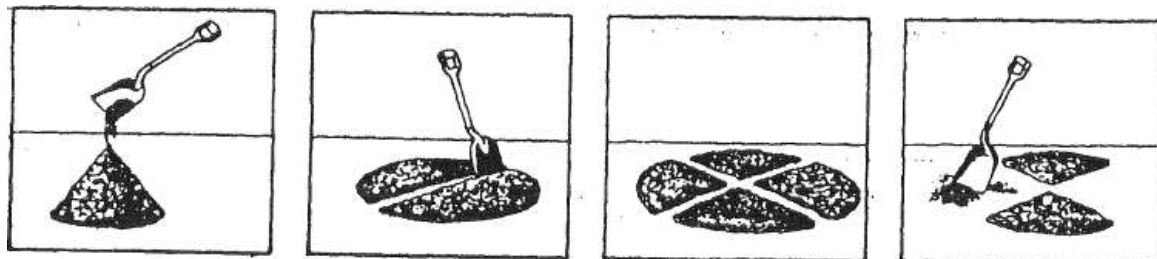
Dimensión máxima nominal del agregado / <i>Dimensão máxima nominal do agregado</i> mm	Masa mínima de la muestra de ensayo / <i>Massa mínima da amostra de ensaio</i> kg
< 4,75	0,3*
9,5	1
12,5	2
19,0	5
25,0	10
37,5	15
50	20
63	35
75	60
90	100
100	150
125	300
(*) Después del secado. / <i>Após secagem.</i>	

Fonte: Adaptado NBR NM 248 (ABNT, 2003).

Para a realização do ensaio foi separado o material conforme a NBR NM 26, Agregados-Amostragem (ABNT 2001), a qual indica cuidados necessários na obtenção do material. Sequencialmente a amostra foi reduzida até a quantidade mínima necessária para essa etapa seguindo a NBR NM 27, Agregado-Redução da Amostra de Campo Para Ensaio de Laboratório.

Essa redução foi pelo método do quarteamento, sendo, primeiramente, colocado o agregado miúdo em uma superfície lisa, limpa e plana evitando-se, dessa forma, perdas ou contaminação do material. Foi revolvida a amostra pelo menos três vezes para obter sua homogeneização e, em seguida, juntada em formato cônico. Sequencialmente, foi achatada até que o diâmetro tivesse de quatro a oito vezes a altura da amostra, formando um tronco cônico.

Após esses processos, foi separado esse tronco de cone em quatro partes iguais e eliminado duas dessas partes localizadas opostamente uma em relação à outra, ilustrado na Figura 4. Foi repetido esse processo até que o material presente na superfície correspondesse à quantidade necessária para a realização do ensaio. Dessa forma, as amostras A e B ficaram com 300g cada.

Figura 4: Passo a passo quartejamento.

Fonte: Adaptado NBR NM 27 (ABNT, 2001).

Na segunda etapa, organizaram-se as peneiras, em ordem decrescente, para separação dos grãos. O conjunto consiste na peneira de 4,75mm (malha nº 4), 2,36mm (malha nº 8), 1,18mm (malha nº 16), 0,60mm (malha nº 30), 0,30mm (malha nº 50), 0,15mm (malha nº 100) e fundo. Após esse processo, o material foi colocado nesse conjunto de peneiras e encaixado no agitador de peneiras pelo período de 15 minutos.

Os resultados admissíveis para a caracterização do material como agregado miúdo constam na Tabela 9.

Tabela 9: Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo.

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100
NOTAS 1 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90. 2 O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20. 3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.				

Fonte: Adaptado NBR 7211 (ABNT, 2014).

Passados os 15 minutos, foram retiradas as peneiras do agitador e pesado o conteúdo retido em cada peneira, Tabela 10 a Tabela 11, , as quais apresenta as porcentagens retidas,

módulo de finura, diâmetro máximo do agregado e, por fim, gera um gráfico delimitando as zonas utilizáveis e ótimas, e também em qual faixa o material utilizado encontra-se, conforme a NBR 7211 (ABNT, 2014). No gráfico 3 é apresentada a curva granulométrica do agregado miúdo.

Tabela 10: Caracterização agregado miúdo – massa retida.

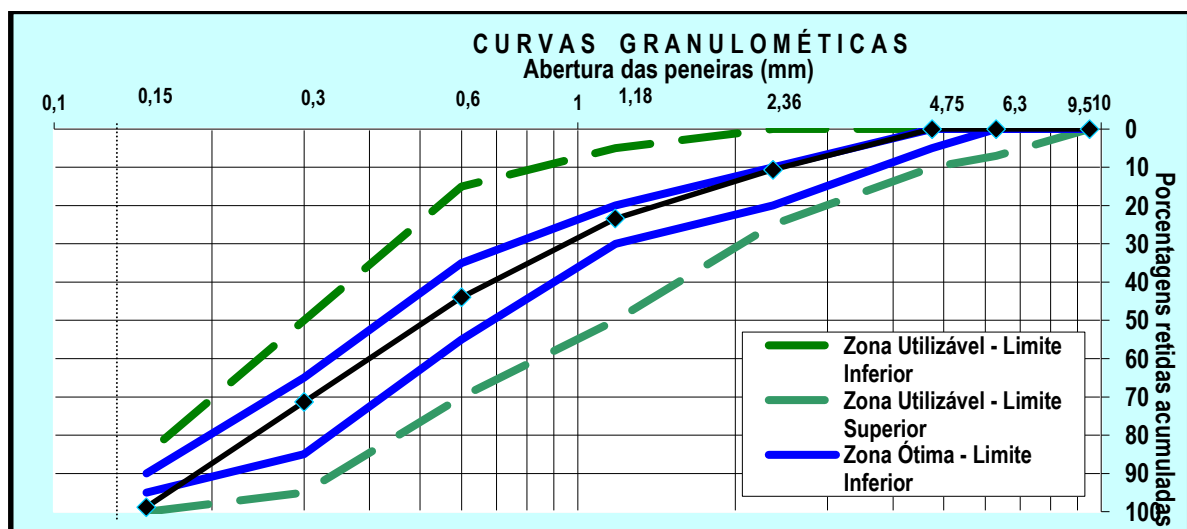
		Interessado:						Coleta:			
		Procedência:						Entrada:			
		Referência:						Registro:			
Caracterização de Agregado Miúdo - Areia											
REALIZAÇÃO DE ENSAIOS FÍSICOS DO AGREGADO MIÚDO											
Data:		1) GRANULOMETRIA DO AGREGADO MIÚDO - NBR NM 248:2003									
Abertura da malha das peneiras (mm)	a) massa inicial seca (gr) = 300,0				(Vr)	(Mrm)	(Mra)	Faixas em relação as % retidas acumuladas			
	b) massa inicial seca (gr) = 300,0				Massa retida	Massa retida	Massa retida	Limites Inferiores			
	Mrg) Massa retida (gr)		Mr%) Massa retida (%)		Variações	média	acumulada	Limites Superiores			
	Ensaio a	Ensaio b	Ensaio a	Ensaio b	± 4 %	(%)	(%)	Zona Utilizável	Zona Ótima	Zona Utilizável	Zona Ótima
9,5	0,0	0,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0	0	0	0
6,3	0,0	0,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0	0	0	7
4,75	0,0	0,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0	0	5	10
2,36	33,0	30,6	11,0%	10,2%	0,8%	10,6%	10,6%	0	10	20	25
1,18	39,4	37,2	13,1%	12,4%	0,7%	12,8%	23,4%	5	20	30	50
0,6	66,4	57,1	22,1%	19,0%	3,1%	20,6%	44,0%	15	35	55	70
0,3	77,9	86,0	26,0%	28,7%	2,7%	27,3%	71,3%	50	65	85	95
0,15	79,4	85,6	26,5%	28,6%	2,1%	27,5%	98,8%	85	90	95	100
Fundo	3,8	3,3	1,3%	1,1%	0,2%	1,2%	100,0%	100	100	100	100
Mt) Total Σ	299,9	299,8	Módulo de Finura = 2,48				Diâmetro máximo = 4,75				
$Mt = (\Sigma \text{ de Mrg})$ $Mr\% = (Mrg / Mt) * 100$ $Vr = (Mr\% \text{ ensaio a} - Mr\% \text{ ensaio b})$ $Mrm = (Mr\% \text{ ensaio a} + Mr\% \text{ ensaio b})/2$ $Mra = (\Sigma \text{ Mrm Massa retida media})$											
Módulo finura = $\Sigma \% \text{ retidas acumuladas, nas peneiras da serie normal} / 100$ D. máximo = abertura da peneira na qual apresenta % retida acumulada $\leq 5\%$											

Fonte: Autoras (2018).

Tabela 11: Caracterização agregado miúdo - porcentagem de massa retida.

		Interessado:						Coleta:	
		Procedência:						Entrada:	
		Referência:		Caracterização de Agregado Miúdo - Areia				Registro:	
Resumo da análise granulométrica do agregado miúdo									
Abertura das Peneiras (mm)	Massa retida (%)		Variação das % retidas <= 4 %	Média das massas retidas (%)	Massa retida acumulada (%)	Faixas em relação as % retidas acumuladas			
	Ensaio nº 1	Ensaio nº 2				Limites Inferiores		Limites Superiores	
						Zona Utilizável	Zona Ótima	Zona Utilizável	Zona Ótima
9,5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0	0	0	0
6,3	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0	0	0	7
4,75	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0	0	5	10
2,36	11,0%	10,2%	0,8%	10,6%	10,6%	0	10	20	25
1,18	13,1%	12,4%	0,7%	12,8%	23,4%	5	20	30	50
0,6	22,1%	19,0%	3,1%	20,6%	44,0%	15	35	55	70
0,3	26,0%	28,7%	2,7%	27,3%	71,3%	50	65	85	95
0,15	26,5%	28,6%	2,1%	27,5%	98,8%	85	90	95	100
Fundo	1,3%	1,1%	0,2%	Módulo de finura =	2,48	Dimensão máxima característica (mm)=		4,75	

Fonte: Autoras (2018).

Gráfico 3: Curva granulométrica agregado miúdo.

Fonte: Autoras (2018).

Analizando-se o Gráfico 3, o material utilizado na pesquisa apresentou resultados satisfatórios quanto a caracterização, o mesmo ficou entre os limites superior e inferior da zona ótima de utilização. O agregado miúdo utilizado apresentava módulo de finura de 2,48 e dimensão máxima característica de 4,75 mm.

3.1.3.2.2 Massa específica

Segundo a NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente (ABNT, 2002), para a realização desse ensaio a amostra deve ser extraída conforme a NM 26 e reduzida conforme a NM 27, conforme descrito no ensaio anterior.

Primeiramente, separou-se 1000g da amostra, obtidas por meio do quarteamento, em um recipiente, para que pudesse deixar em repouso, totalmente submerso na água por um período de 24 horas. Após esse período, a amostra foi colocada em uma superfície lisa e submetida a uma corrente de ar quente, com intuito de evaporar a água superficial. Quando o agregado apresentou características não aglomerantes entre si, o mesmo foi colocado em um tronco metálico, com dimensões de (40 ± 3) mm de diâmetro superior e (90 ± 3) mm de diâmetro inferior, e deferidos 25 golpes suaves com a haste de socamento.

Se, ao levantar o molde, a amostra ainda apresentasse o mesmo formato, seria necessário repetir o processo desde a secagem superficial do material, até que o mesmo desmoronasse ao retirar o tronco metálico. Realizou-se o processo até que a amostra apresentasse as características necessárias exigidas por norma.

Com a amostra preparada para o ensaio, foi separado $(500\pm0,1)$ g, denominada massa na condição saturada superfície seca (ms), e colocada em uma proveta graduada. O recipiente com o agregado foi pesado novamente e nomeado como massa do conjunto (m1). Sequencialmente, completou-se o conjunto com água até a marca 500 ml, agitando o recipiente para que todos os vazios ficassem cheios. Após uma hora de repouso, a proveta foi completada com água até a marca de 500ml, pesou-se novamente para obter a massa do frasco com o agregado e água (m2).

A amostra foi retirada do recipiente e deixada na estufa a (105 ± 5) °C por um período de 24 horas e pesado o agregado novamente. Os valores obtidos, apresentados na Tabela 12, foram aplicados nas Equação 1 e Equação 2 para a obtenção da massa específica aparente do agregado miúdo.

Tabela 12: Valores obtidos com o ensaio de massa específica.

Condição do agregado	Massa
Saturado superfície seca	500g
Conjunto (frasco + agregado)	954,7g
Total do conjunto (frasco + agregado + água)	1231,1g
Amostra seca em estufa, pós-ensaio	488,1g

Fonte: Autoras (2018).

$$d_1 = \frac{m}{V - V_a} \quad (1)$$

Onde:

d_1 : é a massa específica aparente do agregado seco, em gramas por centímetro cúbico;

m : é a massa da amostra seca em estufa, em gramas;

V : é o volume do frasco, em centímetros cúbicos;

V_a : é o volume de água adicionada ao frasco de acordo com a **Equação 2**, em centímetros cúbicos.

$$V_a = \frac{m_2 - m_1}{P_a} \quad (2)$$

Onde:

m_1 : é a massa do conjunto (frasco + agregado), em gramas;

m_2 : é a massa total (frasco + agregado + água), em gramas;

P_a : é a massa específica da água, em gramas por centímetro cúbico.

Com a aplicação dos resultados obtidos nas equações, a massa específica encontrada para o agregado miúdo foi de 2,18 g/cm³. Essa massa específica foi utilizada para o cálculo de correção na dosagem do concreto.

3.1.3.2.3 Grau de umidade

Conforme a NBR 7214 – Areia normal para ensaio de cimento: especificação (ABNT, 2015), o teor de umidade para areia normal é de, no máximo, 0,2% do peso. Para a realização do ensaio de grau de umidade a amostra foi extraída conforme a NBR NM 26, Agregados-Amostragem (ABNT 2001), e reduzida até a quantidade necessária de acordo com a NBR NM 27, Agregado-Redução da Amostra de Campo Para Ensaio de Laboratório.

Para a realização do ensaio utilizou-se 1000g da amostra (massa inicial), em seguida colocado em uma estufa de $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ até a massa apresentar características constantes, respeitando a referência NBR 7414 (ABNT, 2015). Para a nova pesagem, a amostra resfriou em recipiente fechado até que apresentasse temperatura ambiente, dessa forma obteve-se a massa seca no final do processo. Para a determinação da umidade da amostra os resultados, os quais estão representados na Tabela 13, foram aplicados na

Equação 3.

Tabela 13: Valores obtidos com o ensaio de grau de umidade.

Condição do agregado	Massa
Massa inicial úmida	1000g
Massa final seca	970,2g

Fonte: Autoras (2018).

$$h = \frac{Mi - Mf}{Mf} * 100 \quad (3)$$

Onde:

h: umidade em porcentagem;

Mi: massa inicial úmida em gramas;

Mf: massa final seca em gramas.

Com a aplicação dos resultados obtidos nas equações, o grau de umidade encontrado para o agregado miúdo foi de 3,07%. O máximo permitido por norma é de 0,2%, então, foi

necessário a correção da umidade no traço, reduzindo a quantidade de água de amassamento na mistura do concreto.

3.1.3.3 Agregado graúdo

O agregado utilizado foi a brita 1, a qual também foi obtida na empresa Construcal (Cascavel-Paraná). Assim como para o agregado miúdo, também foi necessária a realização de alguns ensaios, tais como: granulometria (NBR NM 248, ABNT 2003) e massa específica (NBR NM ABNT), para conferir a qualidade do material e se atende às especificações das normas.

3.1.3.3.1 Granulometria

Para esse ensaio foi utilizado a referência NBR NM 248 Agregado-Determinação da Composição Granulométrica (ABNT 2003). A Tabela 14 indica a quantidade de material necessário para a realização do ensaio a partir do tamanho dos grãos. Como o material utilizado foi brita 1, caracterizada pelo diâmetro máximo do agregado de 19mm, a quantidade necessária foi de 5kg por amostra.

Tabela 14: Quantidade de material para ensaio de granulometria.

Dimensión máxima nominal del agregado / Dimensão máxima nominal do agregado mm	Masa mínima de la muestra de ensayo / Massa mínima da amostra de ensaio kg
< 4,75	0,3*
9,5	1
12,5	2
19,0	5
25,0	10
37,5	15
50	20
63	35
75	60
90	100
100	150
125	300
(*) Después del secado. / Após secagem.	

Fonte: Adaptado NBR NM 248 (ABNT, 2003).

As amostras foram separadas conforme a NBR NM 26, Agregados-Amostragem (ABNT 2001), e a redução para as quantidades necessárias seguiu a NBR NM 27, Agregado-Redução da Amostra de Campo Para Ensaios de Laboratório. As peneiras foram organizadas em ordem decrescente, representadas na Tabela 15, ilustradas na Figura 5. A distribuição granulométrica máxima para o agregado utilizado consta na Tabela 16.

Tabela 15: Peneiras - agregado graúdo.

MALHA	ABERTURA (mm)
3/4"	19
1/2"	12,5
3/8"	9,5
1/4"	6,3
4	4,75
8	2,36
Fundo	-

Fonte: Autoras (2018).

Figura 5: Conjunto de peneiras no agitador de peneiras.



Fonte: Autoras (2018).

Tabela 16: Limites da distribuição granulométrica do agregado graúdo.

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada				
	Zona granulométrica $d/D^{1)}$				
	4,75/12,5	9,5/25	19/31,5	25/50	37,5/75
75 mm	-	-	-	-	0 – 5
63 mm	-	-	-	-	5 – 30
50 mm	-	-	-	0 – 5	75 – 100
37,5 mm	-	-	-	5 – 30	90 – 100
31,5 mm	-	-	0 – 5	75 – 100	95 – 100
25 mm	-	0 – 5	5 – 25 ²⁾	87 – 100	-
19 mm	-	2 – 15 ²⁾	65 ²⁾ – 95	95 – 100	-
12,5 mm	0 – 5	40 ²⁾ – 65 ²⁾	92 – 100	-	-
9,5 mm	2 – 15 ²⁾	80 ²⁾ – 100	95 – 100	-	-
6,3 mm	40 ²⁾ – 65 ²⁾	92 – 100	-	-	-
4,75 mm	80 ²⁾ – 100	95 – 100	-	-	-
2,36 mm	95 – 100	-	-	-	-

Fonte: Adaptado NBR 7211 (ABNT, 2014).

Após a organização das malhas, elas foram encaixadas no agitador peneiras e, em seguida, a amostra foi despejada no conjunto. Passados 15 minutos, foi retirado o material retido em cada peneira e pesados. Os resultados obtidos constam nas Tabela 17 e Tabela 18, gerando a curva granulométrica ilustrada no Gráfico 4.

Tabela 17: Caracterização agregado graúdo – massa retida.

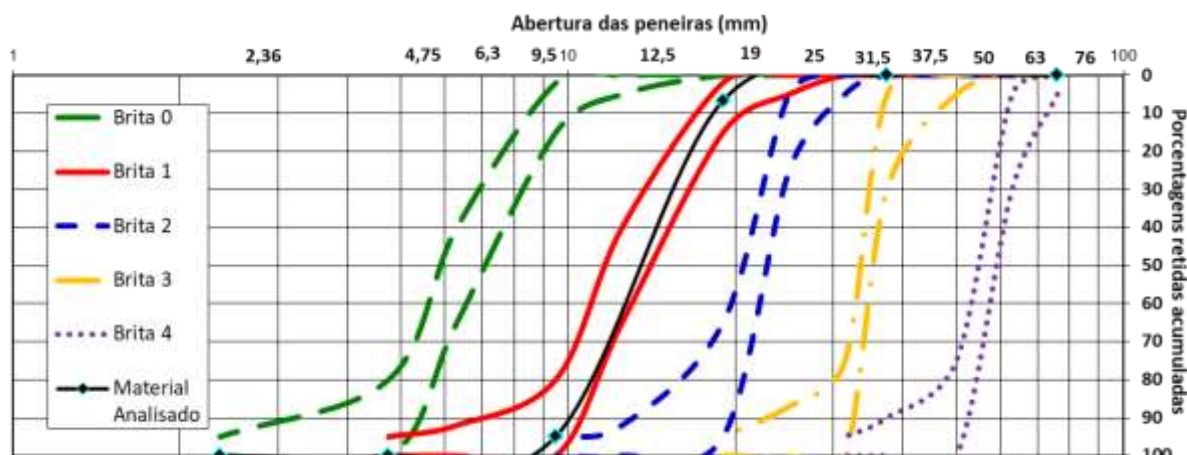
		Interessado:										Coleta:		
		Procedência:										Entrada:		
		Referência:										Registro:		
Caracterização de Agregado Graúdo - Brita														
REALIZAÇÃO DE ENSAIOS FÍSICOS DE AGREGADO GRAÚDO PARA CONCRETO														
Data:		1) COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO GRAÚDO - NBR NM 248:2003												
		a) Massa inicial seca (kg) = 5,000				b) Massa inicial seca (kg) = 5,000			Faixas em relação as porcentagens retidas acumuladas					
Abertura das Peneiras (mm)	Mrg) Massa retida (gramas)		Mr%) Massa retida (Porcentagem)		(Vr) Massa retida	(Mrm) Massa retida	(Mra) Massa retida	Brita 4,75 / 12,5	Brita 9,5 / 25	Brita 19 / 31,5	Brita 25 / 50	Brita 37,5 / 75		
	Ensaio a	Ensaio b	Ensaio a	Ensaio b	variação ± 4 %	média (%)	acumulada (%)	Nº 0	Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4		
75	0,0	0,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%					0 - 5		
63	0,0	0,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%					5 - 30		
50	0,0	0,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%				0 - 5	75 - 100		
37,5	0,0	0,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%				5 - 30	90 - 100		
31,5	0,0	0,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%			0 - 5	75 - 100	95 - 100		
25	0,0	0,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%		0 - 5	5 - 25	87 - 100			
19	374,7	290,7	7,5%	5,8%	1,7%	6,7%	6,7%		2 - 15	65 - 95	95 - 100			
12,5	3.995,9	3.693,9	79,9%	74,0%	6,0%	76,9%	83,6%	0 - 5	40 - 65	92 - 100				
9,5	455,2	669,8	9,1%	13,4%	4,3%	11,3%	94,9%	2 - 15	80 - 100	92 - 100				
6,3	167,4	323,5	3,3%	6,5%	3,1%	4,9%	99,8%	40 - 65	92 - 100	95 - 100				
4,75	6,2	16,3	0,1%	0,3%	0,2%	0,2%	100,0%	80 - 100	95 - 100					
2,36	0,0	0,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	95 - 100						
1,18	0,0	0,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%							
0,6	0,0	0,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%							
0,3	0,0	0,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%							
0,15	0,0	0,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%							
Fundo	0,0	0,0	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	Diâmetro Máximo = abertura da peneira % retida acumulada ≤ 5 %						
Mt) Total	4.999,4	4.994,2	D. máx. = 19		Módulo de Finura = 7,02			Mód. Finura = (S % retida acumulada nas peneiras normais) / 100						
Mt = (S de Mrg) [Mr% = (Mrg / Mt) * 100] [Vr = (Mr% ensaio a - Mr% ensaio b)] [Mrm = (Mr% ensaio a + Mr% ensaio b)/2] [Mra = S Mrm Massa retida media														

Fonte: Autoras (2018).

Tabela 18: Caracterização agregado graúdo - porcentagem de massa retida.

		Interessado:							Coleta:	
		Procedência:							Entrada:	
		Referência:		Caracterização de Agregado Graúdo - Brita					Registro:	
RESUMO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO GRAÚDO (NBR NM 248:2003)										
Abertura das Peneiras (mm)	Massa retida (%)		Variação das % retidas <= 4 %	Media das massas retidas (%)	Massa retida acumulada (%)	Faixas em relação as porcentagens retidas acumuladas				
	Ensaio nº 1	Ensaio nº 2				Brita 4,75 / 12,5	Brita 9,5 / 25	Brita 19 / 31,5	Brita 25 / 50	Brita 37,5 / 75
						Nº 0	Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4
75	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%					0 - 5
63	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%					5 - 30
50	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%				0 - 5	75 - 100
37,5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%				5 - 30	90 - 100
31,5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%			0 - 5	75 - 100	95 - 100
25	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%		0 - 5	5 - 25	87 - 100	
19	7,5%	5,8%	1,7%	6,7%	6,7%		2 - 15	65 - 95	95 - 100	
12,5	79,9%	74,0%	6,0%	76,9%	83,6%	0 - 5	40 - 65	92 - 100		
9,5	9,1%	13,4%	4,3%	11,3%	94,9%	2 - 15	80 - 100	92 - 100		
6,3	3,3%	6,5%	3,1%	4,9%	99,8%	40 - 65	92 - 100	95 - 100		
4,75	0,1%	0,3%	0,2%	0,2%	100,0%	80 - 100	95 - 100			
2,36	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	95 - 100				
Fundo	0,0%	0,0%	0,0%	Módulo de Finura = 7,02		Dimensão máxima característica (mm) = 19				

Fonte: Autoras (2018).

Gráfico 4: Curva granulométrica agregado graúdo.

Fonte: Autoras (2018).

Analisando-se o Gráfico 4, o material utilizado na pesquisa apresentou resultados satisfatórios quanto a caracterização, o mesmo ficou entre os limites superior e inferior da zona da brita 1. O agregado graúdo utilizado apresentava módulo de finura de 7,02 e dimensão máxima característica de 19 mm.

3.1.3.3.2 Massa específica

Segundo a NBR NM 53: Agregado miúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água (ABNT, 2002), a amostra deve ser extraída conforme a NM 26 e reduzida conforme a NM 27, conforme descrito no ensaio anterior.

A quantidade de material utilizado é determinada relacionando o diâmetro máximo do agregado, conforme Tabela 19. Ao analisar a tabela, a quantidade necessária para o ensaio da massa específica foi de 3kg.

Tabela 19: Quantidade de material necessário para o ensaio de massa específica - agregado graúdo.

<i>Dimensión máxima característica / Dimensão máxima característica</i>	<i>Masa mínima de la muestra de ensayo / Massa mínima da amostra de ensaio</i>
mm	kg
12,5	2
19,0	3
25,0	4
37,5	5
50	8
63	12
75	18
90	25
100	40
112	50
125	75
150	125

Fonte: Adaptado NBR NM 53 (ABNT, 2002).

Primeiramente, o agregado separado foi colocado de molho em um recipiente por um período de um dia inteiro, em temperatura ambiente. Passadas as 24 horas, o material foi seco superficialmente, cuidando-se para que a brita não perdesse a característica umedecida, e, em seguida, pesou-se o agregado úmido com superfície seca (m_s).

A amostra foi colocada em um cesto de arame, com abertura de aproximadamente 3,35mm, de forma que não perdesse o material inserido, e submersa em água com temperatura de 23°C para obter a massa em água (m_a). Sequencialmente, foi deixado na estufa a (105 ± 5) °C durante 24h e, em seguida, pesado novamente para obter a massa do agregado seco (m). Os valores obtidos durante o ensaio, Tabela 20, foram inseridos na Equação 4: Massa específica aparente. para a determinação da massa específica do agregado.

Tabela 20: Massa específica – agregado graúdo.

