

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**BOLÍVAR LUKAS TEDESCO SERAFIN
MATHEUS PEREIRA WERNER**

**DOSAGENS DO CONCRETO PARA O CONTROLE DE QUALIDADE
DE ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS: ESTUDO DE CASO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2018

**BOLÍVAR LUKAS TEDESCO SERAFIN
MATHEUS PEREIRA WERNER**

**DOSAGENS DO CONCRETO PARA O CONTROLE DE QUALIDADE
DE ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Elizângela Marcelo Siliprandi.

**PATO BRANCO
2018**



TERMO DE APROVAÇÃO

DOSAGENS DO CONCRETO PARA O CONTROLE DE QUALIDADE DE ESTRUTURAS DE PRÉ-MOLDADAS: ESTUDO DE CASO

BOLÍVAR LUKAS TEDESCO SERAFIN MATHEUS PEREIRA WERNER

No dia 19 de novembro de 2018, às 08h15min, na SALA DE TREINAMENTO da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após argüição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná– UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº38-TCC/2018.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. ELIZÂNGELA MARCELO SILIPRANDI (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof. Msc. TOBIAS JUN SHIMOSAKA (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Msc. JOSÉ MIGUEL ETCHALUS (DACOC/UTFPR-PB)

RESUMO

SERAFIN, Bolívar L. T; WERNER, Matheus P. **Dosagens do concreto para o controle de qualidade de estruturas pré-moldadas: estudo de caso.** 2018. 90 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento acadêmico de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

Nos dias de hoje, a engenharia civil se encontra na era do concreto, onde seu uso é quase que, frequentemente, utilizado em todos os tipos de obras. Porém o ramo da construção civil vem sendo considerada atrasada em relação a outros ramos industriais. Para melhorar esta característica negativa existem diversas alternativas, dentre elas está a utilização de pré-moldados, que reduz o tempo de construção, diminui a produção de resíduos sólidos, o desperdício de materiais e o aumento da velocidade da execução da obra. Este estudo visa melhorar a qualidade do concreto pré-moldado de uma empresa em específico, levando em consideração a relação custo/benefício mantendo os padrões de qualidade impostos pelos projetos, através da alteração dos traços utilizados e obtendo resultados pelos testes de compressão. A partir dos testes realizados, foi possível observar uma melhoria do concreto produzido antes do início deste estudo, com relação à sua qualidade, e ainda seu custo foi reduzido.

Palavras-chave: Concreto. Construção civil. Pré-moldado. Dosagem.

ABSTRACT

SERAFIN, Bolívar L. T; WERNER, Matheus P. **Concrete dosages for the quality control of precast structures: case study**. 2018. 90 pages. Course Conclusion Work - Academic Department of Civil Engineering, Federal Technological University of Paraná. Pato Branco, 2018.

Nowadays, civil engineering is in the era of concrete, where its use is almost always used in all types of works. However, the construction industry is considered to be backward in comparison to other industrial sectors. To improve this negative characteristic there are several alternatives, among them is the use of precast, which reduces construction time, solid waste production, wastage of materials and increased speed of execution of the construction site. This study aims to improve the quality of precast concrete of a specific company, considering the relation between its costs and its benefits, and also, maintaining the quality standards imposed by the projects, by changing the concrete dosages used and obtaining results by the compression tests. From the tests performed, it was possible to observe an improvement of the concrete that was produced before the beginning of this study, in relation to its quality, and its cost was still reduced.

Key words: Concrete. Civil Construction. Precast. Dosage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma das atividades realizadas	35
Figura 2: Materiais utilizados para caracterização.....	36
Figura 3: Caracterização da Areia Artificial.....	37
Figura 4: Utilização das peneiras específicas	37
Figura 5: Estocagem, balança e esteiras da Usina Dosadora	38
Figura 6: Painel de controle da Usina Dosadora	39
Figura 7: Tambor betoneira	39
Figura 8: Válvula de controle da água de amassamento.....	40
Figura 9: Esteira dos agregados.....	40
Figura 10: Recipiente para colocação do cimento	41
Figura 11: Reservatório para o concreto	42
Figura 12: Ponte rolante para içamento do reservatório de concreto até a forma desejada.....	42
Figura 13: Formas instaladas na empresa	43
Figura 14: Teste de abatimento do concreto	44
Figura 15: Recipiente para cura.....	45
Figura 16: Prensa hidráulica instalada na empresa para testes de compressão	46
Figura 17: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – primeira coleta.....	48
Figura 18: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – segunda coleta.....	50
Figura 19: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – terceira coleta.....	52
Figura 20: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – quarta coleta.....	55
Figura 21: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento - quinta coleta.....	57
Figura 22: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – sexta coleta.....	59
Figura 23: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – sétima coleta.....	61