Condição do agregado	Massa
Agregado saturado com superfície seca	3008,0g
Agregado submerso – massa em água	1982,5g
Agregado seco em estufa	2960g

Fonte: Autoras (2018).

$$d_a = \frac{m}{m - m_a} \quad (4)$$

Onde:

d_a : é a massa específica aparente, em gramas por centímetro cúbico;

m : é a massa ao ar da amostra seca em estufa, em gramas;

m_a : é a massa em água da amostra saturada, em gramas.

Com a aplicação dos resultados obtidos nas equações, a massa específica encontrada para o agregado graúdo foi de 3,03 g/cm³. Essa massa específica foi utilizada para o cálculo de correção na dosagem do concreto.

3.1.3.4 Água de amassamento

A água utilizada na confecção dos concretos foi a disponível nas dependências do Centro Universitário Assis Gurgacz, sendo proveniente da rede de abastecimento da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR).

3.1.4 Traço do concreto

O traço unitário empregado nesta pesquisa foi baseado em Peres (2013), sendo 1: 2,5: 3,5 e relação água / aglomerante de 0,52, abatimento de 100±20 mm, para se obter uma resistência de 30 MPa aos 28 dias de idade. A Tabela 21 indica a quantidade de materiais por metro cúbico de concreto.

Tabela 21: Consumo de materiais (kg/m³).

MATERIAIS	CONSUMO (KG/M³)
Cimento	330,71
Areia	825,71
Brita	1155,99
Água	172,58

Fonte: Peres, (2013).

3.1.5 Moldagem e cura dos corpos de prova

O procedimento de moldagem dos corpos de prova seguiu a NBR 5738 – Concreto: procedimento para moldagem e cura de corpos de prova (ABNT, 2016), sendo sua altura o dobro do diâmetro. Para os ensaios propostos nesse trabalho, foram utilizados corpos de prova com 10 cm de altura e 5 cm de diâmetro para o ensaio de pozolanicidade, e 20 cm de altura e 10 cm de diâmetro para os demais ensaios. Sendo as laterais dos moldes de aço de forma a não reagir com o cimento.

Desta forma, as Tabela 22 e Tabela 23 especificam a quantidade de moldes utilizados para cada procedimento. Sendo a quantidade total para pozolanicidade de 24 corpos de prova e para os demais ensaios com o concreto de 72, totalizando dessa forma 96 moldes.

Tabela 22: Quantidade moldes ensaio de pozolanicidade.

Ensaio pozolanicidade	Quantidade de corpos de prova – CB			
	1º	3º	7º	28º
Argamassa B	3	3	3	3
Argamassa A	3	3	3	3
Total geral	24			

Fonte: Autoras, (2018).

Tabela 23: Quantidade moldes ensaios do concreto.

Ensaio concreto	Quantidade de corpos de prova			
	0%	5%	10%	15%
Compressão	6	6	6	6
Tração	6	6	6	6
Módulo de elasticidade	6	6	6	6
Total	18	18	18	18
Total geral	72			

Fonte: Autoras, (2018).

Para o início do procedimento foi necessário, primeiramente, revestir os moldes com uma fina camada de óleo mineral para facilitar o processo de desmoldagem. A determinação da forma de adensamento depende do abatimento do cone do tronco. Essa etapa é responsável pela saída de ar da amostra, visando obter as resistências à compressão almejadas. Como o abatimento do tronco foi entre 30 e 150 mm realizou-se o adensamento manualmente.

Após o preenchimento dos moldes, esperou-se o período de 24 horas para serem desmoldados os corpos de prova, após esse período, realizou-se o procedimento de desmoldagem e os mesmos foram armazenados na câmara úmida, com umidade e temperatura controladas, até os 28 dias de idade, momento em que foram realizados os ensaios destrutivos para a determinação das propriedades mecânicas do concreto.

3.1.6 Ensaios

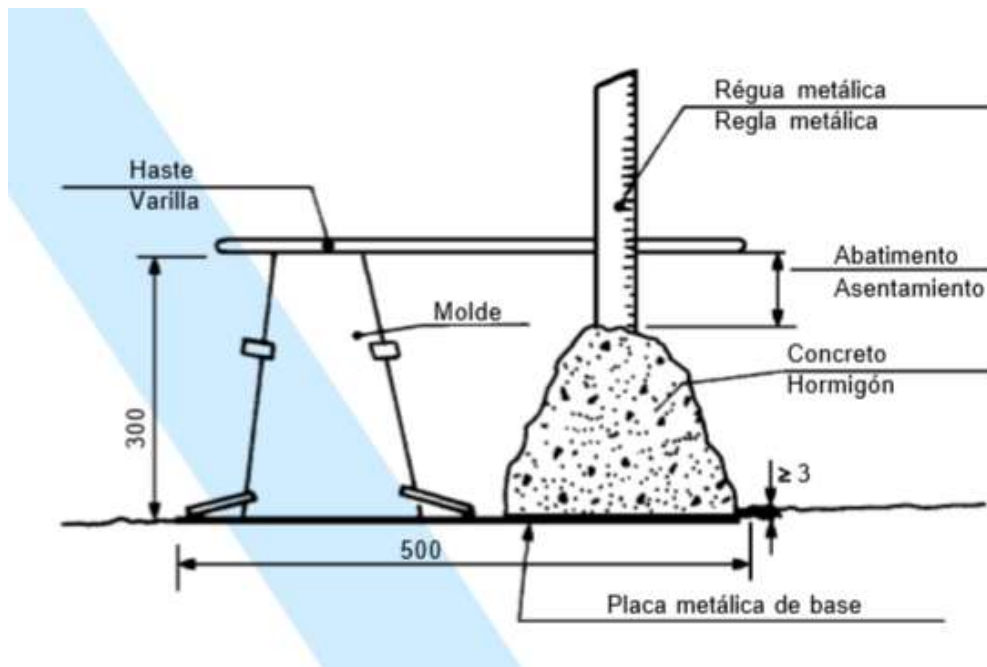
Foram realizados ensaios com a finalidade de analisar as características físicas e mecânicas do concreto fabricado com a substituição parcial do cimento por CB, testes com: Índice de pozolanicidade, compressão axial, tração por compressão diametral e módulo de elasticidade.

3.1.6.1 Ensaio de abatimento de tronco cônico.

A consistência do concreto foi definida conforme especificações da NBR NM 67 – Concreto: determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (ABNT, 2011).

O molde utilizado para esse ensaio teve o formato de um tronco de cone com o diâmetro da base inferior de (200 ± 2) mm, o diâmetro da base superior de (100 ± 2) mm e com altura de (300 ± 2) mm. A placa de base de apoio utilizada era metálica com dimensões superiores a 500 mm, quadrada e com espessura mínima de 3 mm. Primeiramente, colocou-se a placa de base metálica sobre o piso, e o molde foi posto com o maior diâmetro para baixo, anexando o mesmo à placa. Com os pés apoiados nas hastes do tronco de cone, foi enchido cerca de um terço da altura com o concreto em propriedades e, sequencialmente, adensada essa camada com 25 golpes utilizando a haste de socamento. Repetiu-se o mesmo processo para a segunda camada (mais um terço da altura) e para a terceira (altura total). Em seguida, levantou-se o molde cuidadosamente na vertical, essa operação levou de 5 a 10s. A Figura 6 ilustra o processo final do ensaio.

Figura 6: Ensaio de abatimento de tronco cônico.



Fonte: NBR NM 67 (ABNT, 2011).

3.1.6.2 Índice de pozolanicidade

Este ensaio foi realizado conforme NBR 5752 – Materiais pozolânicos: determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias (ABNT, 2014), e outras normas de referência e apoio. Para isso, foram necessários os seguintes equipamentos: Balança, moldes, mesa para índice de consistência e misturador mecânico, conforme especificações da NBR 7215 – Cimento Portland: Determinação da resistência à compressão (ABNT, 2014).

Os materiais necessários foram o cimento Portland CP II-F-32 (NBR 5752, ABNT 2014), areia Normal (NBR 7214, ABNT 2015) e o material pozolânico, sendo utilizado apenas o residual da peneira de malha 45µm, considerando-se que a porcentagem que ficou não ultrapassasse 20% a quantidade total.

A dosagem teve que ser feita de duas formas, as quais foram denominadas argamassa A e argamassa B, sendo utilizado 6 (seis) corpos de prova cilíndricos para cada dosagem. Segundo norma, a argamassa A foi composta pelos materiais convencionais, no caso, cimento, areia e água. Já para a argamassa B foi feita substituição do cimento pelo material pozolânico, com percentual de 25% de substituição, como demonstrado na Tabela 24.

Tabela 24: Quantidade de material, para moldagem dos corpos de prova (g).

Material	Massa g	
	Argamassa A	Argamassa B ^a
Cimento CP II-F-32	624 ± 0,4	468 ± 0,4
Material pozolânico	–	156 ± 0,2
Areia normal ^b	1872,0	1872,0
Água	300 ± 0,2	300 ± 0,2
Aditivo superplastificante	–	^c

^a O material pozolânico e o cimento CP II-F-32 devem ser previamente misturados e homogeneizados em recipiente fechado, durante 2 min, aproximadamente.

^b Quatro frações de (468,0 ± 0,3) g.

^c Quantidade de aditivo superplastificante necessária para manter o índice de consistência normal da Argamassa B em ± 10 mm do obtido com a argamassa A, determinado conforme ABNT NBR 7215:1997, Anexo B. O aditivo deve ser adicionado na água de amassamento diretamente na cuba. O uso de aditivo é dispensável quando o índice de consistência da argamassa B for igual (± 10 mm) ou maior que o da argamassa A.

Fonte: Adaptado NBR 5752 (ABNT, 2014).

Segundo a NBR 7215 (ABNT, 2014), a mistura dos materiais foi realizada com um misturador mecânico, demonstrado na Figura 7, com os seguintes passos: colocou-se na cuba toda a quantidade de água e adição de cimento, e para que fosse feita a mistura desses materiais, o misturador foi ligado em velocidade baixa por um período de 30s. Após este processo,

colocou-se a areia, gradualmente, durante o tempo de 30s. Assim que despejada toda a areia, aumentou-se para velocidade alta e misturou-se os materiais durante 30s. Em seguida, o misturador foi desligado durante o período de 1 min e 30s, sendo que nos primeiros 15s, com auxílio de uma espátula, foi removida a argamassa que ficou aderida nas laterais da cuba e da pá, colocando-a no centro da cuba para que fosse devidamente misturada. Durante o tempo restante, a cuba ficou em repouso, coberta por um pano úmido e limpo. Assim que, passado o tempo de repouso, ligou-se novamente o misturador em velocidade alta por 1 min.

Figura 7: Misturador Mecânico - Argamassadeira.



Fonte: Autoras (2018).

Os corpos de prova foram submetidos a um processo de cura inicial ao ar, onde os corpos de prova, ainda nos moldes, foram colocados em câmara úmida por um período de 20 a 24 horas, com suas superfícies cobertas por uma placa de vidro plana, como mostra a Figura 8.

Figura 8: Corpos de prova de argamassa com sua superfície coberta por vidro.



Fonte: Autoras (2018).

Após este período na câmara úmida, os corpos de prova foram submetidos a um processo de cura final em água, sendo esses, retirados das formas, exceto aqueles que foram rompidos com 24 horas de idade. O restante dos corpos foi imerso em tanque com água saturada de cal, onde permaneceram até o momento do ensaio.

A determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias de idade calculou-se através da Equação 5.

$$I_{\text{cimento}} = \frac{f_{cB}}{f_{cA}} * 100 \quad (5)$$

Onde:

I_{cimento} : é o índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias. O resultado expresso em porcentagem (%) deve ser arredondado ao inteiro.

f_{cB} : é a resistência do corpo de prova aos 28 dias da argamassa B, expressa em megapascal (MPa).

f_{cA} : é a resistência do corpo de prova aos 28 dias da argamassa A, expressa em megapascal (MPa).

3.1.6.3 Compressão axial

Nesta etapa, foram realizados ensaios à compressão dos corpos de prova cilíndricos do concreto, os quais foram moldados conforme NBR 5738 (ABNT, 2016), e extraídos conforme NBR 7680 (ABNT, 2015).

O procedimento de ensaio destrutivo dos corpos de prova foi realizado conforme NBR 5739 - Ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos (ABNT, 2007), onde especifica que as estruturas de aplicação de força devem ter capacidade compatível com a dos ensaios realizados, permitindo a aplicação controlada da força sobre os corpos de prova, os quais foram posicionados entre os pratos de compressão de modo que seu eixo coincidisse com o da máquina.

Nesse caso, o equipamento utilizado foi a prensa computadorizada da marca CONTENCO, modelo I-3058, com capacidade de 100 t, disponível no laboratório de Engenharia Civil do campus FAG, a Figura 9 a seguir mostra o posicionamento de um dos corpos de prova no equipamento.

Figura 9: Ensaio de Compressão Axial.



Fonte: Autoras (2018).

O acionamento do aparelho foi realizado de forma a manter uma aplicação de força contínua e isenta de choques, a escala da taxa de aplicação de força atendeu a uma velocidade de carregamento de $(0,45 \pm 0,15)$ MPa/s.

Como o equipamento já possui o software instalado para esse ensaio, os resultados foram gerados automaticamente, não havendo a necessidade de cálculo.

3.1.6.4 Tração por compressão diametral

Conforme NBR 7222 - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos (ABNT, 1993), após os 28 dias de idade os corpos de prova foram posicionados ao longo de uma geratriz, de forma que os pratos de compressão ficassem posicionados paralelos ao diâmetro da amostra. Entre os corpos de prova e os pratos colocou-se duas tiras de madeira conforme norma NBR 10024 (ABNT, 2016), como ilustra a Figura 10, e carga de compressão aplicada continuamente crescente e sem choques. A velocidade de aplicação conforme norma de $(0,05 \pm 0,05)$ MPa/s até a ruptura do corpo de provas.

Figura 10: Ensaio de Tração Por Compressão Diametral.



Fonte: Autoras (2018).

O equipamento utilizado já possui um software para a realização desse ensaio, gerando, automaticamente, laudos com os resultados obtidos, tornando desnecessário seu cálculo.

3.1.6.5 Módulo de elasticidade

O ensaio de módulo de elasticidade seguiu as especificações da NBR 8522, determinação do módulo estático de elasticidade a compressão (ABNT, 2017), onde define que os instrumentos para medição devem ser elétricos ou mecânicos. No caso deste trabalho, foi realizado o procedimento com um instrumento de medição mecânico, denominado como compressômetro de bases independentes, onde o mesmo é constituído de dois anéis, ambos fixados no corpo de prova, e dois relógios comparadores posicionados diametralmente opostos, como mostra a Figura 11.

Figura 11: Compressômetro de bases independentes.



Fonte: Autoras (2018).

Para a aplicação de carga e leitura de deformação, os corpos de prova devem estar centralizados de acordo com o eixo de aplicação da carga do equipamento, e seus deslocamentos e carregamentos devem obedecer a velocidade de $(0,45 \pm 0,15)$ MPa/s.

O procedimento foi conduzido pelo método A, onde a tensão é fixada em 0,5Mpa conforme apresentado em sua norma, sendo esse dividido em quatro etapas: Primeiramente, deve-se carregar o corpo de prova até a força correspondente à tensão do limite superior e mantê-la durante 60s. Depois, descarregar o corpo de prova até uma força próxima à zero ou a primeira marcação correspondente à divisão da escala analógica, sem deixar o prato superior perder contato com a amostra. A segunda etapa consiste em carregar o corpo de prova até a força correspondente à tensão de 0,5 MPa e mantê-la durante 60s. Carregar o corpo de prova até a força correspondente à tensão limite superior, manter por mais 60s, e descarregar novamente o corpo de prova. A terceira etapa consiste em repetir o mesmo procedimento da segunda etapa. Por fim, a quarta etapa corresponde em carregar novamente o corpo de prova até a força correspondente à tensão de 0,5 MPa e mantê-la durante 60s, e registrar as deformações lidas, tomadas em, no máximo, 30s.

O cálculo do módulo de elasticidade utiliza-se a Equação 6 para o método conduzido em ensaio.

$$E_{ci} = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = \frac{\sigma_b - 0,5}{\varepsilon_b - \varepsilon_a} 10^{-3} \quad (6)$$

Onde:

σ_b : é a tensão maior em megapascal: ($\sigma_b=0,3f_c$), ou outra tensão especificada em projeto.

0,5: é a tensão básica em megapascal.

ε_b : é a deformação específica média ($\varepsilon= \Delta L/L$) dos corpos de prova sob tensão maior.

ε_a : é a deformação específica média dos corpos de prova sob tensão básica (0,5 MPa).

3.1.7 Análise dos dados

Após a realização dos ensaios, os dados coletados foram analisados por meio de tabelas, elaboradas no programa Excel. Visando melhor compreensão dos resultados obtidos, foram criados também, gráficos, comparando as características do concreto convencional com o concreto com adições de CB, separado por suas respectivas porcentagens de substituição, sendo analisado seu desempenho.

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos através dos ensaios de índice de pozolanicidade, resistência à compressão, tração por compressão diametral e módulo de elasticidade, executados em corpos de prova com diferentes teores de cinzas de Bambu em substituição parcial do cimento em suas concretagens.

4.1.1 Análise das propriedades do concreto fresco.

Durante o processo de mistura dos materiais para a produção do concreto, notou-se que, conforme aumentava a porcentagem de substituição do cimento pela cinza do bambu, a massa gerada absorvia uma maior quantidade de água. Porém, mesmo havendo essa absorção, não houve a necessidade de alteração do traço do concreto, pois os mesmos se encontravam dentro dos padrões estipulados pela NBR NM 67 – Concreto: determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (ABNT 2011).

A Tabela 25 mostra os resultados gerados pelo ensaio de abatimento de tronco cônico, o qual determina a trabalhabilidade do concreto.

Tabela 25: Resultados do ensaio de abatimento de tronco cônico.

Abatimento de tronco cônico (mm)	
Substituições	
0%	69
5%	54
10%	42
15%	38

Fonte: Autoras (2018).

4.1.2 Índice de atividade pozolânica.

Conforme NBR 5752 – Materiais pozolânicos: determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias (ABNT 2014), foram produzidos corpos de prova de argamassas do Tipo A e Tipo B, sendo esses, submetidos ao ensaio de compressão axial após os períodos de cura de 1, 3, 7 e 28 dias, gerando assim, os laudos apresentados no Anexo B, e seus resultados expostos na Tabela 26.

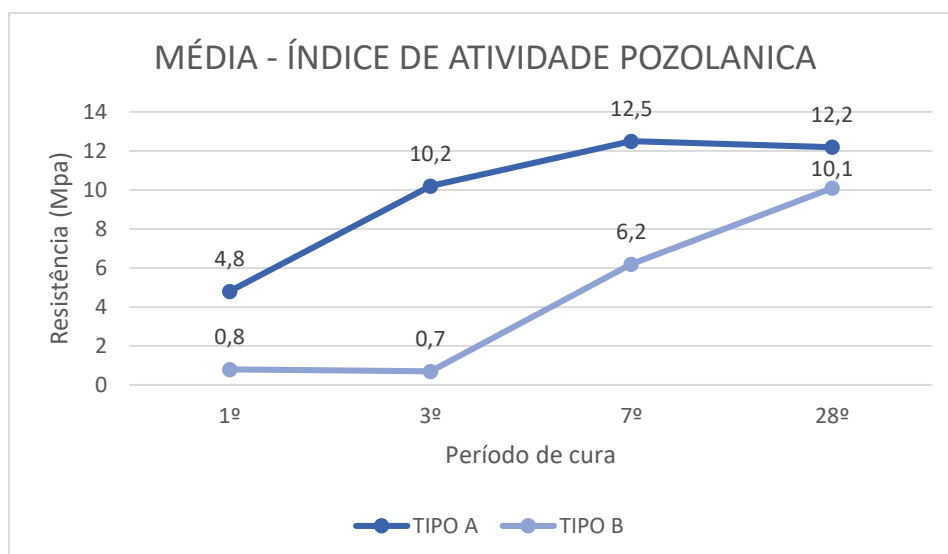
Tabela 26: Resultados do ensaio de pozolanicidade.

Argamassa	1 Dia			3 Dias			7 Dias			28 Dias		
Tipo A	5,1	4,7	4,6	9,8	10,9	9,8	12	14,2	11,3	12,4	13,1	11
Média	4,8			10,2			12,5			12,2		
Argamassa	1 Dia			3 Dias			7 Dias			28 Dias		
Tipo B	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	5,8	7,7	5,2	7,7	11,4	11,2
Média	0,8			0,7			6,2			10,1		

Fonte: Autoras (2018).

Em sequência, os resultados foram lançados no Gráfico 5, para que os dados fossem analisados da melhor forma, observando-se assim, que os corpos de prova de argamassa do Tipo B obtiveram um aumento significativo nos períodos de 7 e 28 dias.

Gráfico 5: Média - ensaio de pozolanicidade.



Fonte: Autoras (2018).

4.1.2.1 Cálculo

Para a realização do cálculo a NBR 5752 (ABNT, 2014), especifica que deve ser utilizada a média referente aos resultados obtidos aos 28 dias, em relação a argamassa do Tipo A e Tipo B. Desta forma, será apresentado a seguir o resultado obtido através do cálculo.

$$\text{Icimento} = \frac{10,1}{12,2} * 100$$

$$\text{Icimento} = 82,78\% \approx 83\%$$

Segundo a NBR 12653 (ABNT, 2014), o material utilizado neste trabalho está classificado como Classe E, devendo assim, ser comparado o resultado do cálculo do índice de atividade pozolânica obtido com a porcentagem mínima especificada em norma e apresentada na Tabela 27.

Tabela 27: Exigências físicas.

Propriedades	Classes de material pozolânico		
	N	C	E
Material retido na peneira 45 µm, % máx.	34	34	34
Índice de atividade pozolânica:			
- com cimento aos 28 dias, em relação ao controle, % mín.	75	75	75
- com o cal aos 7 dias, em MPa	6,0	6,0	6,0
- água requerida, % máx.	115	110	110

Fonte: Adaptado NBR 12653 (ABNT, 1992)

Conforme análise, o resultado obtido é superior ao mínimo estipulado pela norma, caracterizando assim o material utilizado como pozolânico, o que significa que o mesmo é compatível ao cimento e pode ser utilizado em sua substituição parcial na produção do concreto para os demais procedimentos.

4.1.3 Compressão axial

Segundo a NBR 5739 (ABNT, 2007), os corpos de prova produzidos, sendo esses de concreto comum e nos teores de substituição parcial de 5, 10 e 15%, foram submetidos a uma força axial gerada pela prensa computadorizada citada anteriormente, sendo o procedimento realizado após um período de 28 dias de idade dos moldes.

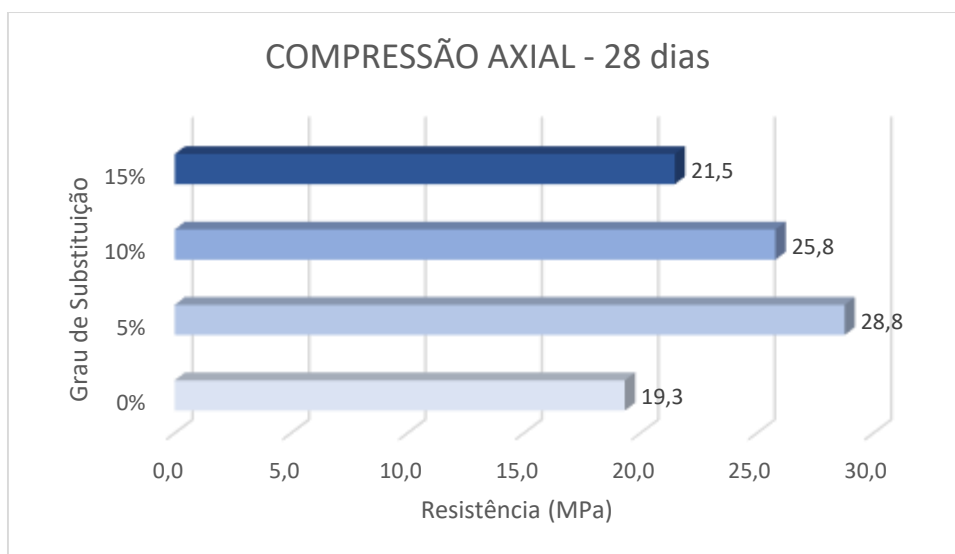
Os resultados obtidos estão presentes na Tabela 28 e suas médias, apresentadas no Gráfico 6, para melhor entendimento. Os laudos gerados pelo software encontram-se no Anexo C.

Tabela 28: Resultados ensaio compressão axial.

COMPRESSÃO AXIAL					
Nº CP	Resistencia (MPa)	Grau de Substituição			
		0%	5%	10%	15%
CP1		19,6	26,4	26,6	25,1
CP2		20,0	30,0	24,4	24,3
CP3		18,9	30,1	25,0	16,4
CP4		20,1	30,2	26,4	18,5
CP5		19,4	27,3	26,2	22,9
CP6		18,0	28,6	26,2	21,7
Média		19,3	28,8	25,8	21,5

Fonte: Autoras (2018).

Gráfico 6: Médias de ensaio de compressão axial.



Fonte: Autoras (2018).

Observou-se, após o levantamento dos dados, que o concreto convencional/comum obteve uma resistência a compressão abaixo de 20MPa, quando deveria alcançar no mínimo 30 MPa por se tratar de um concreto estrutural.

Então, para que a comparação fosse realizada de uma forma mais adequada, os resultados obtidos com o concreto comum foram descartados, e definiu-se, como base de comparação, os resultados obtidos por Peres (2013), a qual utilizou o cimento CPV-ARI para a produção do concreto possibilitando a comparação dessa forma. Esses dados estão presentes na Tabela 29.

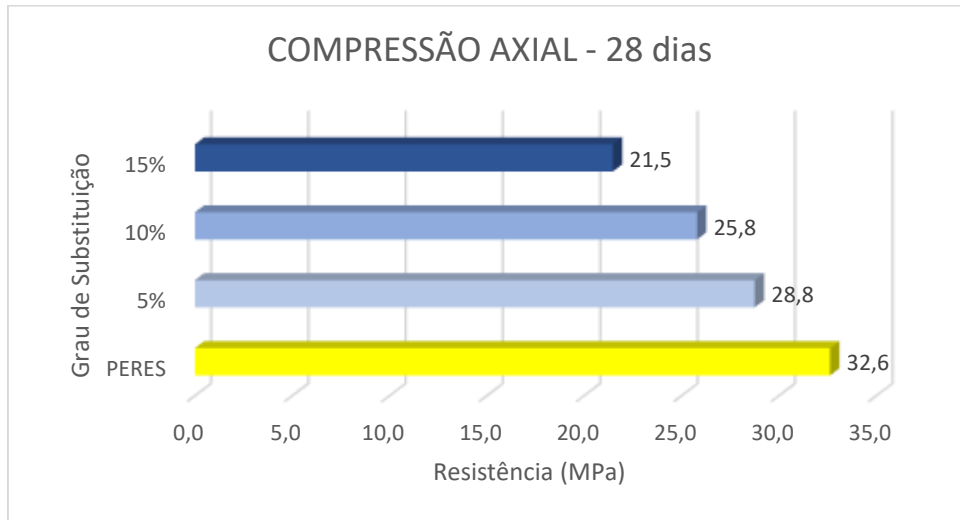
Tabela 29: Resultados de resistência a compressão utilizados para comparação.

Concreto Convencional	
Nº CP	Resistência à compressão (MPa) 28 dias
CP1	34,0
CP2	33,6
CP3	33,1
CP4	29,9
CP5	32,5
CP6	32,7
Média	32,6

Fonte: Autoras (2018 adaptado de Peres, 2013).

Em sequência, foi gerado o Gráfico 7, com a nova comparação das médias, onde observou-se que os concretos de substituição obtiveram resultados abaixo do esperado, mesmo tendo sido produzido com cimento de maior resistência. Analisou-se também, que o grau de substituição gera resultados inversamente proporcionais a sua resistência, ou seja, quanto maior a porcentagem de substituição do cimento por cinza menor será sua resistência a compressão.

Gráfico 7: Nova média do ensaio de compressão axial.



Fonte: Autoras (2018).

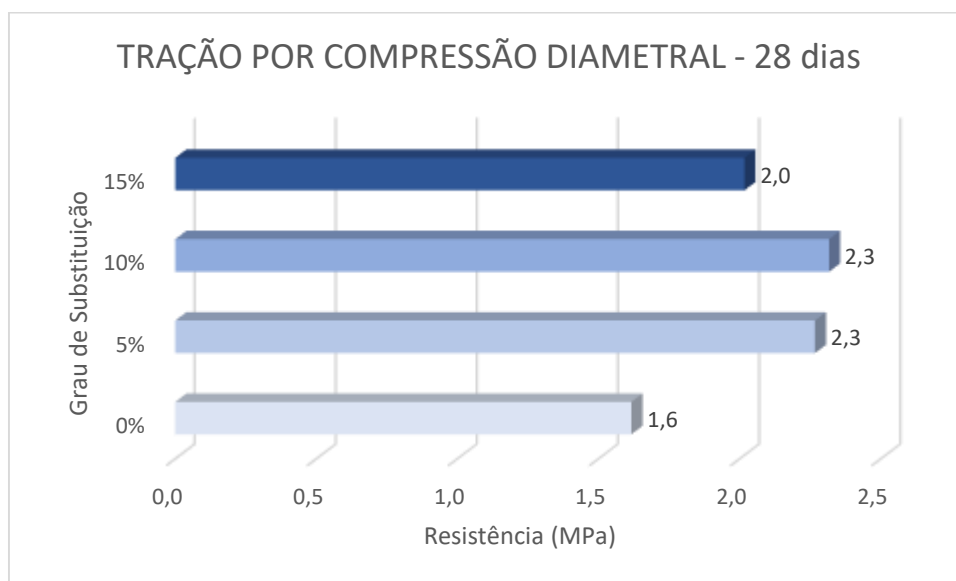
4.1.4 Tração por compressão diametral

Neste ensaio, foram realizados os procedimentos de moldagem e cura conforme NBR 7215 (ABNT, 2014) e NBR 5738 (ABNT, 2016). Para a realização do ensaio seguiu-se a NBR 7222 - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos (ABNT, 1993), onde os corpos de prova de concreto convencional e nos teores de substituição parcial de 5, 10 e 15%, foram submetidos ao processo de compressão por pratos paralelos a região diametral do corpo de prova, tornando-se capaz de determinar a tração máxima aceita pelo material, as quais estão apresentadas na Tabela 29 e suas médias no Gráfico 8.

Tabela 30: Resultados ensaio de tração por compressão diametral.

TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL					
Nº CP	Resistencia (MPa)	Grau de Substituição			
		0%	5%	10%	15%
CP1		1,8	2,2	2,4	2,0
CP2		1,5	2,7	2,6	2,2
CP3		1,9	2,3	2,8	2,4
CP4		1,3	2,0	2,3	1,5
CP5		2,0	2,1	2,0	2,0
CP6		1,2	2,3	1,8	2,0
Média		1,6	2,3	2,3	2,0

Fonte: Autoras (2018).

Gráfico 8: Médias ensaio de tração compressão diametral.

Fonte: Autoras (2018).

Através da análise realizada, pode-se notar que houve pouca variação entre os resultados, mesmo o concreto convencional não tendo alcançado o potencial esperado, o resultado comparado aos concretos de substituição parcial não é tão distante.

Neste caso, não se obteve outro material para base de comparação, mas como os resultados foram próximos, definiu-se que não é viável a utilização da cinza do bambu para o melhoramento na questão de tração.

4.1.5 Módulo de Elasticidade

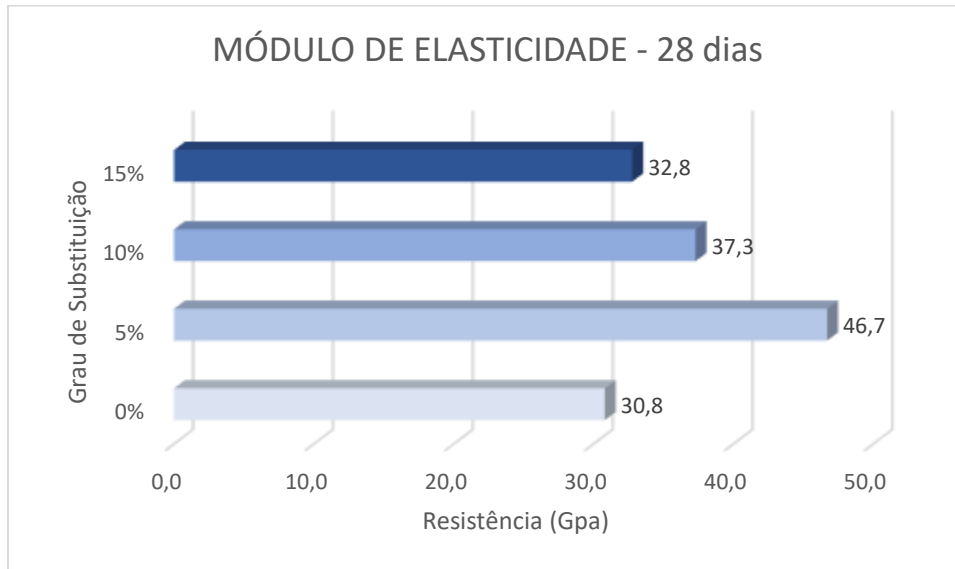
Este ensaio foi realizado conforme NBR 8522 (ABNT, 2017), sendo utilizado um compressômetro de bases independentes e aplicado o método A, onde é fixada uma tensão inicial de 0,5 MPa. Neste procedimento de ensaio encontrou-se dificuldades em relação ao manuseio dos relógios comparadores, pois um dos relógios aparentava não estar trabalhando em conformidade com o outro, e os auxiliares de laboratório não estavam preparados para tal procedimento. Mesmo assim, seguiu-se com a realização do ensaio.

Como o equipamento não possui o software para gerar os resultados finais, houve-se a necessidade de, conforme a Equação 7 descrita no método de ensaio, utilizar a média obtida pelos ensaios de compressão axial em relação aos seus respectivos teores de substituição e concreto convencional. A Tabela 31 apresenta os resultados obtidos e em sequência o Gráfico 9 apresenta as médias alcançadas.

Tabela 31: Resultados ensaio de módulo de elasticidade.

MÓDULO DE ELASTICIDADE					
Nº CP	Resistencia (GPa)	Grau de Substituição			
		0%	5%	10%	15%
CP1		29,8	48,6	41,4	29,8
CP2		32,1	47,9	44,6	30,5
CP3		25,2	46,5	4,7	33,1
CP4		30,7	43,4	45,3	34,3
CP5		30,2	48,6	42,6	34,8
CP6		36,9	45,2	45,3	34,2
Média		30,8	46,7	37,3	32,8

Fonte: Autoras (2018).

Gráfico 9: Médias ensaio de módulo de elasticidade.

Fonte: Autoras (2018).

Para informações mais detalhadas, as planilhas de cálculo produzidas encontram-se no Apêndice A.

Para a análise dos dados obtidos neste ensaio, realizou-se o mesmo procedimento que no ensaio de compressão axial, sendo definida uma base de comparação utilizando os resultados obtidos com o concreto convencional em Peres (2013), como mostra a Tabela 32.

Tabela 32: Resultados de módulo de elasticidade utilizados para comparação.

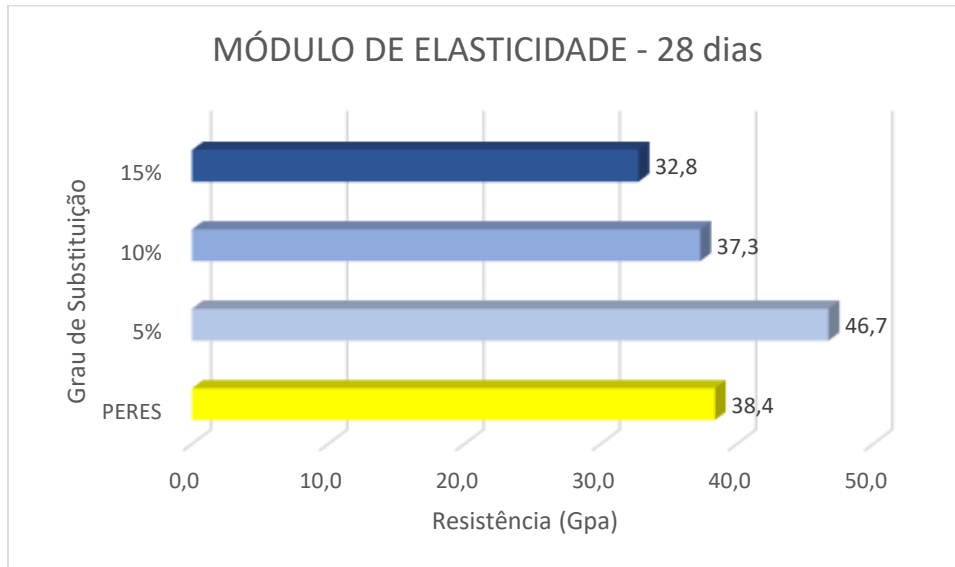
Concreto Convencional	
Nº CP	Resistência à compressão (MPa) 28 dias
CP1	37,9
CP2	38,1
CP3	39,1
CP4	38,4
Média	38,4

Fonte: Autoras (2018 adaptado de Peres, 2013)

Assim, com os dados obtidos por Peres (2013), é gerado o Gráfico 10 com a nova comparação. Porém, mesmo com os dados de comparação, observa-se que a média obtida com as substituições parciais são maiores que os resultados obtidos no ensaio de compressão axial.

Dessa forma, deduziu-se que houve falha no procedimento, que pode ter sido causada pelo fato dos relógios não apresentarem calibragem correta, gerando erro no momento de aferição.

Gráfico 10: Nova média ensaio de módulo de elasticidade.



Fonte: Autoras (2018).

CAPITULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa teve como intuito a utilização da cinza de bambu no concreto como substituição parcial do aglomerante hidráulico, visando diminuir a quantidade de cimento em meio à mistura. Esse processo acarretaria na diminuição de produção de cimento em nível mundial, transformando o ramo da construção civil menos vilã no cenário efeito estufa.

O real problema esta no processo de queima e maceração do clínquer e gesso, atividade a qual libera elevada quantidade de CO₂ para a atmosfera e também fator imprescindível para a confecção do cimento Portland, o qual é um dos principais materiais no setor de construção civil. Esse efeito dominó ocasiona a poluição da camada de ozônio e consequentemente o aumento da temperatura e da sensação térmica provocada.

O estudo realizado aponta resultados satisfatórios quanto ao índice de pozolanicidade, sendo que o mínimo exigido por norma é 75% e a argamassa apresentou índice de 83%, comprovando dessa forma, que a cinza de bambu reage quimicamente com as partículas do cimento o que possibilita sua utilização na mistura do concreto.

Em relação a compressão axial, foram moldados seis corpos de prova para cada porcentagem de substituição de cinza e mais seis sem adições como base de comparação. Contudo, os concretos de referência apresentaram valores de resistência à compressão extremamente baixos, o possível erro pode ter sido na relação A/C utilizada devido ao fator de correção da umidade do agregado miúdo. Mesmo o concreto convencional não atingindo a resistência necessária, pode-se notar que ao aumentar a porcentagem de cinzas, a resistência média dos corpos de prova da porcentagem analisada diminuía.

Utilizando então os dados obtidos por Peres (2013), foi analisado que em relação ao concreto convencional o concreto com adições de 5% sofreu redução de 11,6%, com adições de 10% apresentou redução de 20% e com adições de 15% a redução foi de 34%, aproximadamente, em relação a resistência a compressão.

Notou-se que os resultados obtidos com o ensaio de tração permaneceram próximos, mesmo que o molde testemunho tenha apresentado valores inferiores, a cinza de bambu não pode ser utilizada para melhorar esse quesito.

Os dados obtidos a partir do ensaio de módulo de elasticidade foram extremamente altos, mesmo utilizando Peres (2013) os resultados não estão em conformidade com o padrão, a falha foi a falta de calibragem dos relógios, o que não permitiu aferição correta dos valores de deformação, sendo assim os resultados foram descartados.

Mesmo que o concreto com substituição de cinza, nas proporções 5, 10 e 15%, não atingiu o resultado esperado na resistência a compressão, tração por compressão diametral e módulo de elasticidade, por meio do ensaio de índice de pozolanicidade comprovou-se que a cinza de bambu reage com as partículas do cimento, podendo assim, ser classificada como pozolana.

CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Como encerramento, alguns assuntos ainda não pesquisados são sugeridos com o intuito do aprofundamento da pesquisa do uso de cinza de bambu como material constituinte do concreto.

- Comparar propriedades do concreto convencional com o concreto com substituição parcial de cimento por cinza de bambu adicionando-se superplastificante na mistura.
- Verificar viabilidade econômica ao substituir o cimento por cinza de bambu.
- Comparar propriedades do concreto convencional utilizando a cinza de bambu como substituição parcial do agregado miúdo.

REFERÊNCIAS

AGRONOVA – O Produtor conectado a informação, **Cana-de-açúcar**, 2017. Disponível em:<
<http://www.agronovas.com.br/cana-de-acucar-2/>>. Acessado em: 20 de março de 2018.

ARRUDA, L. M.; QUIRINO, W. F. **Caracterização energética de Bambu (Guadua magna)**. Anais do 3º Congresso Internacional de Bioenergia e Biotech Fair, 2008. Disponível em:<

<http://www.bambubrasileiro.com/arquivos/Caracterizacao%20Energetica%20Guadua%20Magna%20-%20Arruda%20&%20Quirino%202008.pdf>>. Acessado em: 14 de março de 2018. PEREIRA, M.A.R.; BERALDO, A.L. Bambu de corpo e alma. Bauru: Canal 6; 2008

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 10024. **Chapa dura de fibra de madeira — Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 11579. Cimento Portland — Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200). Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 5733. **Cimento Portland de alta resistência inicial**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 5737. **Cimentos Portland resistentes a sulfatos**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 5738. **Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 5739. **Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 5752. **Materiais pozolânicos — Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 7211. **Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 7214. **Areia normal para ensaio de cimento – Especificação**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 7215. **Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 7222. **Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 7680. **Concreto - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto** Parte 1: Resistência à compressão axial. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 8522. **Concreto - Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão**. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 9778. **Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR NM 67. **Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 2011.

BAMBUSC – Associação Catarinense do Bambu. MARQUES, M. **O Potencial Econômico das Espécies Nativas Brasileiras de Bambu**, 2009. Disponível em:<<http://bambusc.org.br/?p=451>>. Acessado em: 20 de março de 2018.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria de Construção. **Cimento[Consumo, Produção e Valores de Materiais de Construção]**, 2018. Disponível em:<<http://www.cbicdados.com.br/menu/materiais-de-construcao/cimento>>. Acessado em: 14 de março de 2018.

CORDEIRO, G. C. et al. **Estudo do processo de moagem da cinza do bagaço da cana-de-açúcar visando seu emprego como aditivo mineral para concreto**. IAC–NOCMAT. João Pessoa: ABMTENC, 2003.

EMBRAPA – Agroindústria tropical. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, MATTOS, A. et al. **Beneficiamento da casca de coco verde**, 2004. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/agroindustria-tropical>>. Acessado em: 02 de março de 2018.

ENGENHARIAE – RAMOS, A. **Forte, resistente e flexível: bambu poderá substituir o aço**, 2015. Disponível em:< <http://engenhariae.com.br/meio-ambiente/forte-resistente-e-flexivel-bambu-podera-substituir-o-aco/>>. Acessado em: 20 de março de 2018.

IFRN – Instituto Federal do Rio Grande do Norte, **Projeto usa pó da casca do coco verde como matéria-prima de pesquisa**, 2014. Disponível em:<<http://portal.ifrn.edu.br/campus/natalzonanorte/noticias/po-da-casca-do-coco-verde-vira-materia-prima-de-pesquisa-do-campus>>. Acessado em: 20 de março de 2018.

KAWABATA, Celso Yoji. **Aproveitamento de cinzas da queima de resíduos agroindustriais na produção de compósitos fibrosos e concreto leve para a construção rural**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em:<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74131/tde-25032008-145859/en.php>>. Acessado em: 14 de março de 2018.

LIMA, José Antonio Ribeiro de. **Avaliação das consequências da produção de concreto no Brasil para as mudanças climáticas**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

LIMA, S. A. **Análise da viabilidade do uso de cinzas agroindustriais em matrizes cimentícias: estudo de caso a cinza da casca da castanha de caju**. São Carlos, 2008. 2008. Tese de Doutorado. Dissertação (mestrado), Universidade de São Paulo.

LIMA, Sofia Araújo et al. **Caracterização de concretos confeccionados com a cinza do bagaço da cana-de-açúcar**. In: Tema Caracterização de Materiais. CINPAR 2010–VI Congresso Internacional sobre patologia e reabilitação de estruturas. Córdoba, Argentina. 2010.

MATOS, Samile Raiza Carvalho; GUIMARÃES, Cleidson Carneiro. **Utilização da cinza da casca do coco verde como substituição parcial do cimento Portland em argamassas**. REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 13, n. 1.

MEHTA, Povindar K.; MONTEIRO, Paulo JM; CARMONA FILHO, Antônio. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. Pini, 2001.

MORAES, M. **Apostila da disciplina de materiais da construção II: Adições Minerais ao concreto**. Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiás, 2012.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do Concreto**-2ª Edição. Bookman Editora, 1997.

NOGUEIRA, L.A.H. et al.. **Dendroenergia: fundamentos e aplicações**. Brasília, DF: ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, 2000. 144 p.

PAULA, L. G. **Análise termoeconômica do processo de produção de cimento Portland com co-processamento de misturas de resíduos**. Diss. Mestrado Eng. Mecânica-Inst. Eng. Mecânica, Univ. Fed. Itajubá, Itajubá, MG, 2009. Disponível em: <<https://saturno.unifei.edu.br/bim/0034506.pdf>>. Acessado em: 13 de março de 2018.

PEREIRA, Marco AR; BERALTO, L. A. **Bambu de corpo e alma**. Canal Projetos, 2008.

PERES, M. V. N. N. **Comportamento do concreto com adição de fibras de aço de pneu para aplicação em pisos industriais**. Tese de Doutorado – Exame de qualificação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, 2013.

PETRUCCI, Eladio Geraldo Requião; PAULON, Vladimir Antonio. **Concreto de cimento Portland**. Globo, 1998

POGGIALI, Flavia Spitalé Jacques. **Desempenho de microconcretos fabricados com cimento Portland com adições de cinza de bagaço de cana-de-açúcar**. 2010.

SANTI, Thais. **O potencial do bambu**. Revista O Papel – Revista mensal de tecnologia em celulose e papel. Ano LXXVI N° 4, Abril 2015. Disponível em <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1016916/1/25536.pdf>>. Acessado em: 16 de março de 2018.

SANTOS, Sílvia. **Estudo da viabilidade de utilização de cinza de casca de arroz residual em argamassas e concretos**. 1997.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **O cultivo e o mercado do coco verde**. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-cultivo-e-o-mercado-do-coco-verde,3aba9e665b182410VgnVCM100000b272010aRCRD>>. Acessado em: 16 de março de 2018.

SILVA, Maria Regina Nunes da; SILVA, João Paulo Nunes da. **Noções da cultura da cana-de-açúcar**. 2012.

SNA – Sociedade Nacional de Agroindústria, **Produção de carvão ativo a partir do bagaço da cana poderá reduzir poluição**, 2017. Disponível em: <<http://sna.agr.br/producao-de>>

carvao-ativo-a-partir-do-bagaco-da-cana-podera-reduzir-poluicao/>. Acessado em: 20 de março de 2018.

VASCONCELOS, Yuri. **Concreto feito de Cinzas**. Pesquisa Fapesp, n. 171, p. 68, 2010. Disponível em: <<http://www.revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2012/07/068-071-1711.pdf>>. Acessado em: 14 de março de 2018.

XAVIER, Maria Emília Rehder; KERR, Américo Sansigolo. **A análise do efeito estufa em textos paradidáticos e periódicos jornalísticos**. Caderno Brasileiro de ensino de Física, v. 21, n. 3, p. 325-349, 2004. Disponível em: <<file:///D:/Meus%20Documentos/Downloads/6423-19709-1-PB.pdf>>. Acessado em: 13 de março de 2018.

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar**. Pini/SindusCon-SP, 2004.

ANEXO A – FICHA INFORMATIVA DO FABRICANTE

1 IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E DA EMPRESA		2 IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS	
CIMENTO PORTLAND Código interno de identificação do produto (se aplicável) EMPRESA: InterCement Brasil S/A ENDEREÇO: VERIFICAR ANEXO TELEFONE PARA CONTATO: 0800 7039003 TELEFONE PARA EMERGÊNCIA: 0800 7039003 * dados opcionais		Efeitos / Sintomas da exposição	
		Inalação	Exposição à poeira pode causar irritação das vias respiratórias. O efeito depende do grau de exposição. Exposição repetida e prolongada pode causar tensão no tórax, tosse, danos ao pulmão.
		Pele	A pasta de cimento apresenta um pH elevado podendo irritar a pele em caso de contato prolongado. O contato repetitivo com o pó pode causar eczema.
		Olhos	Pode ocorrer irritação, queimadura e danos na córnea. Exposições a longo prazo podem causar queima química ou ulceração dos olhos.
		Ingestão	Pode causar queimadura na mucosa da boca, esôfago e estômago. A ingestão de grandes quantidades pode causar problemas intestinais e possível formação de agregado sólido no estômago e intestino.
Meio Ambiente		O cimento não apresenta risco ao meio ambiente.	
3 COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE INGREDIENTES			
Produto químico preparado CAS 65997-15-1			
Palavra de advertência:		O cimento Portland é constituído basicamente de clínquer portland finamente moído e gesso. Podem, ainda, ser adicionados outros materiais normalizados dependendo do tipo que se deseja. Pode ter a seguinte composição, conforme a mistura que for preparada:	
Frases de perigo:			
Pictogramas:		Componente	Faixa de concentração (%)
		Silicato tricálcico	20-70
		Silicato dicálcico	10-60
Frases de precaução:		Ferro-aluminato de cálcio	5-15
		Sulfato de cálcio	2-8
		Aluminato tricálcico	1-15
		Carbonato de cálcio	0-10
		Óxido de magnésio (livre)	0-6
		Óxido de cálcio (livre)	0-3
			12168-85-3 10034-77-2 12068-35-8 Vários 12042-78-3 1317-65-3 1309-48-4 1305-78-8
4 MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS			
PREVENÇÃO		AÇÃO	
Trabalhar em ambiente ventilado, de preferência com uso de máscaras ou sob outro tipo de exaustão. Caso haja possibilidade de concentrações inaceitáveis de poeira no ar, e não seja possível a utilização de proteção coletiva eficiente, deve ser elaborado um programa de proteção respiratória, de acordo com a Instrução Normativa nº 1, de 11/04/1994 do MT.		Remover a pessoa para local fresco e arejado. Procure assistência médica.	

Evitar contato com a pele. Usar roupas e luvas resistentes à abrasão e materiais alcalinos. Não usar cremes no lugar de luvas.		Lavar imediatamente com bastante água corrente e sabão, por pelo menos 15 minutos. Remover toda roupa contaminada, principalmente com cimento úmido, para evitar contato com a pele. Procurar assistência médica.	
Usar óculos de proteção. Não devem ser utilizadas lentes de contato.		Lavar imediatamente com bastante água, por pelo menos 15 minutos. Assegurar que as pálpebras estejam abertas e que os olhos se movam por todas as direções. Procurar o médico. NÃO PROVOCAR VÔMITO. Fornecer bastante água ou leite. Procurar assistência médica.	
Evitar descarte do cimento no esgoto e nas águas de superfície (rios, córregos e lagos)			

5 MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO		6 MEDIDAS DE CONTROLE PARA DERRAMAMENTO OU VAZAMENTO		7 MANUSEIO E ARMAZENAMENTO	
O cimento não é inflamável. Todas as medidas de extinção são utilizáveis nos casos de incêndio nas proximidades.	Limpar todo o derramamento deste material para evitar levantamento de poeira e coletar em recipientes apropriados. O cimento endurecido pode ser eliminado como resíduo inerte.	Manuseio Manusear com cuidado. Evitar contato direto com a pele. Evitar geração de poeira.	Armazenamento Estocar em locais secos, protegidos de umidade e água, e produtos químicos que possam provocar reações perigosas. Manter os recipientes bem fechados e protegidos de danos.		

8 CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL	
Valores limites de exposição 10mg/m ³ , concentração média de 8 horas. Utilizar exaustores para manter o nível de poeira abaixo dos limites de exposição em locais de trabalho empoeirado e com ventilação fraca.	
Proteção respiratória: Nos casos em que a exposição exceda o valor TLV recomenda-se o uso equipamento de proteção respiratória com filtro contra poeiras.	Proteção para os olhos: Usar óculos normais ou óculos de proteção para prevenir contato com os olhos (óculos com proteção lateral). Não é recomendado usar lentes de contato ao manusear este produto em condições com alta concentração de poeira.

9 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS - Estado físico: Sólido, Cinza, Sem Cheiro	
pH em Solução Aquosa 12 ≤ pH ≤ 14 Ponto de Ebulição Não Aplicável Ponto de Fusão Não Aplicável Massa Específica Absoluta 2,8 ≤ γ _s ≤ 3,2 g/cm ³ a 20°C	Pressão de vapor (mm Hg) Não Aplicável Solubilidade em água até 1,5g/l a 20°C Densidade relativa do vapor a 20°C Não Aplicável Ponto de Fulgor (vaso fechado) Não Aplicável Massa Específica Aparente 0,9 a 1,2 g/cm ³ a 20°C
Temperatura de auto-ignição Não Aplicável Limite de explosividade, % vol no ar nenhum Velocidade de evaporação (acetato de butila = 1) Não Aplicável Coeficiente de partição octanol / água Não Aplicável Taxa de evaporação Não Aplicável	

10 ESTABILIDADE E REATIVIDADE - Produto Estável	
Condições a evitar: Umidade durante estocagem	Substâncias incompatíveis: Ácidos fortes e materiais oxidantes
Necessidade de aditivos para evitar reações perigosas: nenhuma	Produtos perigosos da decomposição: nenhum

11 INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS	
Ver itens 3 e 4.	

12 INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS - Não reconhecida toxicidade às plantas ou animais	
Mobilidade: Nenhuma	Persistência/Degradabilidade: Os componentes do cimento endurecidos são insolúveis
Bioacumulação: Nenhuma	Comportamento esperado: Em caso de derramamento em meio úmido ocorre um ligeiro aumento da basicidade da água

13 CONSIDERAÇÕES SOBRE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO	
Pequenas quantidades de material podem ser dispostas como resíduo comum ou devolvida ao recipiente para uso posterior se não estiver contaminada. Após o endurecimento o cimento pode ser eliminado como resíduo Classe II B. Dispor as embalagens utilizadas em aterro sanitário ou incinerador. Caso haja regulamentação específica na região deve-se utilizá-la.	