Figura 24: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – oitava coleta.	63
Figura 25: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – nona coleta.	65
Figura 26: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – décima coleta.	67
Figura 27: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – décima primeira coleta.	69
Figura 28: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – décima segunda coleta.	71
Figura 29: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – décima terceira coleta.	73
Figura 30: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – décima quarta coleta.	75
Figura 31: Curva da resistência a compressão dos traços analisados em relação a idade de rompimento.	76
Figura 32: Curva da resistência a compressão do traço proposto em relação a idade de rompimento – traço proposto.	78
Figura 33: Curva da resistência a compressão dos traços analisados e traço proposto em relação a idade de rompimento do corpo de prova	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classe de agressividade ambiental.	31
Tabela 2: Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto	32
Tabela 3: Dados da primeira coleta.	47
Tabela 4: Orçamento da produção de concreto.	49
Tabela 5: Dados da segunda coleta.	49
Tabela 6: Orçamento da produção de concreto.	51
Tabela 7: Dados da terceira coleta.	51
Tabela 8: Orçamento da produção de concreto.	53
Tabela 9: Dados da quarta coleta.	54
Tabela 10: Orçamento da produção de concreto.	55
Tabela 11: Dados da quinta coleta.	56
Tabela 12: Orçamento da produção de concreto.	57
Tabela 13: Dados da sexta coleta.	58
Tabela 14: Orçamento da produção de concreto.	59
Tabela 15: Dados da sétima coleta.	60
Tabela 16: Orçamento da produção de concreto.	61
Tabela 17: Dados da oitava coleta.	62
Tabela 18: Orçamento da produção de concreto.	63
Tabela 19: Dados da nona coleta.	64
Tabela 20: Orçamento da produção de concreto.	65
Tabela 21: Dados da décima coleta.	66
Tabela 22: Orçamento da produção de concreto.	67
Tabela 23: Dados da décima primeira coleta.	68
Tabela 24: Orçamento da produção de concreto.	69
Tabela 25: Dados da décima segunda coleta.	70
Tabela 26: Orçamento da produção de concreto.	71
Tabela 27: Dados da décima terceira coleta.	72
Tabela 28: Orçamento da produção de concreto.	73
Tabela 29: Dados da décima quarta coleta.	74
Tabela 30: Orçamento da produção de concreto.	75
Tabela 31: Dados do traço proposto.	77
Tabela 32: Orçamento da produção de concreto do traço proposto.	79

Tabela 33: Orçamento da produção de concreto da primeira coleta de dados.	80
Tabela 34: Orçamento da produção de concreto do traço proposto.....	80
Tabela 35: Comparativo geral do trabalho.....	81

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas

IBRACON Instituto Brasileiro de Concreto

NBR Norma Brasileira Registrada no INMETRO

NM Norma Mercosul

INMETRO Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

CA Concreto armado

CP Concreto protendido

CP V – ARI Cimento Portland de Alta Resistência Inicial

UTFPR Universidade Tecnológica Federal do Paraná

PR Paraná

LISTA DE SÍMBOLOS

f_c – resistência característica à compressão

f_{ck} - resistência característica à compressão

f_{cm} - resistência característica média à compressão

$f_{cm,j}$ - resistência característica média à compressão na idade de j dias

$f_{ck,est}$ - valor estimado da resistência característica à compressão

F - força

D - diâmetro

n - número de exemplares

m - número de exemplares divididos por 2

h - horas

g - grama

l - litros

kg – quilograma

m - metro

cm - centímetro

mm - milímetro

MPa - mega pascal

N - Newton

ρ - massa específica

s - segundos

V - velocidade

un - unidade

$a/c,x$ - relação água/cimento

α - teor de argamassa seca

a - agregado miúdo

b - agregado graúdo

m - agregado miúdo mais agregado graúdo

H - fator água/materiais secos

C - consumo de cimento

C20 classe do concreto – concreto de resistência à compressão igual a 20

MPa

C25 classe do concreto – concreto de resistência à compressão igual a 25 MPa

C30 classe do concreto – concreto de resistência à compressão igual a 30 MPa

C35 classe do concreto – concreto de resistência à compressão igual a 35 MPa

C40 classe do concreto – concreto de resistência à compressão igual a 40 MPa

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVO GERAL	15
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICO	15
1.3	JUSTIFICATIVA	15
2	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	17
2.1	CONCRETO	17
2.1.1	Cimento	18
2.1.2	Agregados	19
2.1.3	Água de amassamento	19
2.1.4	Tempo de pega	20
2.2	ADITIVOS	20
2.2.1	Acelerador de pega	21
2.2.2	Retardador de pega	21
2.2.3	Redutor de água (Plastificantes)	21
2.2.4	Superplastificantes	22
2.3	PROPRIEDADES DO CONCRETO FRESCO	22
2.3.1	Trabalhabilidade	22
2.3.2	Coesão e Segregação	23
2.3.3	Exsudação	24
2.4	PROPRIEDADES DO CONCRETO ENDURECIDO	25
2.4.1	Condutibilidade térmica	25
2.4.2	Calor específico	25
2.4.3	Dilatação Térmica	26
2.4.4	Resistência a compressão	26
2.5	CONCRETO PRÉ MOLDADO	26
3	DOSAGEM	28
3.1	MÉTODO DE DOSAGEM DE CONCRETOS EPUSP/IPT	28
4	QUALIDADE, CONTROLE E GARANTIA	30
5	METODOLOGIA E ESTRUTURA	33
6	MATERIAIS E MÉTODOS	36
6.1	CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS	36
6.2	PROCESSO DE FABRICAÇÃO	38