ANEXO B – LAUDOS ÍNDICE DE ATIVIDADE POZOLÂNICA.



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP A - 01

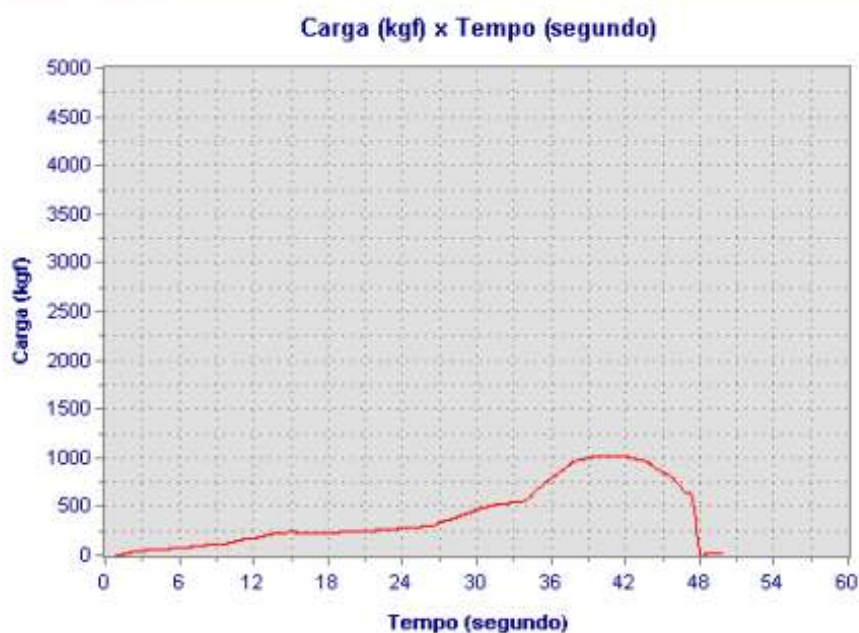
Dados Cadastrais

Amostra: CP ARGAMASSA-A
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente: TCC ADRIELLI
 Responsável: Renan
 Data de Moldagem: 14/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 1.020
 Tensão máxima (MPa): 5,1
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP A - 02

Dados Cadastrais

Amostra: CP ARGAMASSA-A
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente: TCC ADRIELLI
 Responsável: Renan
 Data de Moldagem: 14/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 940
 Tensão máxima (MPa): 4,7
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP A - 03

Dados Cadastrais

Amostra: CP ARGAMASSA-A
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente: TCC ADRIELLI
 Responsável: Renan
 Data de Moldagem: 14/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 920
 Tensão máxima (MPa): 4,6
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP A - 04

Dados Cadastrais

Amostra: CP ARGAMASSA-A
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente: TCC ADRIELLI
 Responsável: Renan
 Data de Moldagem: 14/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 1.970
 Tensão máxima (MPa): 9,8
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP A - 05

Dados Cadastrais

Amostra: CP ARGAMASSA-A
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente: TCC ADRIELLI
 Responsável: Renan
 Data de Moldagem: 14/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 2.190
 Tensão máxima (MPa): 10,9
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP A - 06

Dados Cadastrais

Amostra: CP ARGAMASSA-A
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente: TCC ADRIELLI
 Responsável: Renan
 Data de Moldagem: 14/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 1.990
 Tensão máxima (MPa): 9,9
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP A - 01 (7 dias)

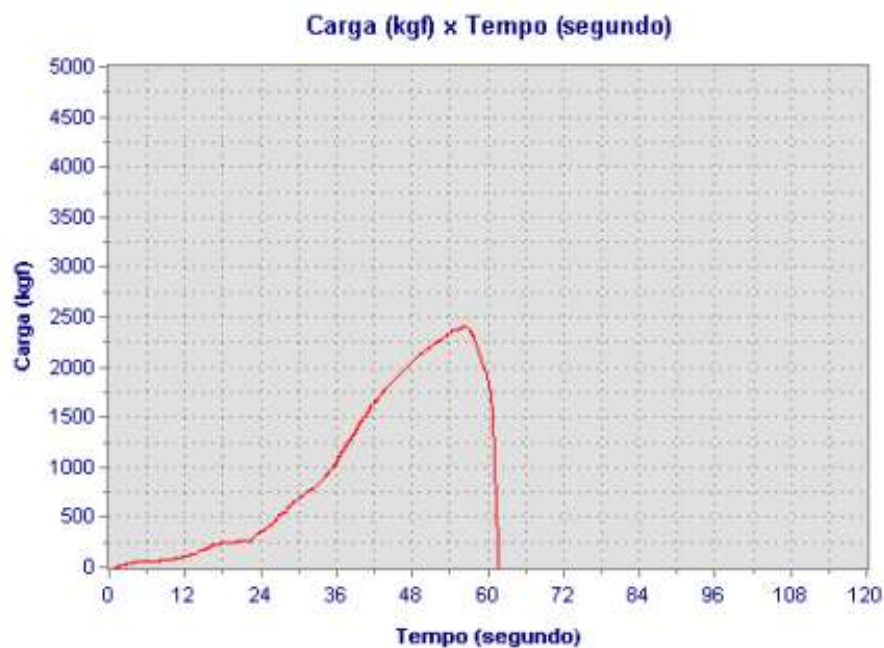
Dados Cadastrais

Amostra: CP ARGAMASSA-A
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente: TCC ADRIELLI
 Responsável: Jeyson
 Data de Moldagem: 14/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 2.400
 Tensão máxima (MPa): 12,0
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP A - 02 (7 dias)

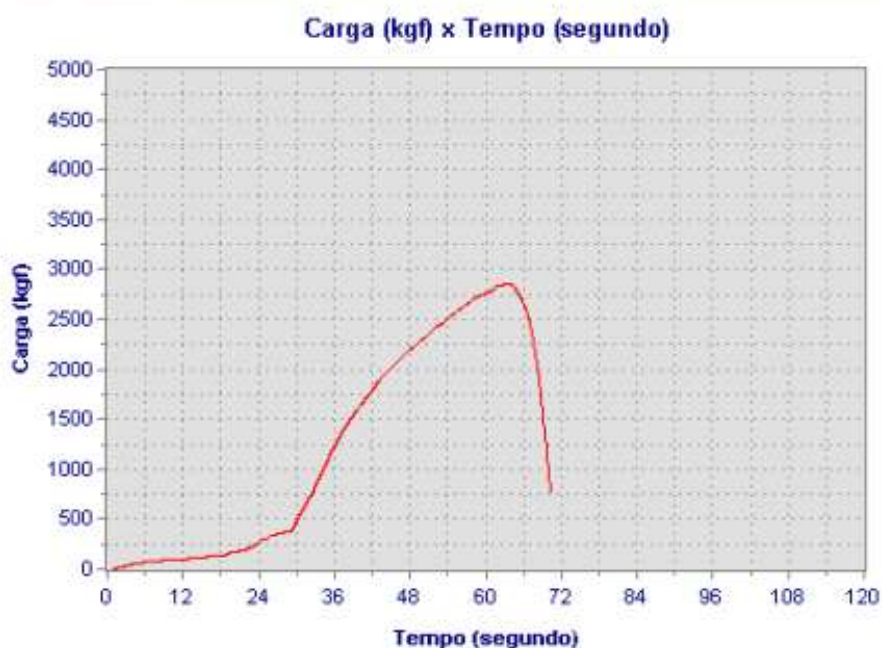
Dados Cadastrais

Amostra: CP ARGAMASSA-A
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente: TCC ADRIELLI
 Responsável: Jeyson
 Data de Moldagem: 14/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 2.850
 Tensão máxima (MPa): 14,2
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP A - 03 (7 dias)

Dados Cadastrais

Amostra: CP ARGAMASSA-A
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente: TCC ADRIELLI
 Responsável: Jeyson
 Data de Moldagem: 14/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 2.270
 Tensão máxima (MPa): 11,3
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 1 A-28 dias

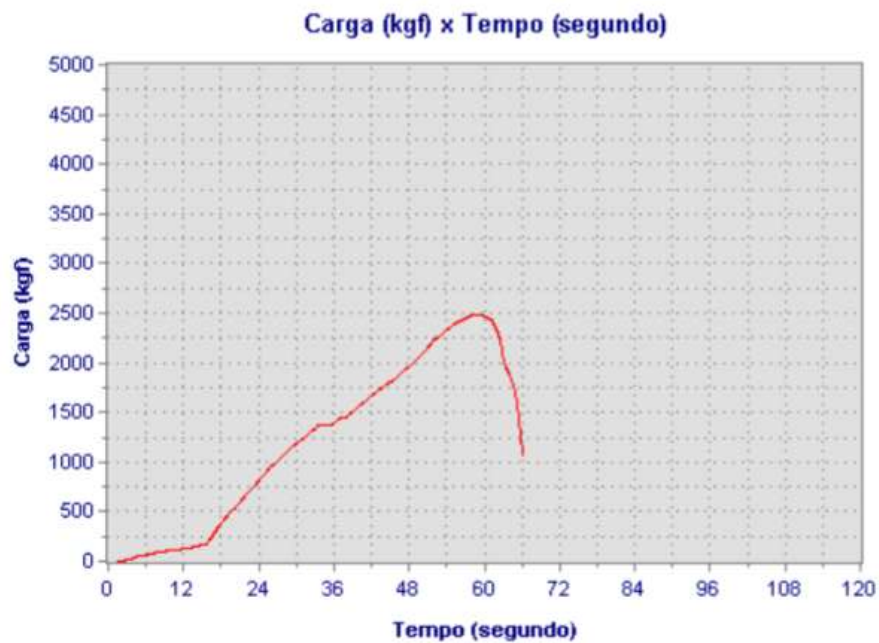
Dados Cadastrais

Amostra: TCC - Adrielli
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente: Adrielli
 Responsável: Jhonatan
 Data de Moldagem: 14/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 2.480
 Tensão máxima (MPa): 12,4
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 2 A-28 dias

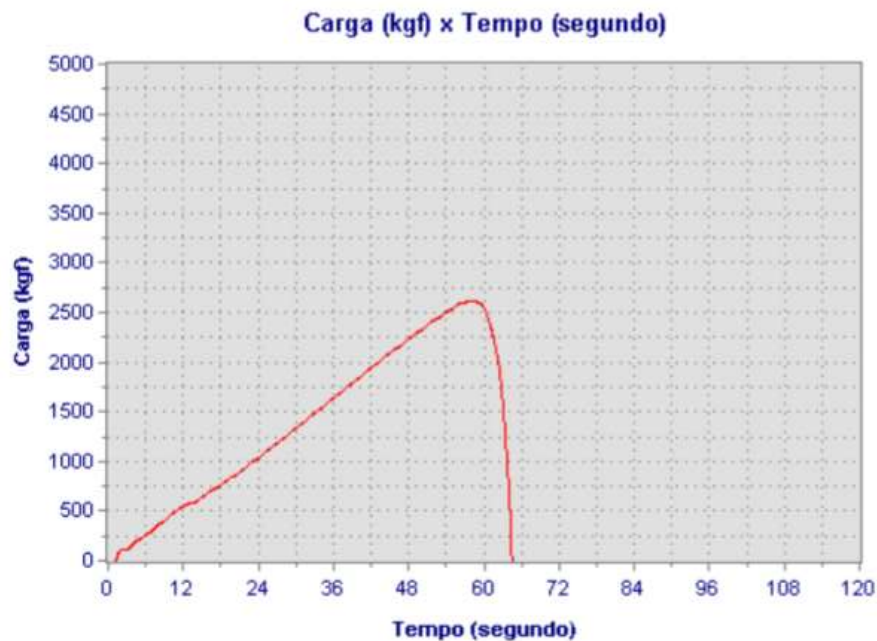
Dados Cadastrais

Amostra: TCC - Adrielli
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente: Adrielli
 Responsável: Jhonatan
 Data de Moldagem: 14/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 2.620
 Tensão máxima (MPa): 13,1
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Ensaio finalizado

Corpo de Prova - CP 3 A-28 dias

Dados Cadastrais

Amostra: TCC - Adrielli
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente: Adrielli
 Responsável: Jhonatan
 Data de Moldagem: 14/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 2.210
 Tensão máxima (MPa): 11,0
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP B - 01

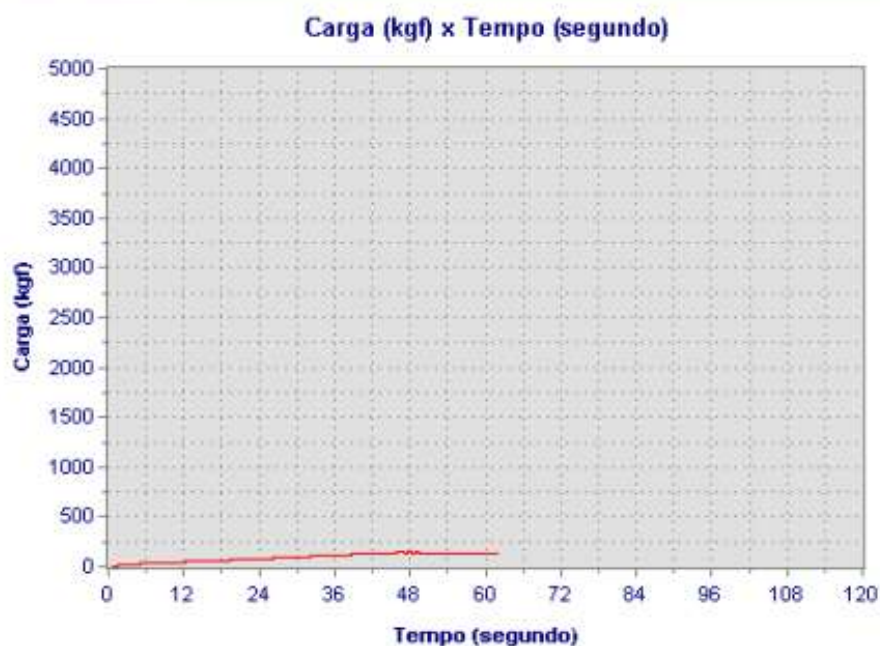
Dados Cadastrais

Amostra: CP ARGAMASSA-A
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente: TCC ADRIELLI
 Responsável: Renan
 Data de Moldagem: 14/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 150
 Tensão máxima (MPa): 0,7
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP B - 02

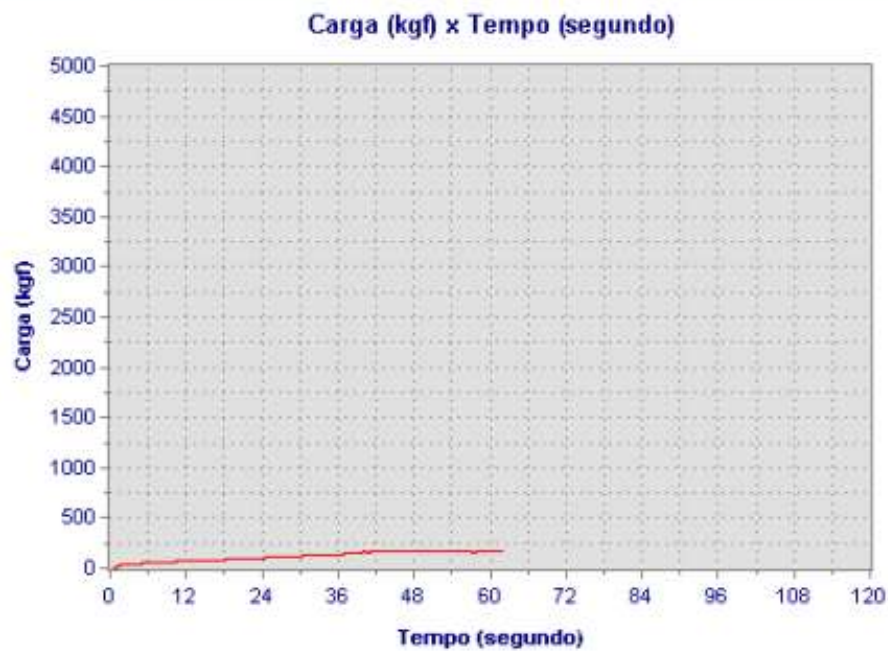
Dados Cadastrais

Amostra: CP ARGAMASSA-A
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente: TCC ADRIELLI
 Responsável: Renan
 Data de Moldagem: 14/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 170
 Tensão máxima (MPa): 0,8
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP B - 03

Dados Cadastrais

Amostra: CP ARGAMASSA-A
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente: TCC ADRIELLI
 Responsável: Renan
 Data de Moldagem: 14/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 170
 Tensão máxima (MPa): 0,8
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP B - 04 (3 dias)

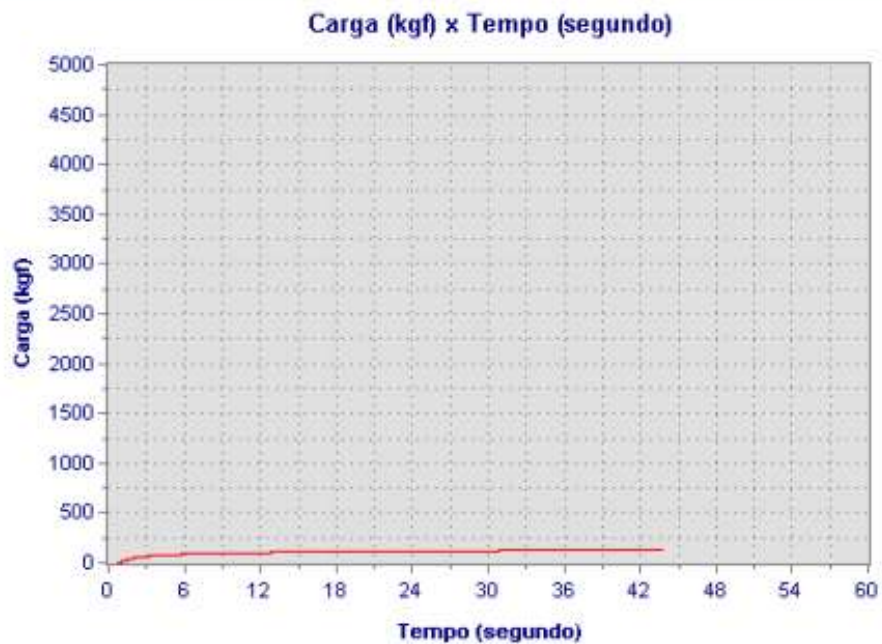
Dados Cadastrais

Amostra: CP ARGAMASSA-A
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente: TCC ADRIELLI
 Responsável: Renan
 Data de Moldagem: 14/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 140
 Tensão máxima (MPa): 0,7
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP B - 05 (3 dias)

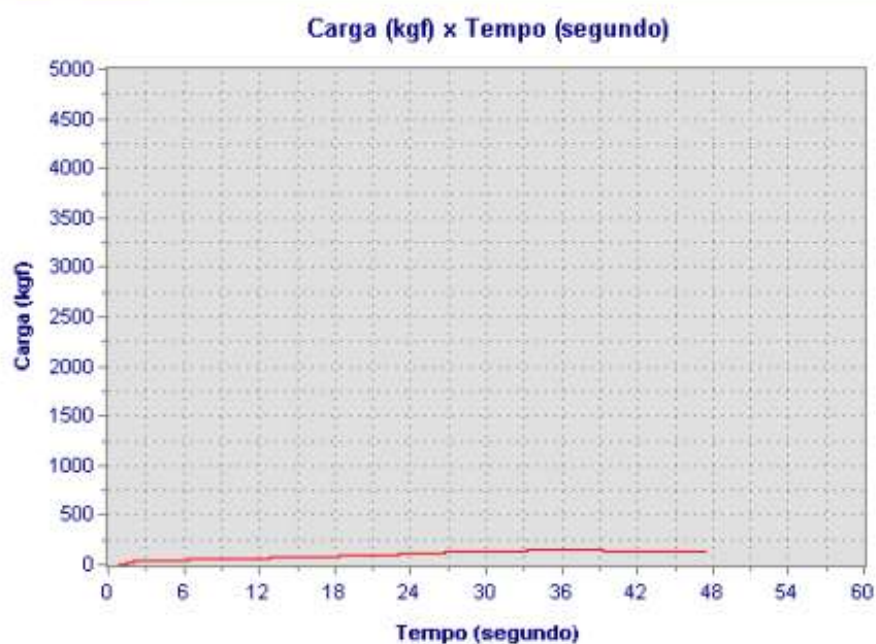
Dados Cadastrais

Amostra: CP ARGAMASSA-A
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente: TCC ADRIELLI
 Responsável: Renan
 Data de Moldagem: 14/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 150
 Tensão máxima (MPa): 0,7
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP B - 06 (3 dias)

Dados Cadastrais

Amostra: CP ARGAMASSA-A
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente: TCC ADRIELLI
 Responsável: Renan
 Data de Moldagem: 14/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 140
 Tensão máxima (MPa): 0,7
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP B - 01 (7 dias)

Dados Cadastrais

Amostra: CP ARGAMASSA-A
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente: TCC ADRIELLI
 Responsável: Jeyson
 Data de Moldagem: 14/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 1.170
 Tensão máxima (MPa): 5,8
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP B - 02 (7 dias)

Dados Cadastrais

Amostra: CP ARGAMASSA-A
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente: TCC ADRIELLI
 Responsável: Jeyson
 Data de Moldagem: 14/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 1.540
 Tensão máxima (MPa): 7,7
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP B - 03 (7 DIAS)

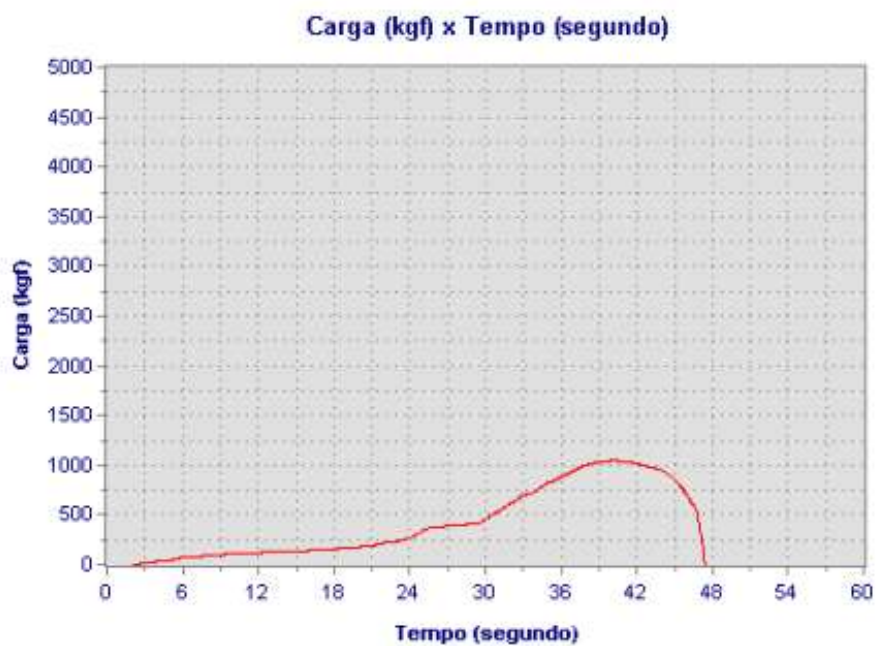
Dados Cadastrais

Amostra: CP ARGAMASSA-A
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente: TCC ADRIELLI
 Responsável: Jeyson
 Data de Moldagem: 14/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 1.050
 Tensão máxima (MPa): 5,2
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 1 B-28 dias

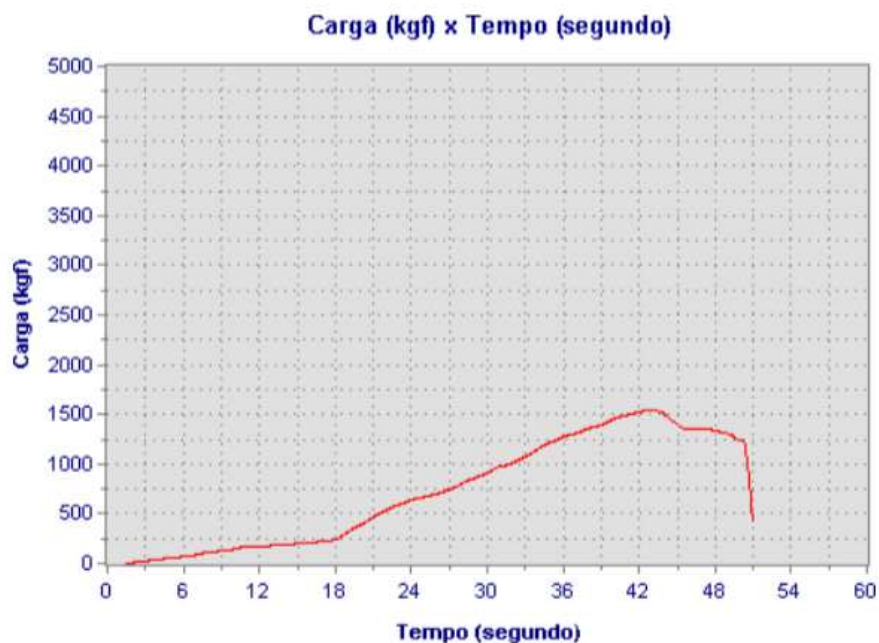
Dados Cadastrais

Amostra: TCC - Adrielli
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente: Adrielli
 Responsável: Jhonatan
 Data de Moldagem: 14/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 1.540
 Tensão máxima (MPa): 7,7
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 2 B-28 dias

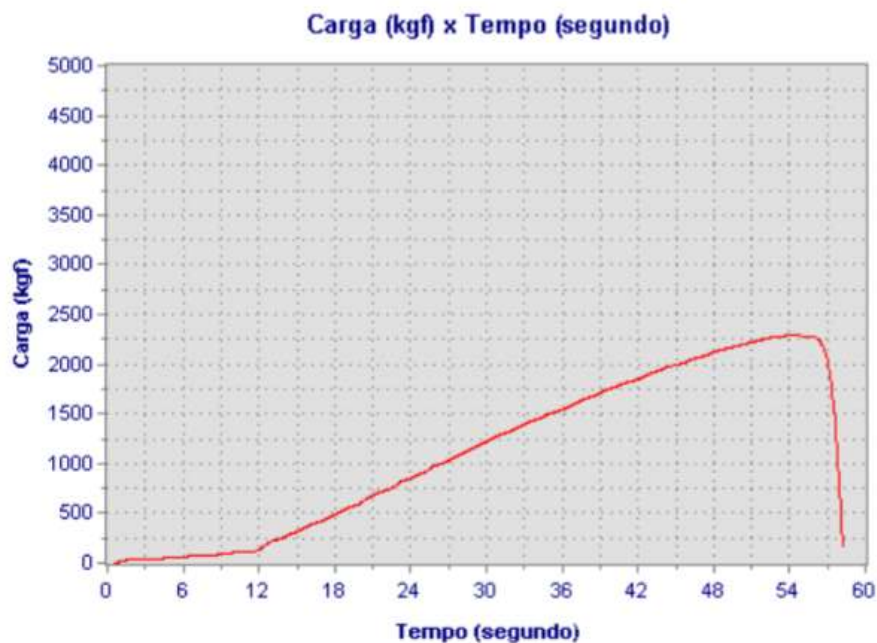
Dados Cadastrais

Amostra: TCC - Adrielli
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente: Adrielli
 Responsável: Jhonatan
 Data de Moldagem: 14/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 2.290
 Tensão máxima (MPa): 11,4
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 3 B-28 dias

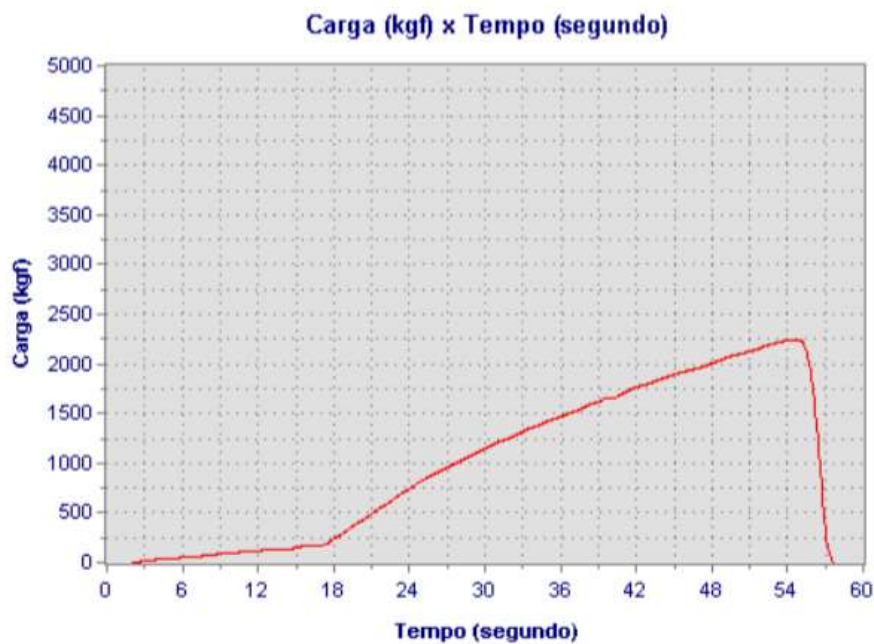
Dados Cadastrais

Amostra: TCC - Adrielli
 Tipo de ensaio: Cimento Portland
 Cliente: Adrielli
 Responsável: Jhonatan
 Data de Moldagem: 14/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 2.240
 Tensão máxima (MPa): 11,2
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:

ANEXO C – LAUDOS ENSAIO DE COMPRESSÃO AXIAL



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 1 O C

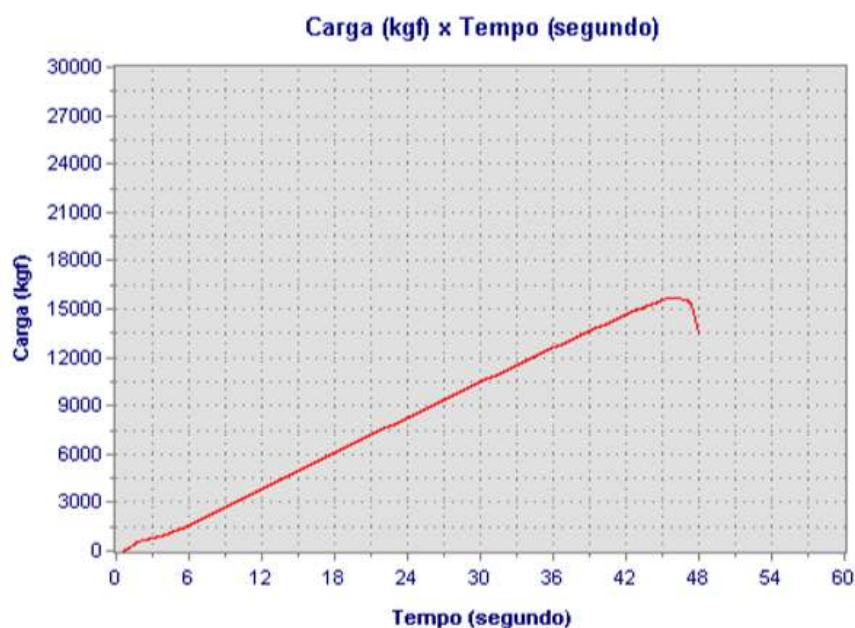
Dados Cadastrais

Amostra: CP 1 O C
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: ADRIELLI
 Responsável: JEYSON
 Data de Moldagem: 10/10/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 15.710
 Tensão máxima (MPa): 19,6
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 01 - 5%

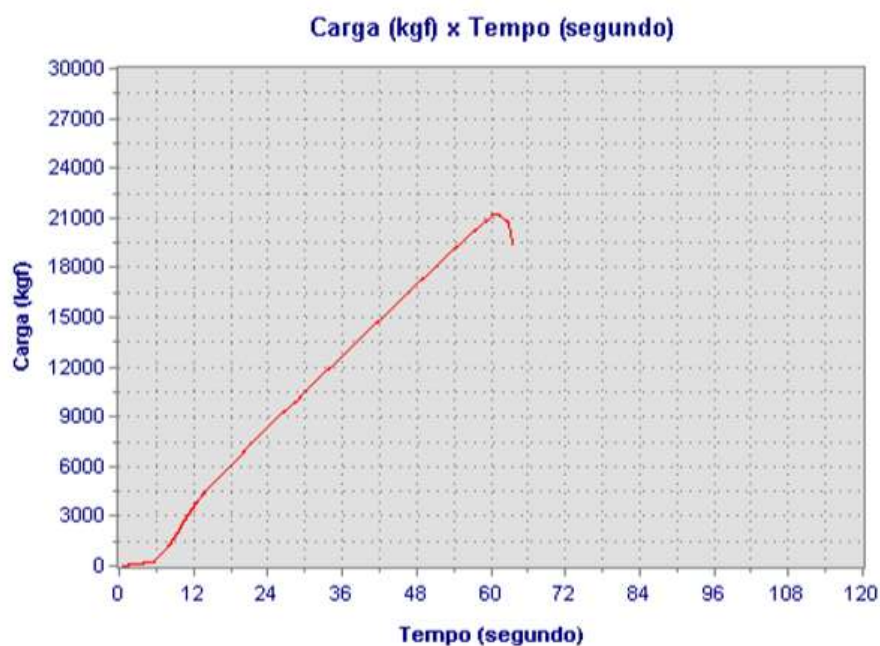
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: Adrielli de Moura Silva
 Responsável: Renan Zenatti
 Data de Moldagem: 19/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 21.170
 Tensão máxima (MPa): 26,4
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



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

Corpo de Prova - CP 01 - 10%

Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: Adrielli de Moura Silva
 Responsável: Renan Zenatti
 Data de Moldagem: 20/09/2018

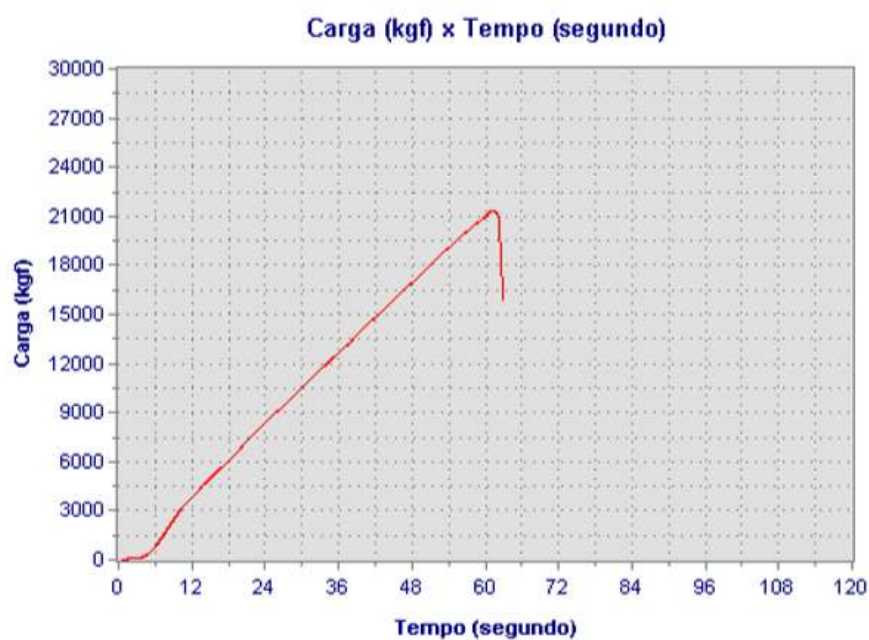
Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 21.270

Tensão máxima (MPa): 26,6

Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 1 15% C

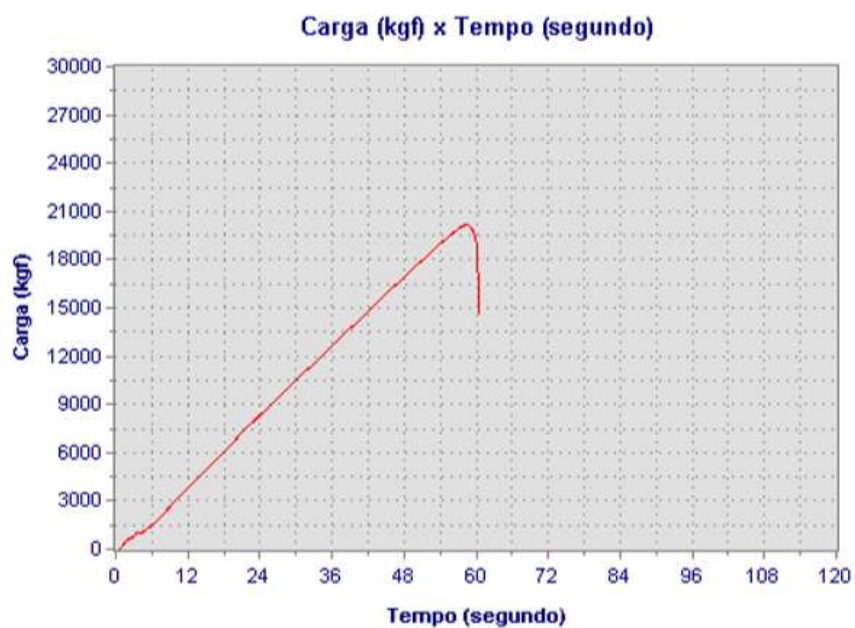
Dados Cadastrais

Amostra: TDD ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: ADRIELLI
 Responsável: JEYSON
 Data de Moldagem: 16/10/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 20.140
 Tensão máxima (MPa): 25,1
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



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

Corpo de Prova - CP 2 0 C

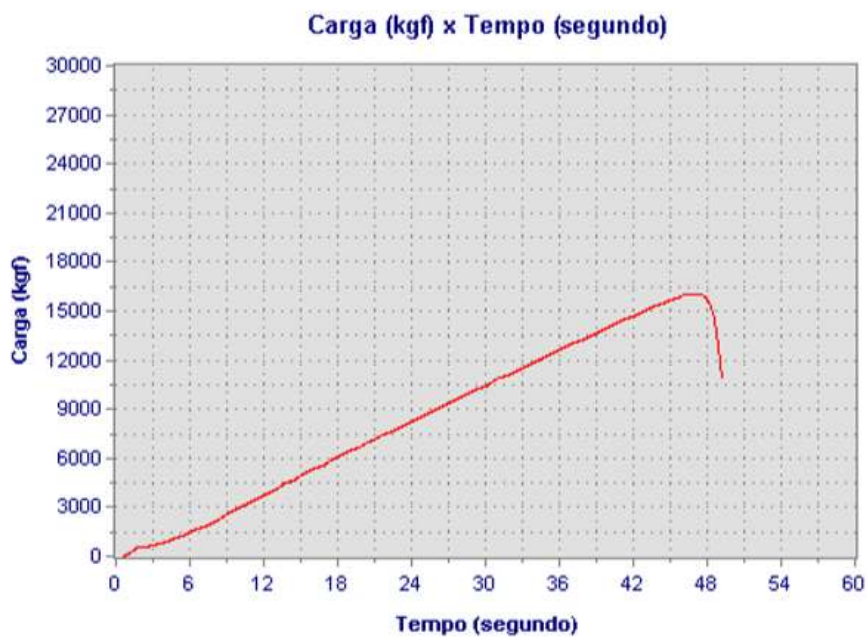
Dados Cadastrais

Amostra: CP 1 0 C
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: ADRIELLI
 Responsável: JEYSON
 Data de Moldagem: 10/10/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 16.030
 Tensão máxima (MPa): 20,0
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 02 - 5%

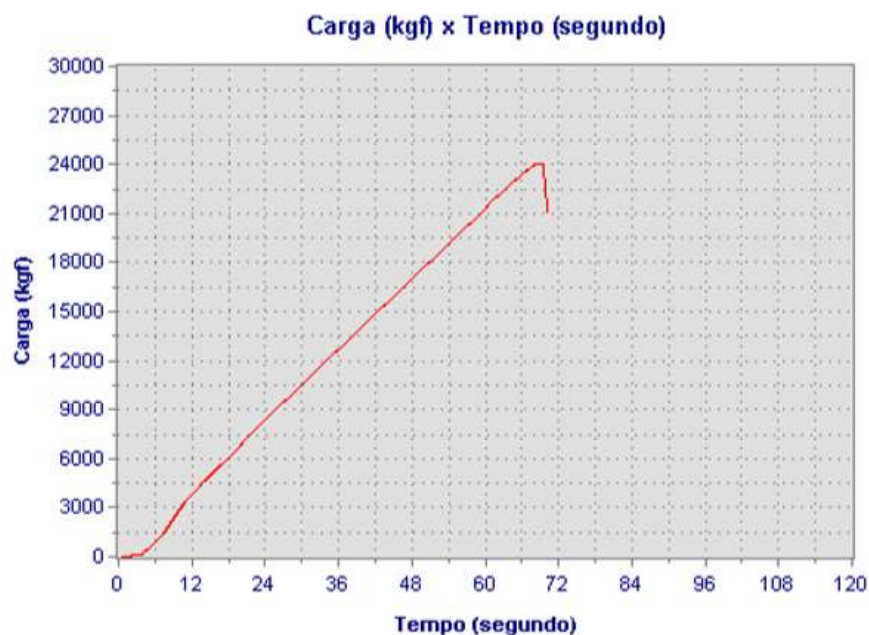
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: Adrielli de Moura Silva
 Responsável: Renan Zenatti
 Data de Moldagem: 19/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 24.030
 Tensão máxima (MPa): 30,0
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



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

Corpo de Prova - CP 02 - 10%

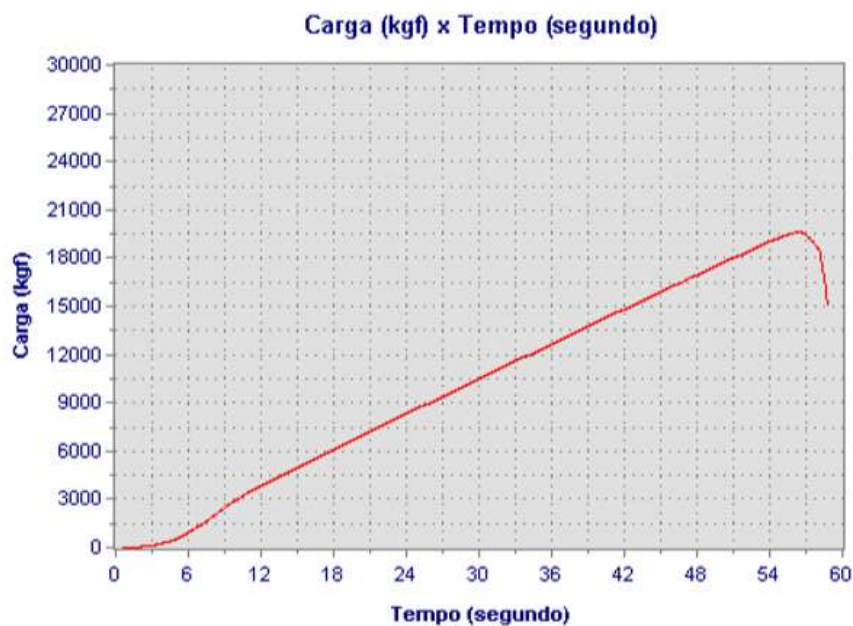
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: Adrielli de Moura Silva
 Responsável: Renan Zenatti
 Data de Moldagem: 20/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 19.580
 Tensão máxima (MPa): 24,4
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



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

Corpo de Prova - CP 2 15% C

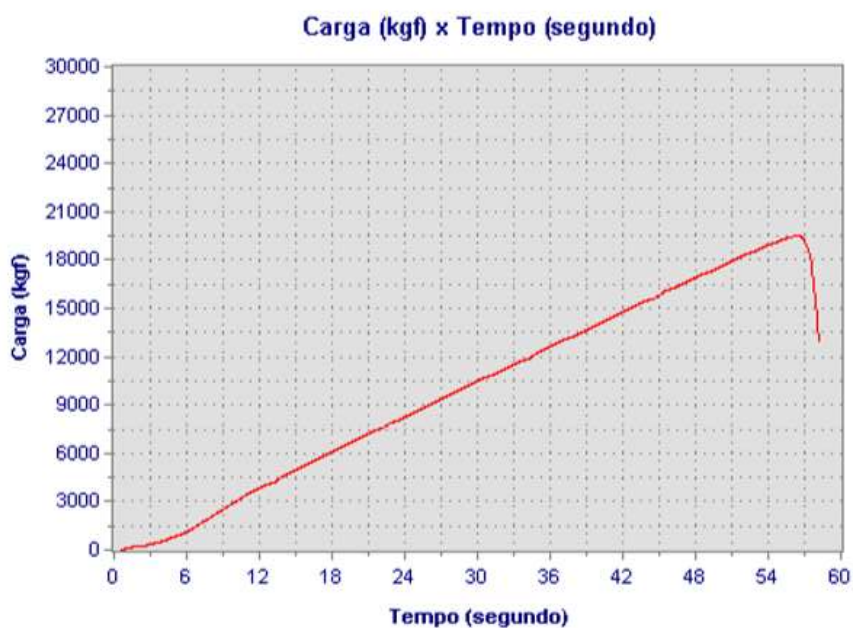
Dados Cadastrais

Amostra: TDD ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: ADRIELLI
 Responsável: JEYSON
 Data de Moldagem: 16/10/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 19.500
 Tensão máxima (MPa): 24,3
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 3 0% C

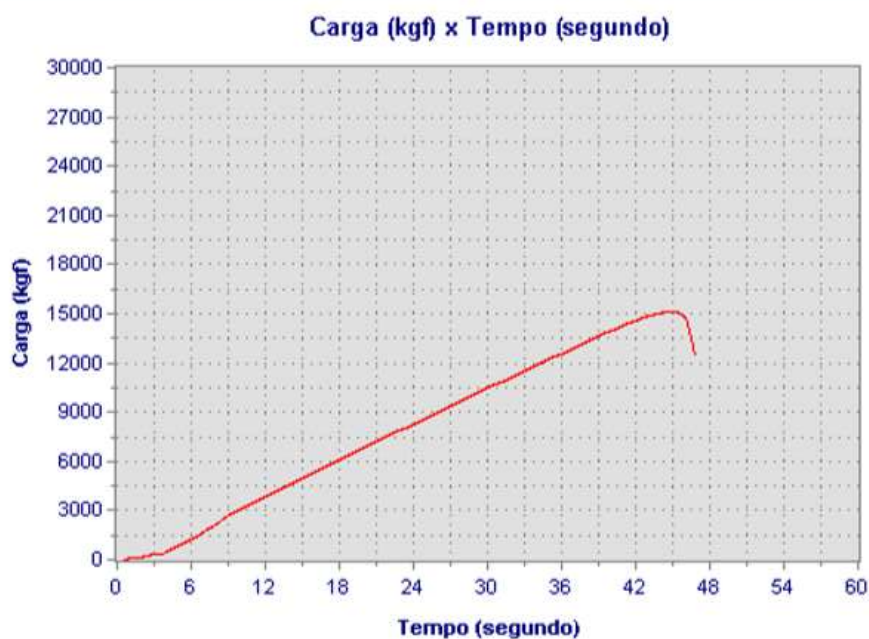
Dados Cadastrais

Amostra:	CP 1 0 C
Tipo de ensaio:	Compressão Axial
Cliente:	ADRIELLI
Responsável:	JEYSON
Data de Moldagem:	10/10/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf):	15.140
Tensão máxima (MPa):	18,9
Tipo de Ruptura:	

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



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

Corpo de Prova - CP 03 - 5%

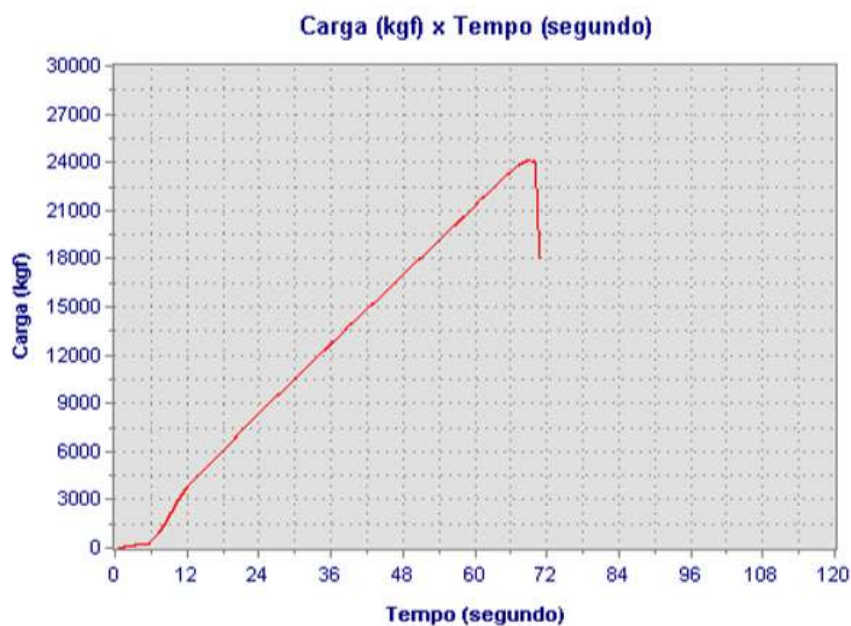
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: Adrielli de Moura Silva
 Responsável: Renan Zenatti
 Data de Moldagem: 19/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 24.140
 Tensão máxima (MPa): 30,1
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



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

Corpo de Prova - CP 03 - 10%

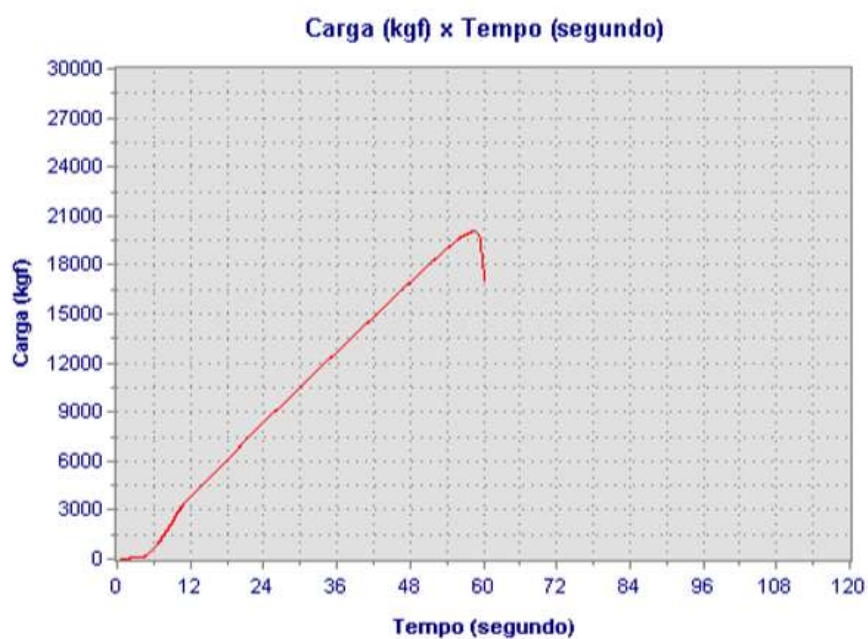
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: Adrielli de Moura Silva
 Responsável: Renan Zenatti
 Data de Moldagem: 20/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 20.060
 Tensão máxima (MPa): 25,0
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



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

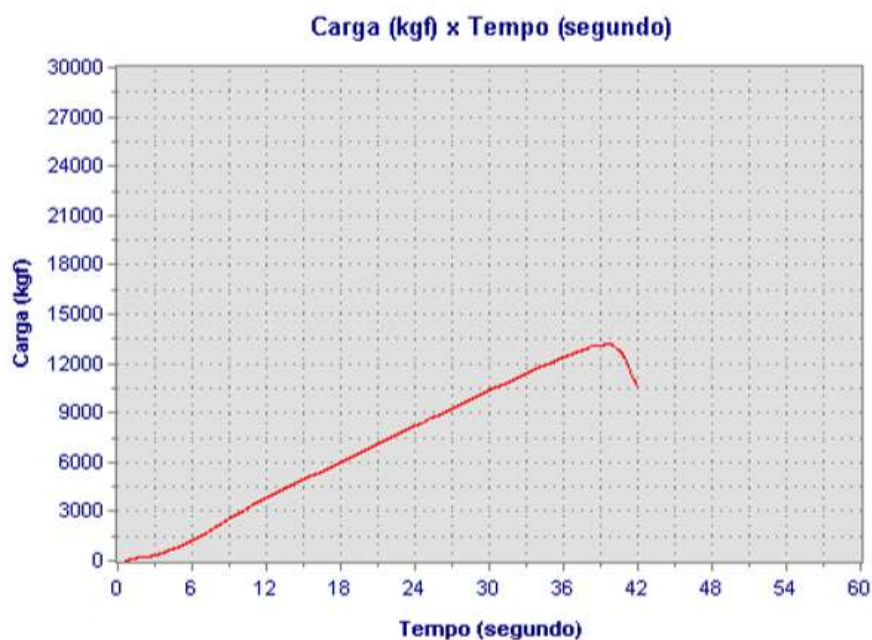
Dados Cadastrais

Amostra: TDD ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: ADRIELLI
 Responsável: JEYSON
 Data de Moldagem: 16/10/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 13.150
 Tensão máxima (MPa): 16,4
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



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

Corpo de Prova - CP 4 0% C

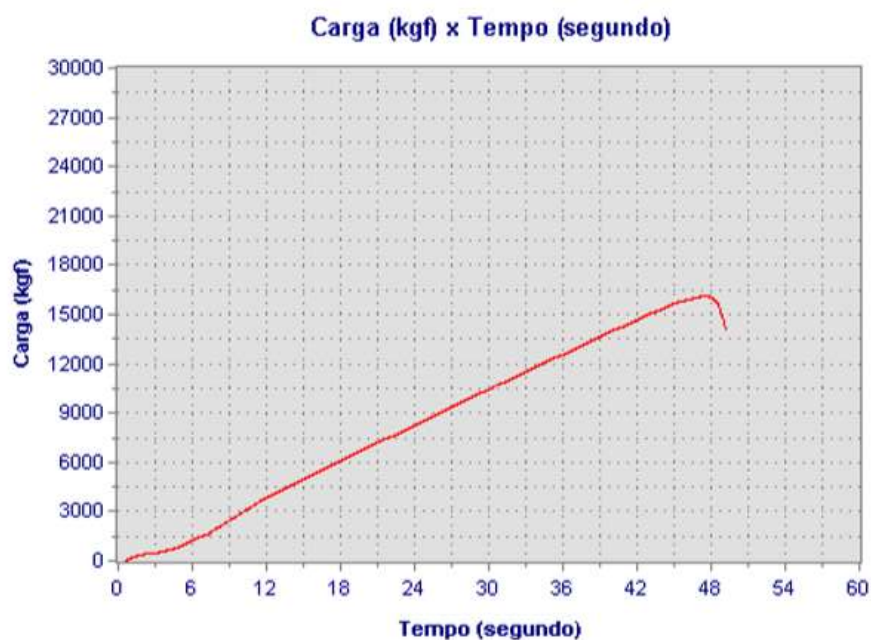
Dados Cadastrais

Amostra: CP 1 0 C
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: ADRIELLI
 Responsável: JEYSON
 Data de Moldagem: 10/10/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 16.120
 Tensão máxima (MPa): 20,1
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 04 - 5%

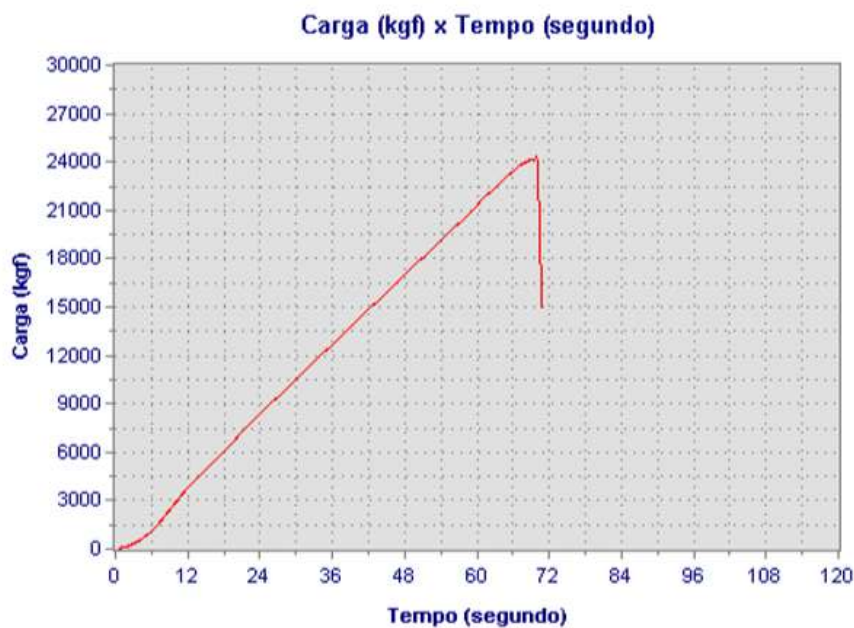
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: Adrielli de Moura Silva
 Responsável: Renan Zenatti
 Data de Moldagem: 19/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 24.180
 Tensão máxima (MPa): 30,2
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 4 15% C

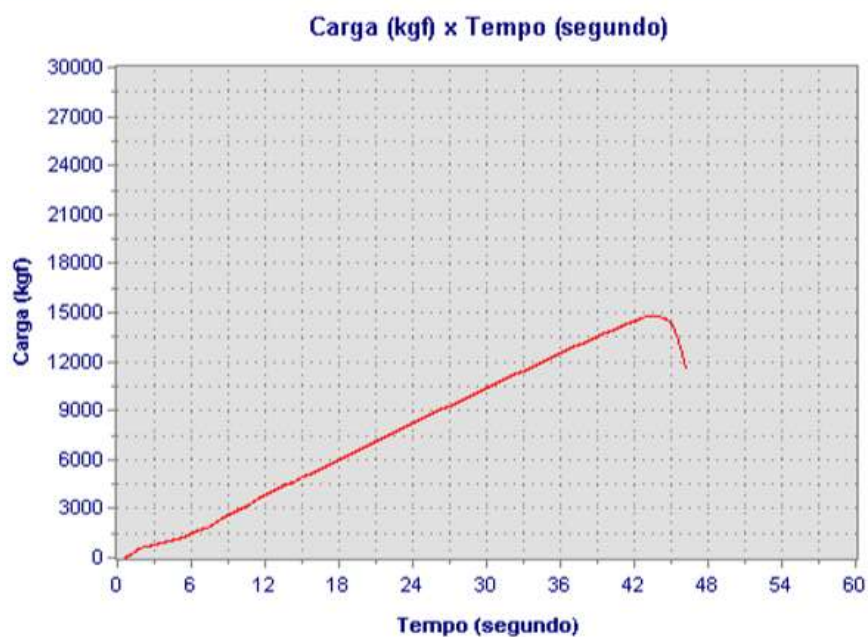
Dados Cadastrais

Amostra: TDD ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: ADRIELLI
 Responsável: JEYSON
 Data de Moldagem: 16/10/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 14.790
 Tensão máxima (MPa): 18,5
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



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

Corpo de Prova - CP 5 0% C

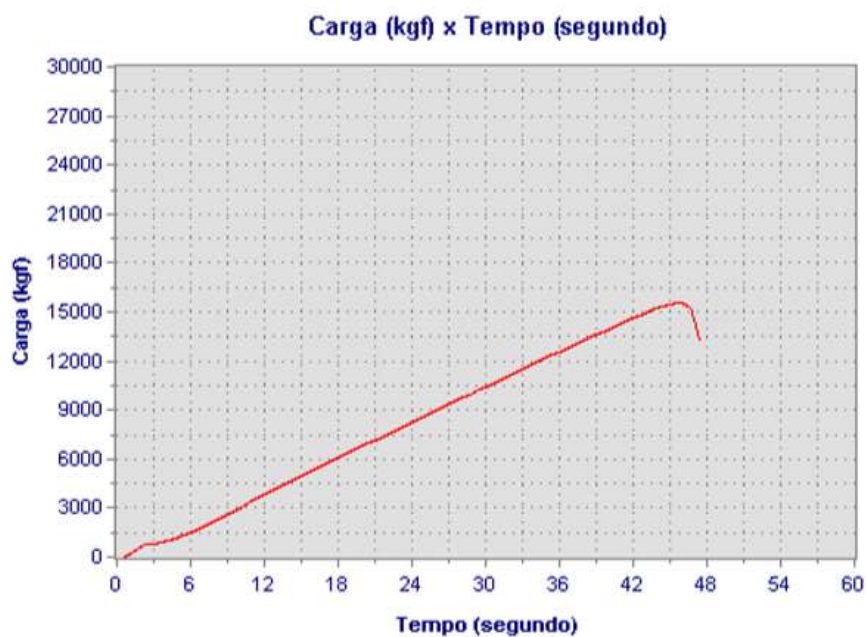
Dados Cadastrais

Amostra: CP 1 0 C
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: ADRIELLI
 Responsável: JEYSON
 Data de Moldagem: 10/10/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 15.530
 Tensão máxima (MPa): 19,4
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



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

Corpo de Prova - CP 05 - 5%

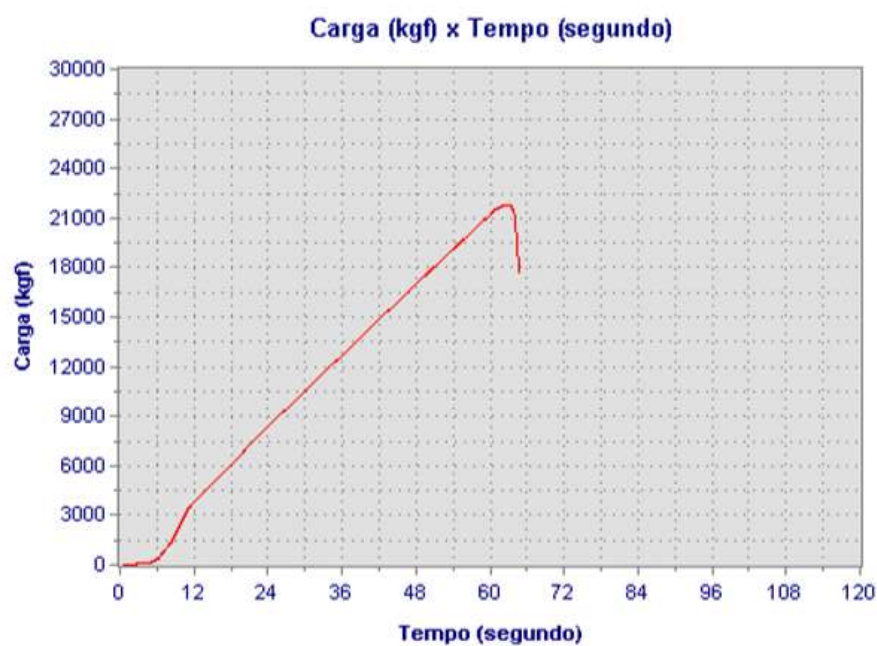
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: Adrielli de Moura Silva
 Responsável: Renan Zenatti
 Data de Moldagem: 19/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 21.830
 Tensão máxima (MPa): 27,3
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



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

Corpo de Prova - CP 05 - 10%

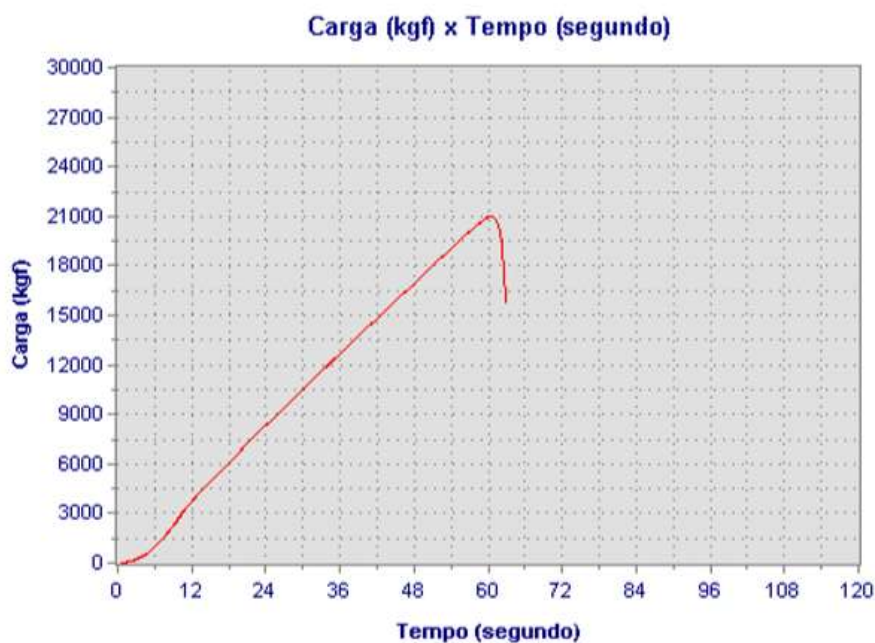
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: Adrielli de Moura Silva
 Responsável: Renan Zenatti
 Data de Moldagem: 20/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 20.990
 Tensão máxima (MPa): 26,2
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



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

Corpo de Prova - CP 5 15% C

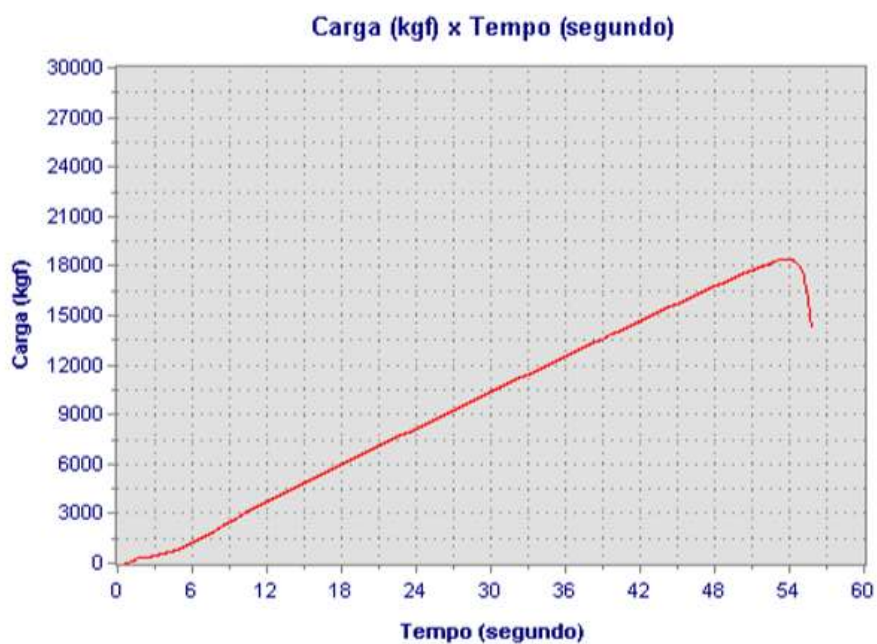
Dados Cadastrais

Amostra: TDD ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: ADRIELLI
 Responsável: JEYSON
 Data de Moldagem: 16/10/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 18.380
 Tensão máxima (MPa): 22,9
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



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

Corpo de Prova - CP 6 0% C

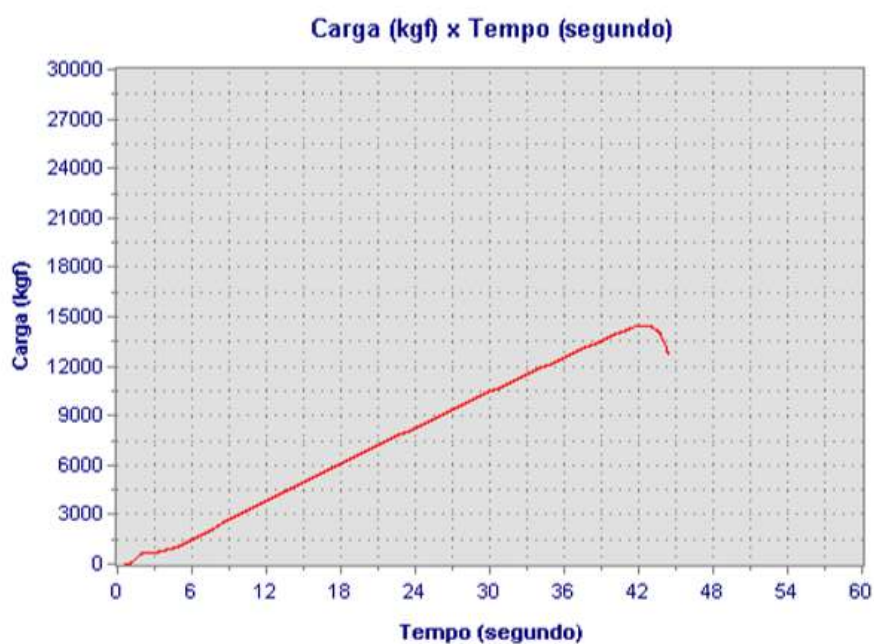
Dados Cadastrais

Amostra: CP 1 0 C
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: ADRIELLI
 Responsável: JEYSON
 Data de Moldagem: 10/10/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 14.450
 Tensão máxima (MPa): 18,0
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 06 - 5%

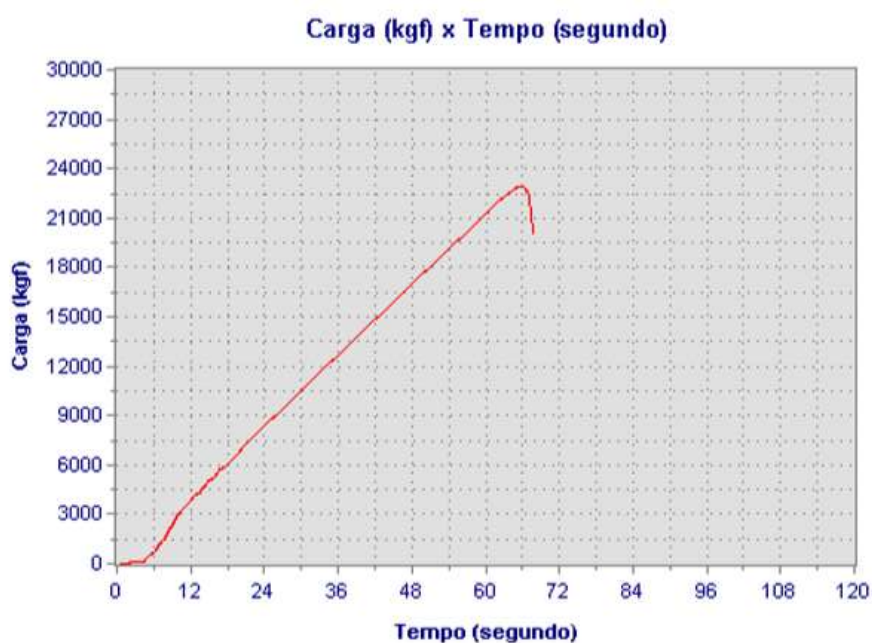
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: Adrielli de Moura Silva
 Responsável: Renan Zenatti
 Data de Moldagem: 19/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 22.900
 Tensão máxima (MPa): 28,6
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 06 - 10%

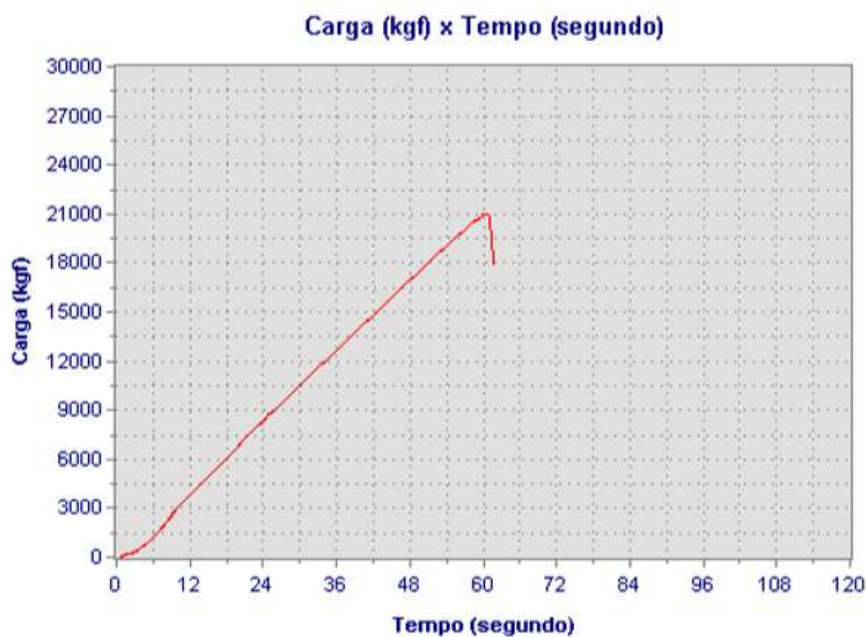
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: Adrielli de Moura Silva
 Responsável: Renan Zenatti
 Data de Moldagem: 20/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 20.970
 Tensão máxima (MPa): 26,2
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



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

Corpo de Prova - CP 6 15% C

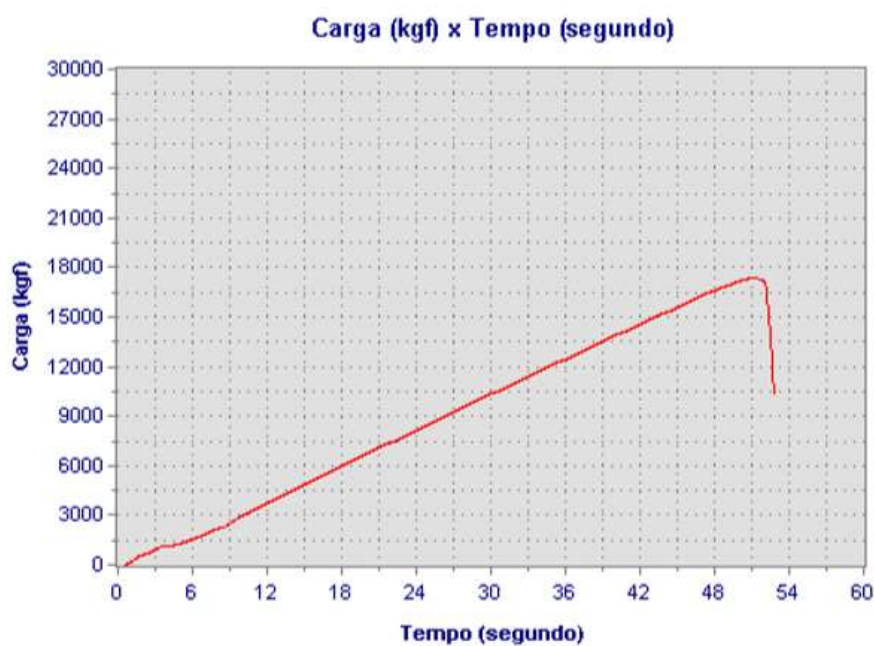
Dados Cadastrais

Amostra: TDD ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Axial
 Cliente: ADRIELLI
 Responsável: JEYSON
 Data de Moldagem: 16/10/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 17.350
 Tensão máxima (MPa): 21,7
 Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado



Observações:

ANEXO D – LAUDOS ENSAIOS DE TRAÇÃO



NBR 7222 - Determinação da resist. à tração por compressão diametral de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 1 0% T

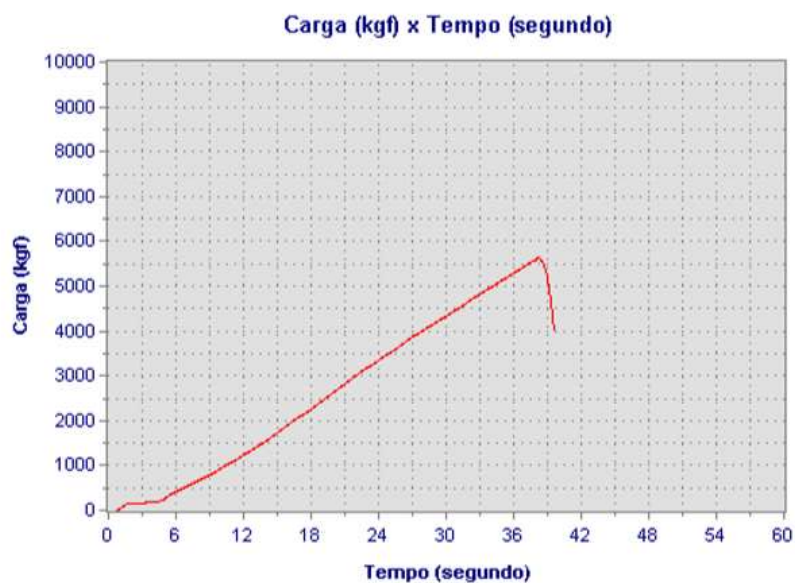
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
Tipo de ensaio: Compressão Diametral
Cliente: ADRIELLI
Responsável: JEYSON
Data de Moldagem: 10/10/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 5.610
Tensão máxima (MPa): 1,8
Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7222 - Determinação da resist. à tração por compressão diametral de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 01 - 5%

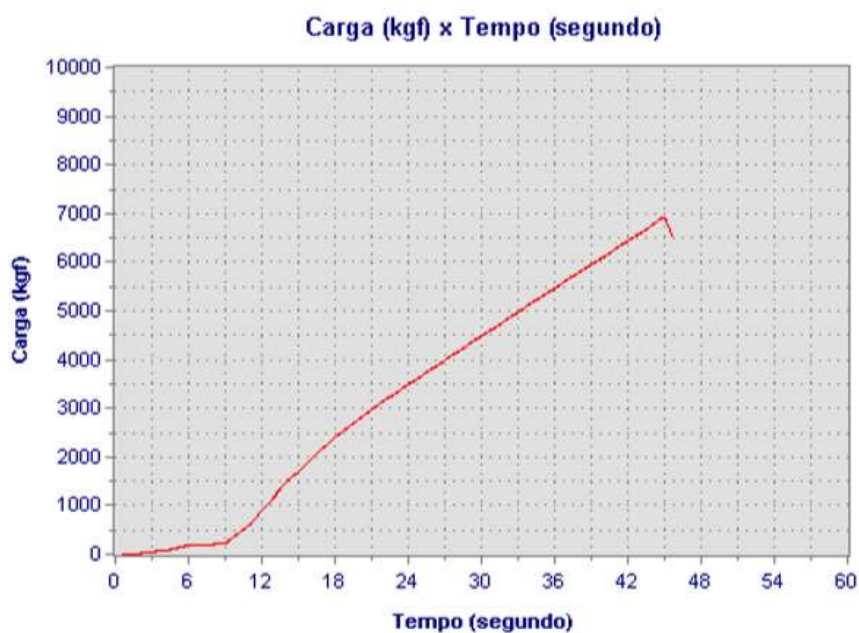
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Diametral
 Cliente: Adrielli de Moura Silva
 Responsável: Renan Zenatti
 Data de Moldagem: 19/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 6.950
 Tensão máxima (MPa): 2,2
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7222 - Determinação da resist. à tração por compressão diametral de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 01 - 10%

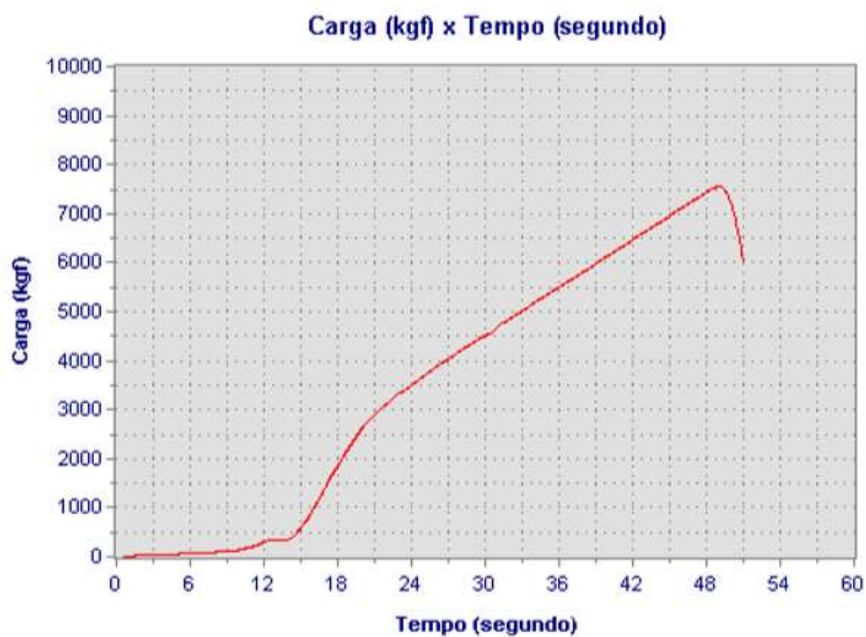
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Diametral
 Cliente: Adrielli de Moura Silva
 Responsável: Renan
 Data de Moldagem: 20/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 7.540
 Tensão máxima (MPa): 2,4
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7222 - Determinação da resist. à tração por compressão diametral de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 1 15% T

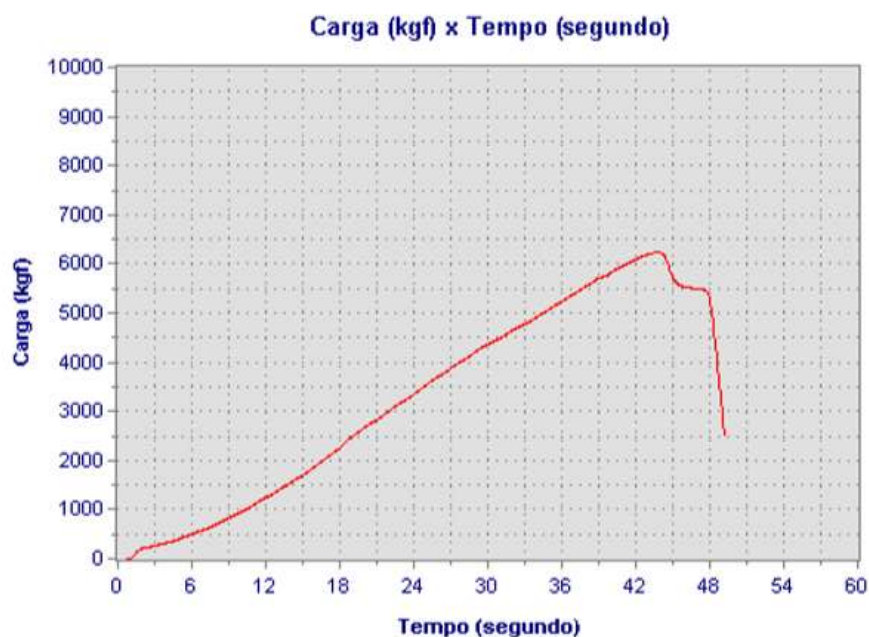
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Diametral
 Cliente: ADRIELLI
 Responsável: JEYSON
 Data de Moldagem: 16/10/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 6.230
 Tensão máxima (MPa): 2,0
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7222 - Determinação da resist. à tração por compressão diametral de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 2 0% T

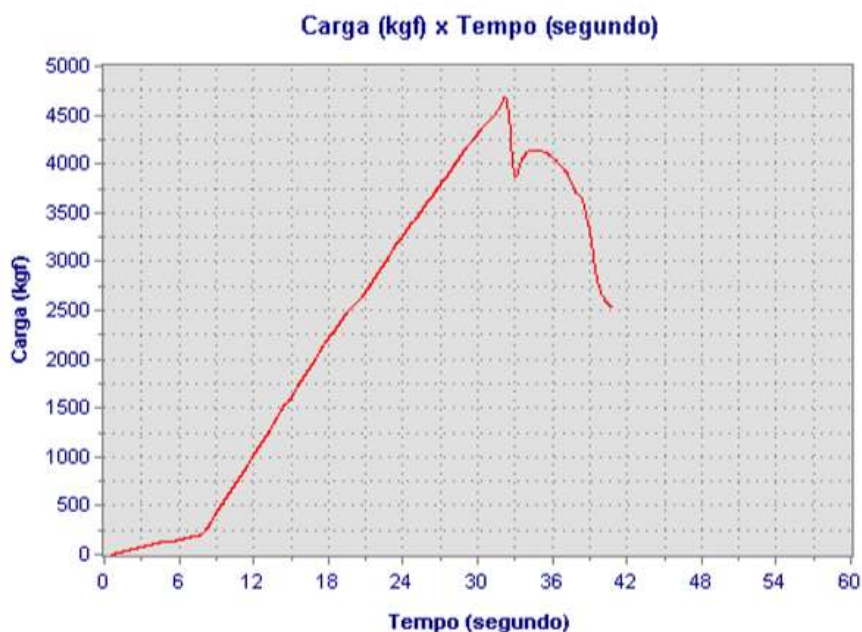
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Diametral
 Cliente: ADRIELLI
 Responsável: JEYSON
 Data de Moldagem: 10/10/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 4.650
 Tensão máxima (MPa): 1,5
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7222 - Determinação da resist. à tração por compressão diametral de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 02 - 5%

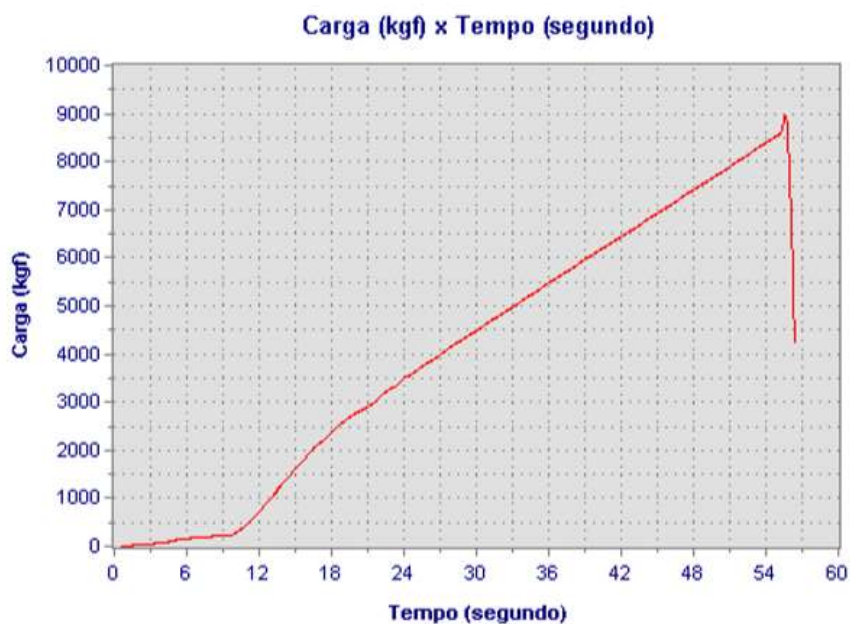
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Diametral
 Cliente: Adrielli de Moura Silva
 Responsável: Renan Zenatti
 Data de Moldagem: 19/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 8.650
 Tensão máxima (MPa): 2,7
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7222 - Determinação da resist. à tração por compressão diametral de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 02 - 10%

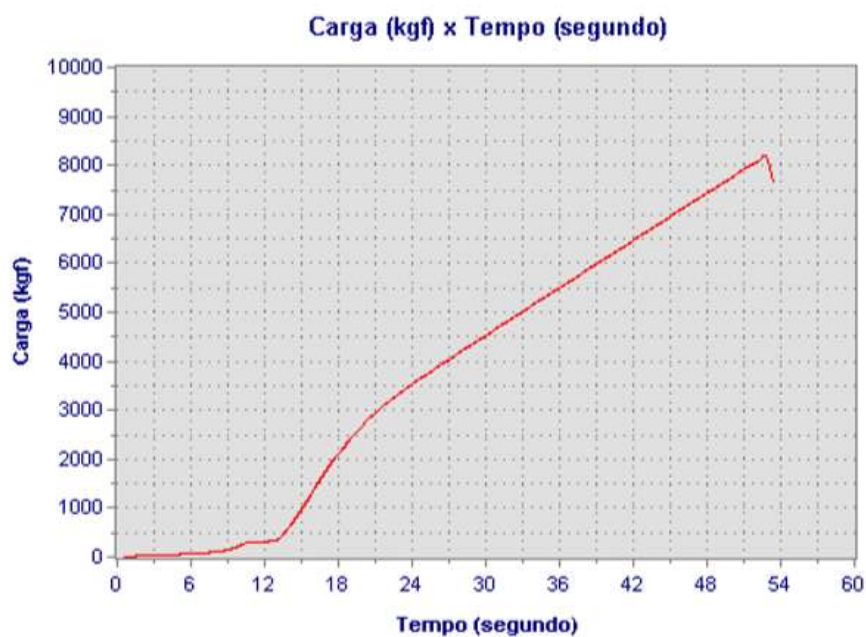
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Diametral
 Cliente: Adrielli de Moura Silva
 Responsável: Renan
 Data de Moldagem: 20/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 8.240
 Tensão máxima (MPa): 2,6
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7222 - Determinação da resist. à tração por compressão diametral de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 2 15% T

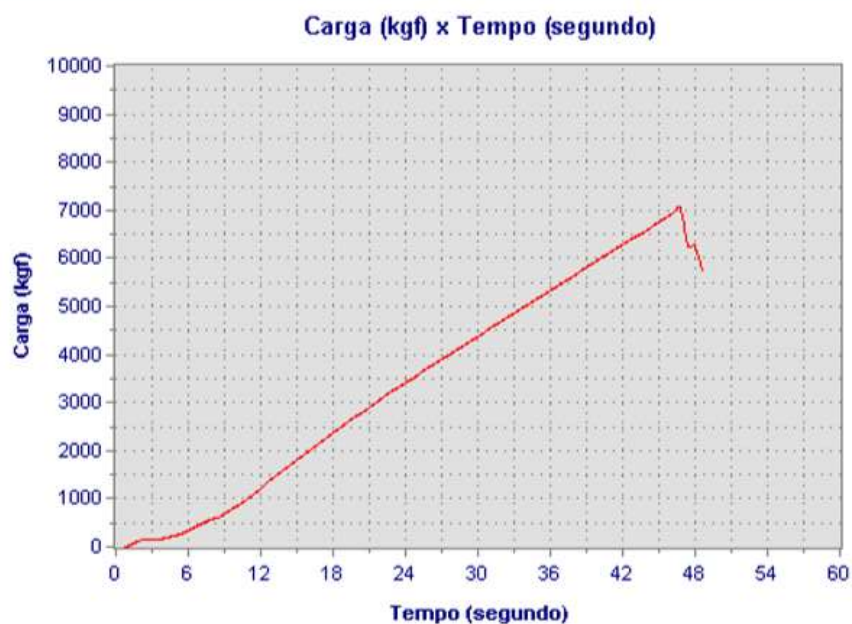
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Diametral
 Cliente: ADRIELLI
 Responsável: JEYSON
 Data de Moldagem: 16/10/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 7.030
 Tensão máxima (MPa): 2,2
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7222 - Determinação da resist. à tração por compressão diametral de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 3 0% T

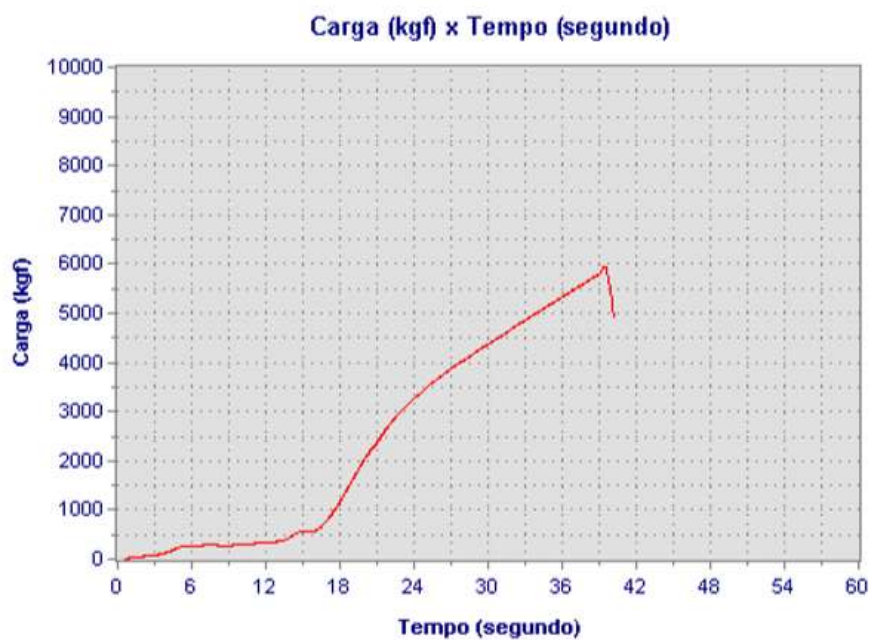
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Diametral
 Cliente: ADRIELLI
 Responsável: JEYSON
 Data de Moldagem: 10/10/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 5.930
 Tensão máxima (MPa): 1,9
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7222 - Determinação da resist. à tração por compressão diametral de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 03 - 5%

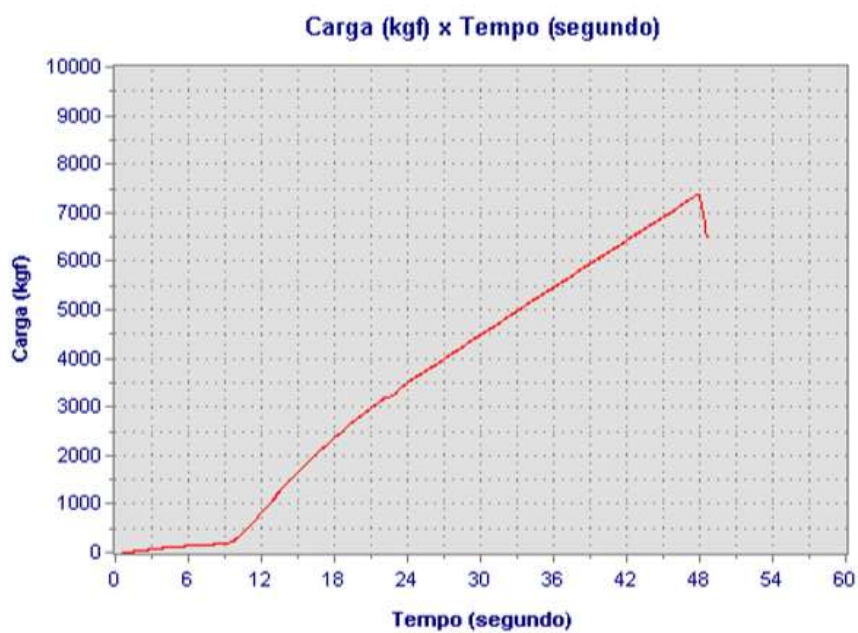
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADIELLI
Tipo de ensaio: Compressão Diametral
Cliente: Adrielli de Moura Silva
Responsável: Renan Zenatti
Data de Moldagem: 19/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 7.340
Tensão máxima (MPa): 2,3
Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7222 - Determinação da resist. à tração por compressão diametral de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 03 - 10%

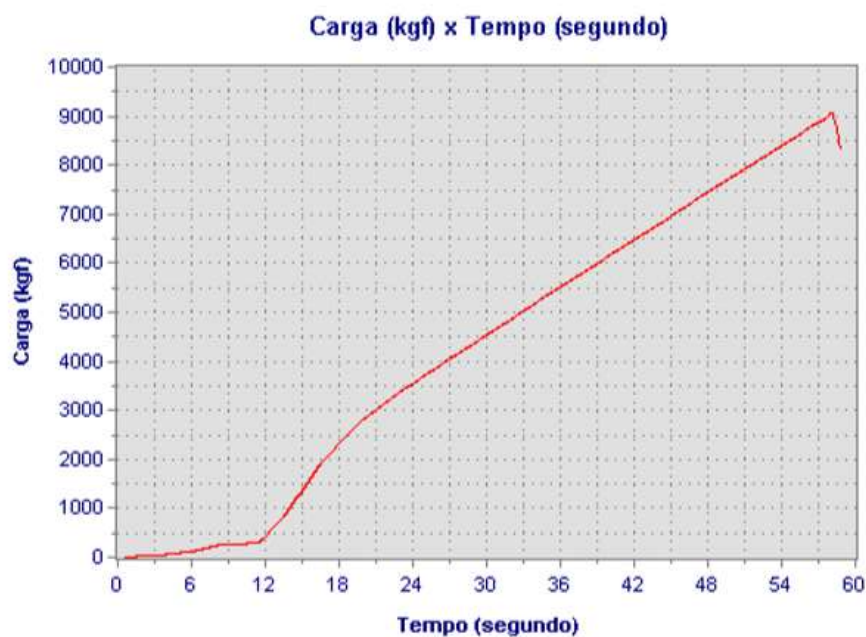
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Diametral
 Cliente: Adrielli de Moura Silva
 Responsável: Renan
 Data de Moldagem: 20/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 9.040
 Tensão máxima (MPa): 2,8
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7222 - Determinação da resist. à tração por compressão diametral de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 3 15% T

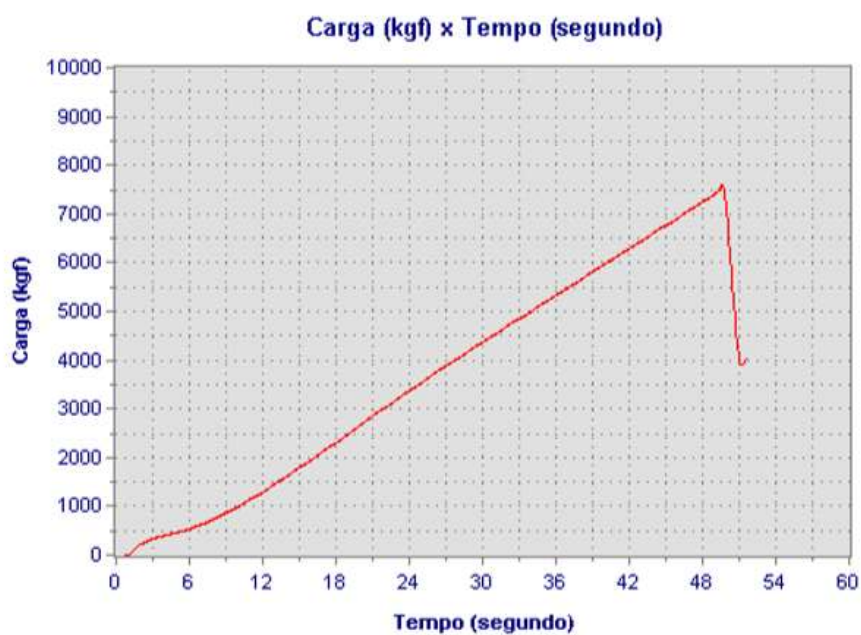
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Diametral
 Cliente: ADRIELLI
 Responsável: JEYSON
 Data de Moldagem: 16/10/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 7.460
 Tensão máxima (MPa): 2,4
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7222 - Determinação da resist. à tração por compressão diametral de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 4 0% T

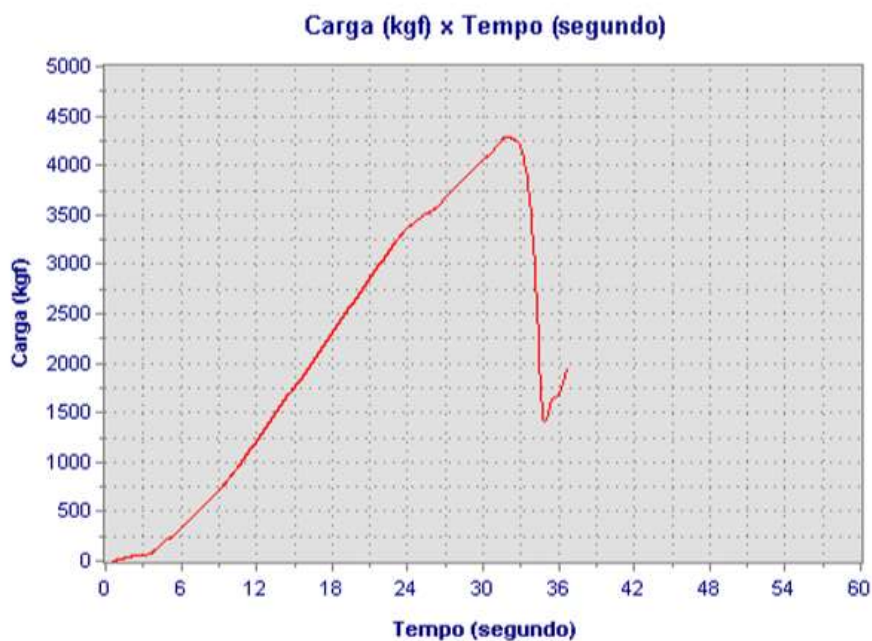
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Diametral
 Cliente: ADRIELLI
 Responsável: JEYSON
 Data de Moldagem: 10/10/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 4.280
 Tensão máxima (MPa): 1,3
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7222 - Determinação da resist. à tração por compressão diametral de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 04 - 5%

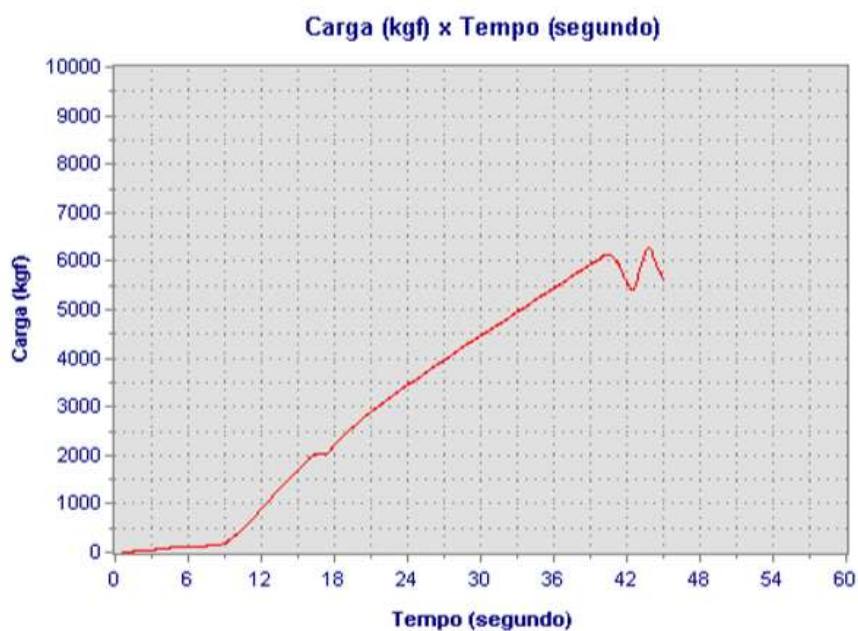
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Diametral
 Cliente: Adrielli de Moura Silva
 Responsável: Renan Zenatti
 Data de Moldagem: 19/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 6.270
 Tensão máxima (MPa): 2,0
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7222 - Determinação da resist. à tração por compressão diametral de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 04 - 10%

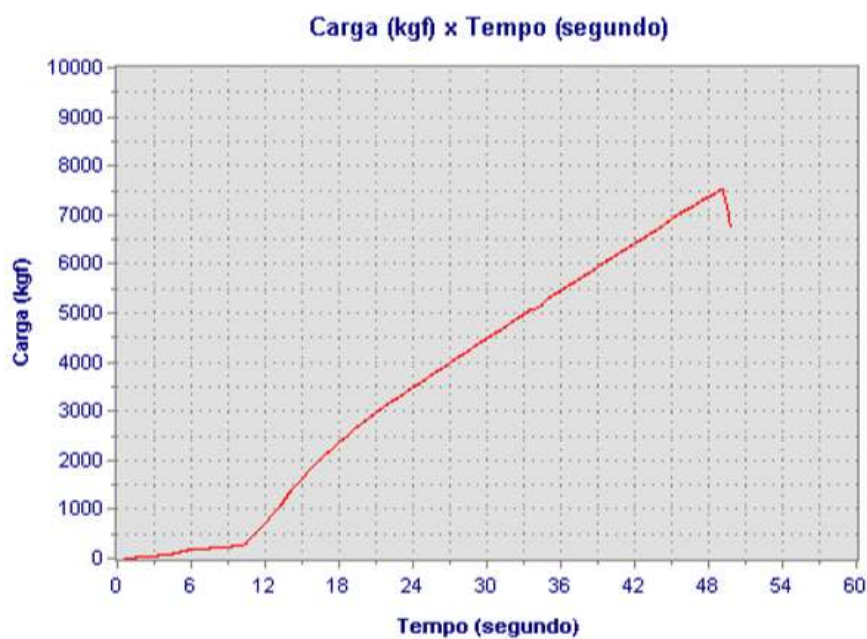
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Diametral
 Cliente: Adrielli de Moura Silva
 Responsável: Renan
 Data de Moldagem: 20/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 7.500
 Tensão máxima (MPa): 2,3
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7222 - Determinação da resist. à tração por compressão diametral de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 4 15% T

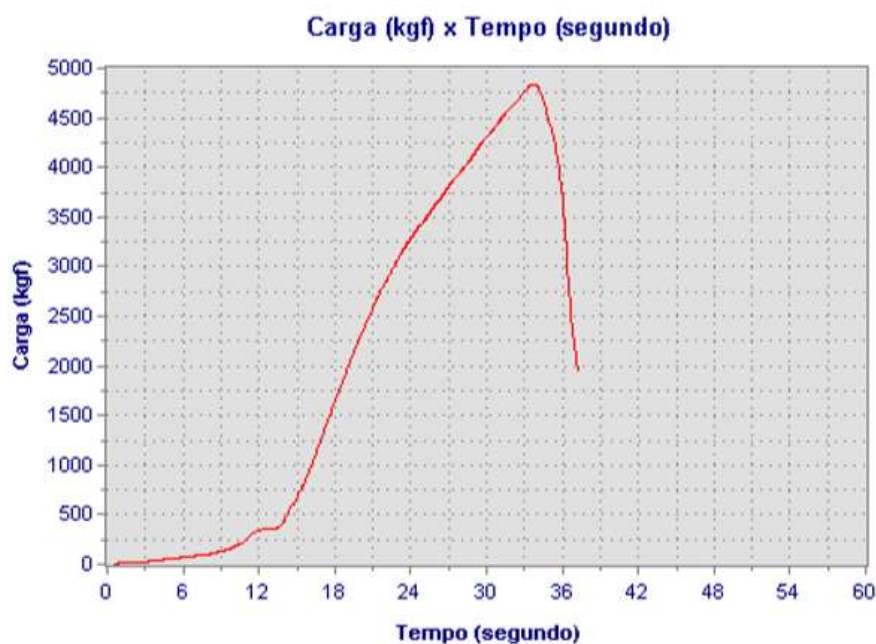
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Diametral
 Cliente: ADRIELLI
 Responsável: JEYSON
 Data de Moldagem: 16/10/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 4.840
 Tensão máxima (MPa): 1,5
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7222 - Determinação da resist. à tração por compressão diametral de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 5 0% T

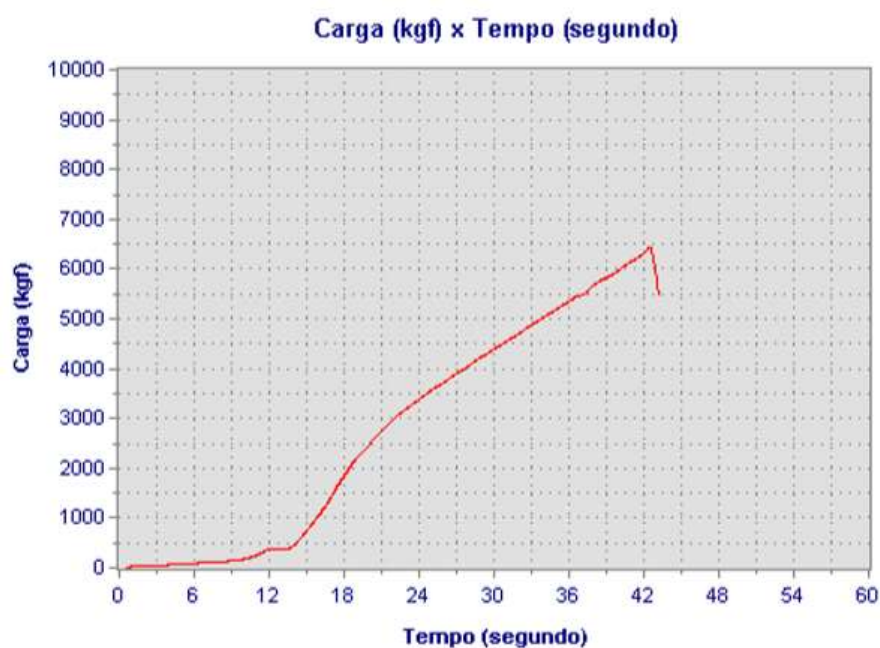
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Diametral
 Cliente: ADRIELLI
 Responsável: JEYSON
 Data de Moldagem: 10/10/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 6.410
 Tensão máxima (MPa): 2,0
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7222 - Determinação da resist. à tração por compressão diametral de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 05 - 5%

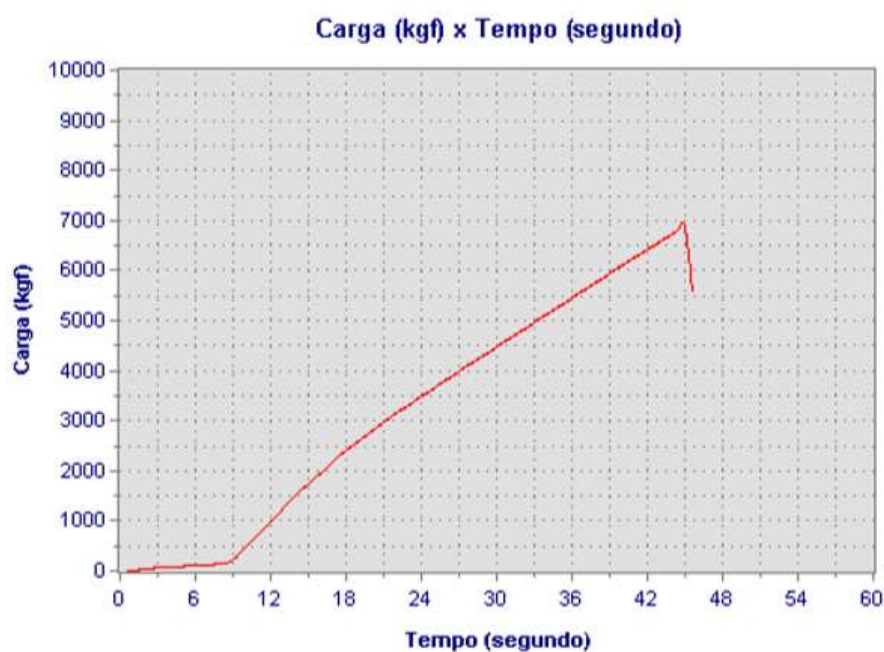
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Diametral
 Cliente: Adrielli de Moura Silva
 Responsável: Renan Zenatti
 Data de Moldagem: 19/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 6.870
 Tensão máxima (MPa): 2,1
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7222 - Determinação da resist. à tração por compressão diametral de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 05 - 10%

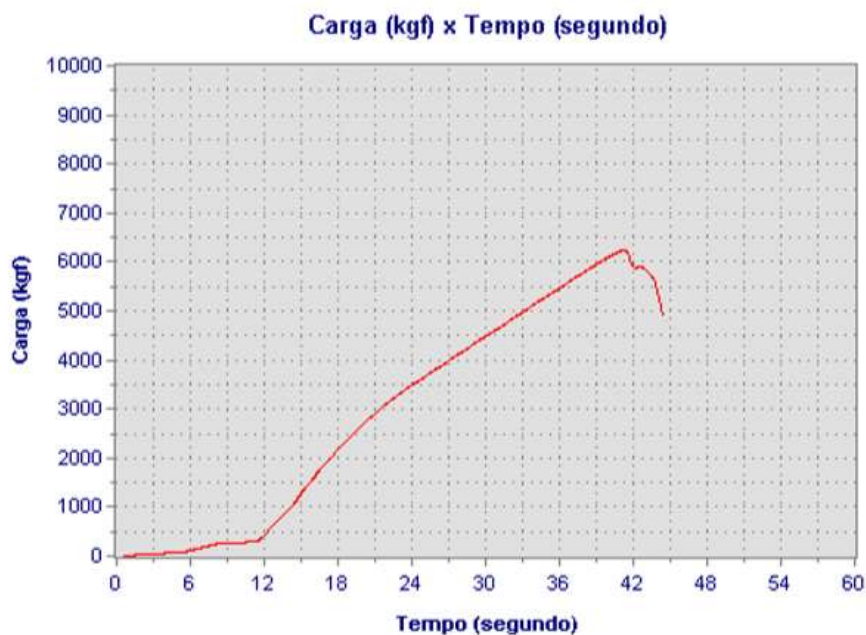
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Diametral
 Cliente: Adrielli de Moura Silva
 Responsável: Renan
 Data de Moldagem: 20/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 6.260
 Tensão máxima (MPa): 2,0
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7222 - Determinação da resist. à tração por compressão diametral de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 5 15% T

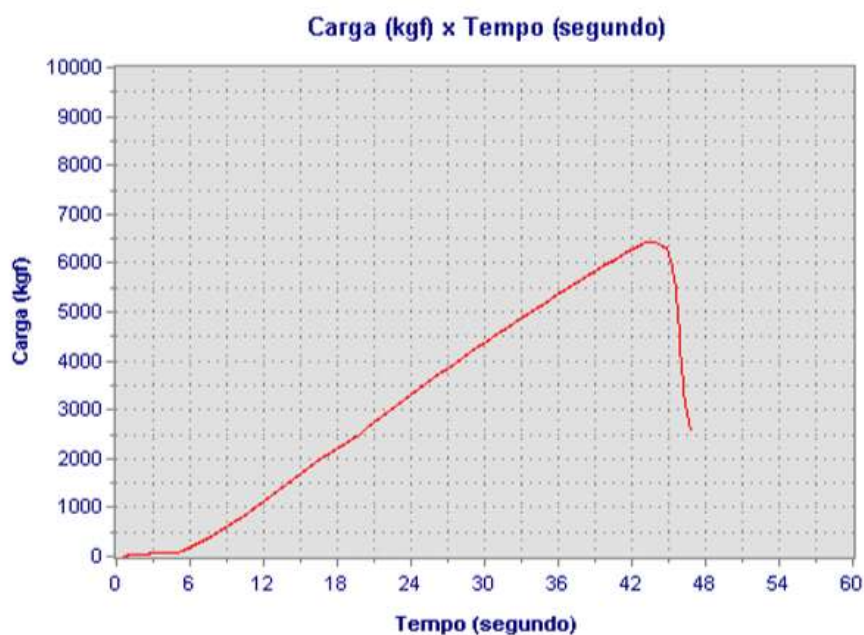
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Diametral
 Cliente: ADRIELLI
 Responsável: JEYSON
 Data de Moldagem: 16/10/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 6.430
 Tensão máxima (MPa): 2,0
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7222 - Determinação da resist. à tração por compressão diametral de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 6 0% T

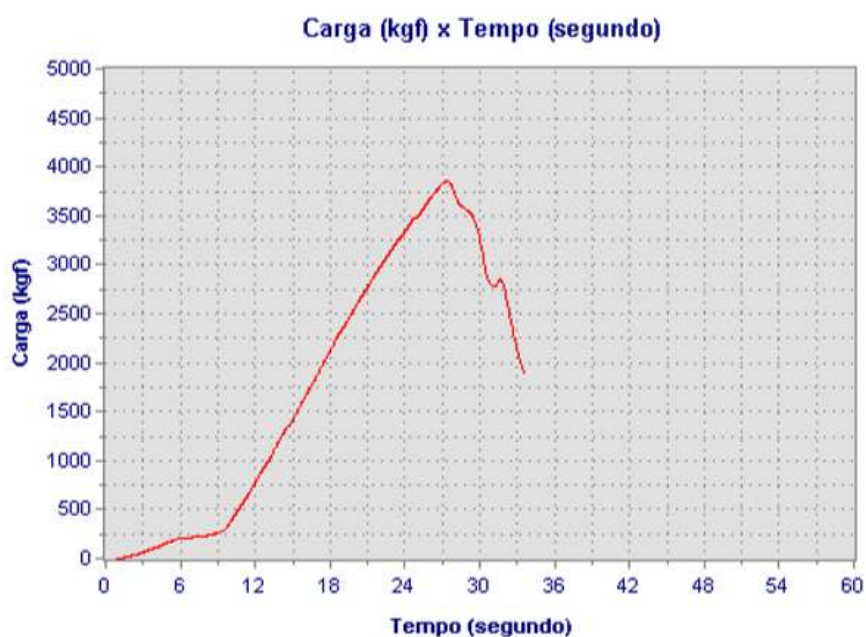
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Diametral
 Cliente: ADRIELLI
 Responsável: JEYSON
 Data de Moldagem: 10/10/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 3.870
 Tensão máxima (MPa): 1,2
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7222 - Determinação da resist. à tração por compressão diametral de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 06 - 5%

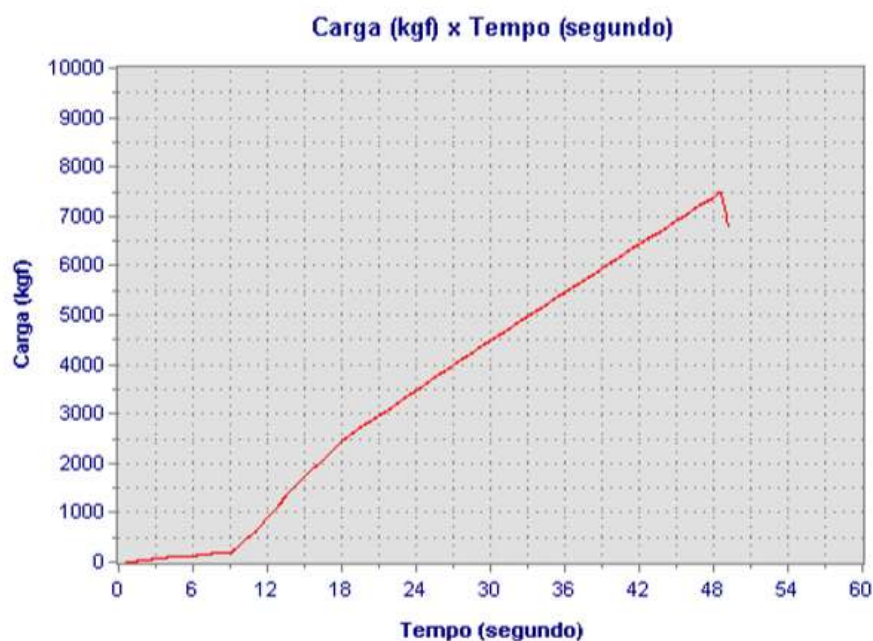
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Diametral
 Cliente: Adrielli de Moura Silva
 Responsável: Renan Zenatti
 Data de Moldagem: 19/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 7.440
 Tensão máxima (MPa): 2,3
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7222 - Determinação da resist. à tração por compressão diametral de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 06 - 10%

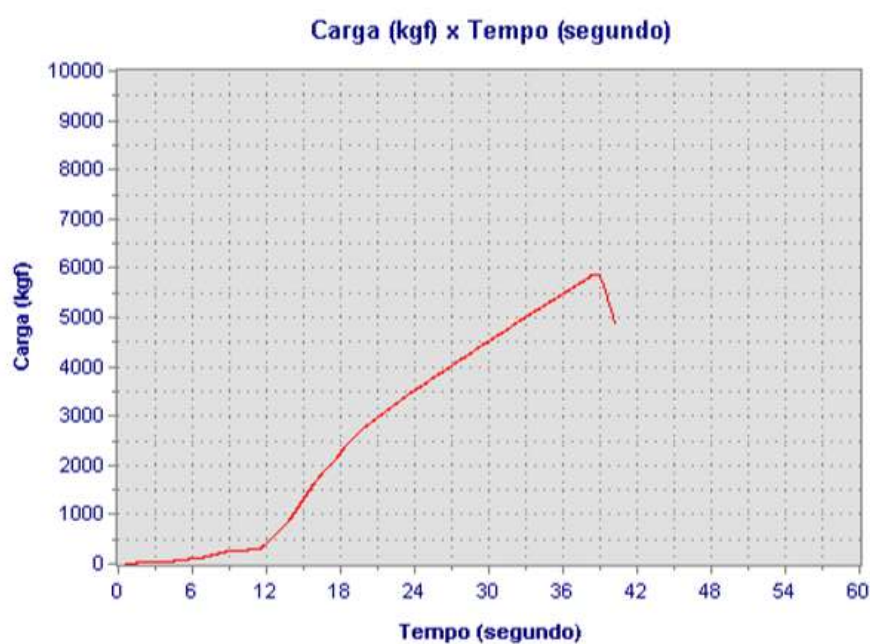
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Diametral
 Cliente: Adrielli de Moura Silva
 Responsável: Renan
 Data de Moldagem: 20/09/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 5.890
 Tensão máxima (MPa): 1,8
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:



NBR 7222 - Determinação da resist. à tração por compressão diametral de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP 6 15% T

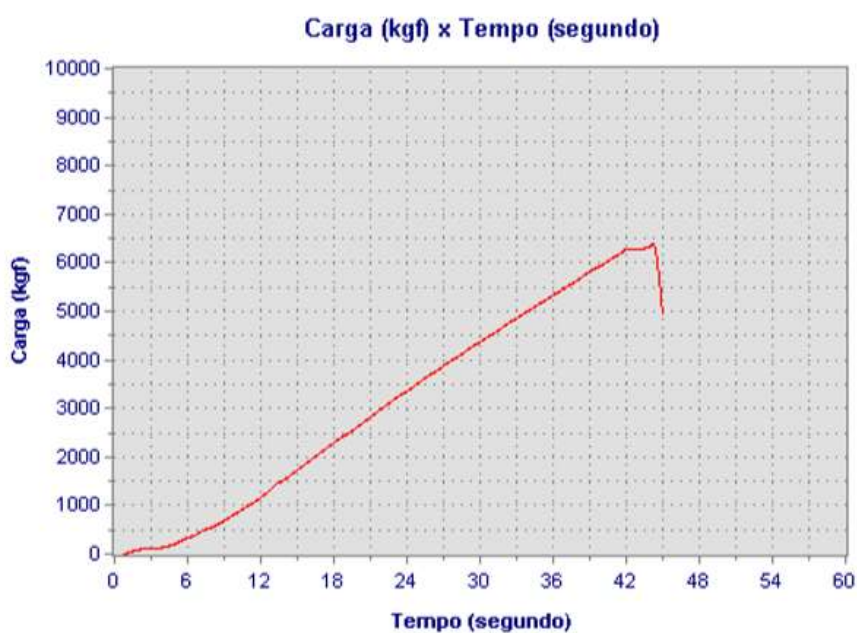
Dados Cadastrais

Amostra: TCC ADRIELLI
 Tipo de ensaio: Compressão Diametral
 Cliente: ADRIELLI
 Responsável: JEYSON
 Data de Moldagem: 16/10/2018

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 6.340
 Tensão máxima (MPa): 2,0
 Mód. Elasticidade (GPa):

Gráfico do ensaio realizado



Observações:

APÊNDECE A – PLANILHAS DE CÁLCULO DE MÓDULO DE ELASTICIDADE

CÁLCULO - MÓDULO DE ELASTICIDADE			
Nº CP	1	Subst.(%)	0
Fc(N/mm²)	19,3	L(mm)	100
ta(N/mm²)	0,5	tb(N/mm²)	5,79
Δa(mm)	0,10475	Ea	0,0010475
Δb(mm)	0,1225	Eb	0,001225
Leituras			
		Relógio 1	Relógio 2
1º Horário		103	106,5
2º Horário		120	125
Eci(Gpa)	29,80		

CÁLCULO - MÓDULO DE ELASTICIDADE			
Nº CP	2	Subst.(%)	0
Fc(N/mm²)	19,3	L(mm)	100
ta(N/mm²)	0,5	tb(N/mm²)	5,79
Δa(mm)	0,1005	Ea	0,001005
Δb(mm)	0,117	Eb	0,00117
Leituras			
	Relógio 1	Relógio 2	
1º Horário	97	104	
2º Horário	107	127	
Eci(Gpa)	32,06		

CÁLCULO - MÓDULO DE ELASTICIDADE			
Nº CP	3	Subst.(%)	0
Fc(N/mm²)	19,3	L(mm)	100
ta(N/mm²)	0,5	tb(N/mm²)	5,79
Δa(mm)	0,0995	Ea	0,000995
Δb(mm)	0,1205	Eb	0,001205
Leituras			
	Relógio 1	Relógio 2	
1º Horário	98	101	
2º Horário	104	137	
Eci(Gpa)	25,19		

CÁLCULO - MÓDULO DE ELASTICIDADE			
Nº CP	4	Subst.(%)	0
Fc(N/mm²)	19,3	L(mm)	100
ta(N/mm²)	0,5	tb(N/mm²)	5,79
Δa(mm)	0,102	Ea	0,00102
Δb(mm)	0,11925	Eb	0,0011925
Leituras			
	Relógio 1	Relógio 2	
1º Horário	106	98	
2º Horário	110,5	128	
Eci(Gpa)	30,67		

CÁLCULO - MÓDULO DE ELASTICIDADE			
Nº CP	5	Subst.(%)	0
Fc(N/mm²)	19,3	L(mm)	100
ta(N/mm²)	0,5	tb(N/mm²)	5,79
Δa(mm)	0,099	Ea	0,00099
Δb(mm)	0,1165	Eb	0,001165
Leituras			
	Relógio 1	Relógio 2	
1º Horário	97	101	
2º Horário	106	127	
Eci(Gpa)	30,23		

CÁLCULO - MÓDULO DE ELASTICIDADE			
Nº CP	6	Subst.(%)	0
Fc(N/mm²)	19,3	L(mm)	100
ta(N/mm²)	0,5	tb(N/mm²)	5,79
Δa(mm)	0,0995	Ea	0,000995
Δb(mm)	0,11385	Eb	0,0011385
Leituras			
	Relógio 1	Relógio 2	
1º Horário	98	101	
2º Horário	112	115,7	
Eci(Gpa)	36,86		

CÁLCULO - MÓDULO DE ELASTICIDADE			
Nº CP	1	Subst.(%)	5
Fc(N/mm²)	28,8	L(mm)	100
ta(N/mm²)	0,5	tb(N/mm²)	8,64
Δa(mm)	0,10125	Ea	0,0010125
Δb(mm)	0,118	Eb	0,00118
Leituras			
	Relógio 1	Relógio 2	
1º Horário	95	107,5	
2º Horário	101	135	
Eci(Gpa)	48,60		

CÁLCULO - MÓDULO DE ELASTICIDADE			
Nº CP	2	Subst.(%)	5
Fc(N/mm²)	28,8	L(mm)	100
ta(N/mm²)	0,5	tb(N/mm²)	8,64
Δa(mm)	0,1015	Ea	0,001015
Δb(mm)	0,1185	Eb	0,001185
Leituras			
	Relógio 1	Relógio 2	
1º Horário	102	101	
2º Horário	122	115	
Eci(Gpa)	47,88		

CÁLCULO - MÓDULO DE ELASTICIDADE			
Nº CP	3	Subst.(%)	5
Fc(N/mm²)	28,8	L(mm)	100
ta(N/mm²)	0,5	tb(N/mm²)	8,64
Δa(mm)	0,1035	Ea	0,001035
Δb(mm)	0,121	Eb	0,00121
Leituras			
	Relógio 1	Relógio 2	
1º Horário	100	107	
2º Horário	114	128	
Eci(Gpa)	46,51		

CÁLCULO - MÓDULO DE ELASTICIDADE			
Nº CP	4	Subst.(%)	5
Fc(N/mm²)	28,8	L(mm)	100
ta(N/mm²)	0,5	tb(N/mm²)	8,64
Δa(mm)	0,15025	Ea	0,0015025
Δb(mm)	0,169	Eb	0,00169
Leituras			
	Relógio 1	Relógio 2	
1º Horário	188,5	112	
2º Horário	196	142	
Eci(Gpa)	43,41		

CÁLCULO - MÓDULO DE ELASTICIDADE			
Nº CP	5	Subst.(%)	5
Fc(N/mm²)	28,8	L(mm)	100
ta(N/mm²)	0,5	tb(N/mm²)	8,64
Δa(mm)	0,1985	Ea	0,001985
Δb(mm)	0,21525	Eb	0,0021525
Leituras			
	Relógio 1	Relógio 2	
1º Horário	195	202	
2º Horário	204,5	226	
Eci(Gpa)	48,60		

CÁLCULO - MÓDULO DE ELASTICIDADE			
Nº CP	6	Subst.(%)	5
Fc(N/mm²)	28,8	L(mm)	100
ta(N/mm²)	0,5	tb(N/mm²)	8,64
Δa(mm)	0,093	Ea	0,00093
Δb(mm)	0,111	Eb	0,00111
Leituras			
	Relógio 1	Relógio 2	
1º Horário	95	91	
2º Horário	109	113	
Eci(Gpa)	45,22		

CÁLCULO - MÓDULO DE ELASTICIDADE			
Nº CP	1	Subst.(%)	10
Fc(N/mm²)	25,8	L(mm)	100
ta(N/mm²)	0,5	tb(N/mm²)	7,74
Δa(mm)	0,195	Ea	0,00195
Δb(mm)	0,2125	Eb	0,002125
Leituras			
	Relógio 1	Relógio 2	
1º Horário	200	190	
2º Horário	207,5	217,5	
Eci(Gpa)	41,37		

CÁLCULO - MÓDULO DE ELASTICIDADE			
Nº CP	2	Subst.(%)	10
Fc(N/mm²)	25,8	L(mm)	100
ta(N/mm²)	0,5	tb(N/mm²)	7,74
Δa(mm)	0,05175	Ea	0,0005175
Δb(mm)	0,068	Eb	0,00068
Leituras			
	Relógio 1	Relógio 2	
1º Horário	7,5	96	
2º Horário	60	76	
Eci(Gpa)	44,55		

CÁLCULO - MÓDULO DE ELASTICIDADE			
Nº CP	3	Subst.(%)	10
Fc(N/mm²)	25,8	L(mm)	100
ta(N/mm²)	0,5	tb(N/mm²)	7,74
Δa(mm)	0,0185	Ea	0,000185
Δb(mm)	0,171	Eb	0,00171
Leituras			
	Relógio 1	Relógio 2	
1º Horário	60	-23	
2º Horário	150	192	
Eci(Gpa)	4,75		

CÁLCULO - MÓDULO DE ELASTICIDADE			
Nº CP	4	Subst.(%)	10
Fc(N/mm²)	25,8	L(mm)	100
ta(N/mm²)	0,5	tb(N/mm²)	7,74
Δa(mm)	0,1015	Ea	0,001015
Δb(mm)	0,1175	Eb	0,001175
Leituras			
	Relógio 1	Relógio 2	
1º Horário	95	108	
2º Horário	100	135	
Eci(Gpa)	45,25		

CÁLCULO - MÓDULO DE ELASTICIDADE			
Nº CP	5	Subst.(%)	10
Fc(N/mm²)	25,8	L(mm)	100
ta(N/mm²)	0,5	tb(N/mm²)	7,74
Δa(mm)	0,0985	Ea	0,000985
Δb(mm)	0,1155	Eb	0,001155
Leituras			
	Relógio 1	Relógio 2	
1º Horário	104,5	92,5	
2º Horário	106	125	
Eci(Gpa)	42,59		

CÁLCULO - MÓDULO DE ELASTICIDADE			
Nº CP	6	Subst.(%)	10
Fc(N/mm²)	25,8	L(mm)	100
ta(N/mm²)	0,5	tb(N/mm²)	7,74
Δa(mm)	0,101	Ea	0,00101
Δb(mm)	0,117	Eb	0,00117
Leituras			
	Relógio 1	Relógio 2	
1º Horário	108	94	
2º Horário	144	90	
Eci(Gpa)	45,25		

CÁLCULO - MÓDULO DE ELASTICIDADE			
Nº CP	1	Subst.(%)	15
Fc(N/mm²)	21,5	L(mm)	100
ta(N/mm²)	0,5	tb(N/mm²)	6,45
Δa(mm)	0,0965	Ea	0,000965
Δb(mm)	0,1165	Eb	0,001165
Leituras			
	Relógio 1	Relógio 2	
1º Horário	101	92	
2º Horário	134	99	
Eci(Gpa)	29,75		

CÁLCULO - MÓDULO DE ELASTICIDADE			
Nº CP	2	Subst.(%)	15
Fc(N/mm²)	21,5	L(mm)	100
ta(N/mm²)	0,5	tb(N/mm²)	6,45
Δa(mm)	0,101	Ea	0,00101
Δb(mm)	0,1205	Eb	0,001205
Leituras			
	Relógio 1	Relógio 2	
1º Horário	98	104	
2º Horário	105	136	
Eci(Gpa)	30,51		

CÁLCULO - MÓDULO DE ELASTICIDADE			
Nº CP	3	Subst.(%)	15
Fc(N/mm²)	21,5	L(mm)	100
ta(N/mm²)	0,5	tb(N/mm²)	6,45
Δa(mm)	0,095	Ea	0,00095
Δb(mm)	0,113	Eb	0,00113
Leituras			
	Relógio 1	Relógio 2	
1º Horário	98	92	
2º Horário	120	106	
Eci(Gpa)	33,06		

CÁLCULO - MÓDULO DE ELASTICIDADE			
Nº CP	4	Subst.(%)	15
Fc(N/mm²)	21,5	L(mm)	100
ta(N/mm²)	0,5	tb(N/mm²)	6,45
Δa(mm)	0,093	Ea	0,00093
Δb(mm)	0,11035	Eb	0,0011035
Leituras			
	Relógio 1	Relógio 2	
1º Horário	87	99	
2º Horário	104	116,7	
Eci(Gpa)	34,29		

CÁLCULO - MÓDULO DE ELASTICIDADE			
Nº CP	5	Subst.(%)	15
Fc(N/mm²)	21,5	L(mm)	100
ta(N/mm²)	0,5	tb(N/mm²)	6,45
Δa(mm)	0,0885	Ea	0,000885
Δb(mm)	0,1056	Eb	0,001056
Leituras			
	Relógio 1	Relógio 2	
1º Horário	84	93	
2º Horário	97	114,2	
Eci(Gpa)	34,80		

CÁLCULO - MÓDULO DE ELASTICIDADE			
Nº CP	6	Subst.(%)	15
Fc(N/mm²)	21,5	L(mm)	100
ta(N/mm²)	0,5	tb(N/mm²)	6,45
Δa(mm)	0,0921	Ea	0,000921
Δb(mm)	0,1095	Eb	0,001095
Leituras			
	Relógio 1	Relógio 2	
1º Horário	88,9	95,3	
2º Horário	104	115	
Eci(Gpa)	34,20		