6.3	MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA E TESTE DE ABATIMENTO.....	43
6.3.1	Procedimento	44
7	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	47
7.1.1	Primeira coleta e análise de dados:.....	47
7.1.2	Segunda coleta e análise de dados:.....	49
7.1.3	Terceira análise de dados:	51
7.1.4	Quarta análise de dados:	53
7.1.5	Quinta análise de dados:.....	55
7.1.6	Sexta análise de dados	58
7.1.7	Sétima análise de dados:	60
7.1.8	Oitava análise de dados:	62
7.1.9	Nona análise de dados:.....	64
7.1.10	Décima análise de dados:	66
7.1.11	Décima primeira análise de dados:	68
7.1.12	Decima segunda análise de dados:.....	70
7.1.13	Décima terceira análise de dados:	72
7.1.14	Décima quarta análise de dados:	74
7.1.15	Término da coleta e análise de dados.....	76
7.1.16	Dados e resultados do traço proposto.....	77
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
	REFERÊNCIAS.....	84
	APÊNDICES	87

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a Engenharia Civil se encontra na era do concreto, em que a praticidade e características do material tornam seu uso frequente em obras de pequeno a grande porte (Diniz, 2009).

A indústria da construção civil vem sendo considerada atrasada em relação a outros ramos industriais. Os principais motivos que levam a essa consideração são, de maneira geral, a baixa produtividade, o grande desperdício de materiais, a morosidade e o baixo controle de qualidade (EL DEBS, 2000).

Atualmente existem diversas formas para evitar esse atraso, uma delas é através da utilização de elementos pré-moldados de concreto, cujo emprego traz diversos benefícios para a construção, tais como: redução do tempo de construção, da produção de resíduos, do desperdício de materiais, aumento da velocidade de execução da obra e o melhor controle dos componentes pré-moldados (EL DEBS, 2000).

Assim, conhecer as propriedades, as metodologias dos ensaios e seus benefícios, bem como a dosagem correta pode, juntamente com alguns fatores como custo, resistência e qualidade, funcionar como balizadores afim de obter a melhor eficiência do mercado.

Como um material dessa importância, é compreensível a quantidade de normas usadas para regulamentar desde seu processo de produção e materiais utilizados até as características que deverá apresentar quando pronto e aplicado.

A qualidade de um concreto está relacionada a inúmeros fatores, e uma das principais propriedades do concreto endurecido, e uma das mais simples de ser quantificada, é a resistência à compressão, visto que é o principal esforço ao qual o concreto será submetido na estrutura.

A resistência a compressão do concreto é o principal parâmetro para a dosagem e controle de qualidade do mesmo, por se tratar de um procedimento simples, que envolve a moldagem de corpos-de-prova e o ensaio de compressão axial, gerando dados para análise e conseqüentemente modificações, se necessário, do traço (HELENE e TERZIAN, 1992).

Para tanto, foi desenvolvido, juntamente com uma empresa de pré-moldados na cidade de Pato Branco-PR, uma análise para a obtenção do melhor traço de

concreto, seguindo as normas da ABNT relacionadas ao processo e ao produto, para que o mesmo supra a necessidade de resistência solicitado, atingindo o melhor custo/benefício e, mantendo os padrões de qualidade solicitados pelas diferentes especificações de projetos desenvolvidos pela referida empresa.

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um traço para dosagem do concreto com a melhor qualidade e custo/benefício que atenda às especificações de projetos das peças de concreto pré-moldados.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICO

- Analisar os resultados dos testes de resistência à compressão de diversos traços aplicados na fabricação de concreto para estruturas de pré-moldado;
- Determinar as dosagens do concreto com o auxílio do método do IPT;
- Caracterizar os materiais utilizados;
- Determinar resistência do concreto;
- Analisar e avaliar os resultados da resistência do concreto, propondo ajustes nos traços realizados;
- Determinar, a partir de ensaio, a resistência do traço proposto.

1.3 JUSTIFICATIVA

A grande variação do mercado, faz com que cada vez mais as empresas estudem uma maneira de se sobressaírem perante as outras, visando manter estável a sua posição no setor, mas também com o pensamento de crescer e expandir seus negócios.

As empresas de pré-moldados, não são diferentes, buscam melhorar a resistência de seu concreto para conseguir atender ao mercado, que exige a melhor qualidade e custo possível.

Muitas vezes a produção do concreto não atende às condições de dimensionamento inicial, ou seja, acaba resistindo mais ou menos do que o projetado,

o que acarretando na falta de qualidade e segurança do concreto ou reflète no uso de mais material, com custos maiores na produção.

Este trabalho, objetiva responder à demanda de uma empresa de pré-moldados em específico, que identificou a possibilidade de melhorar o traço que utiliza em suas peças de concreto.

Deste modo, a partir da análise de dados existentes, da empresa em estudo e que serão coletados, serão analisados os traços e suas respectivas resistências, a fim de estabelecer um padrão e compreender esta relação, traço e resistência. O intuito maior é estabelecer uma relação que possibilite o dimensionamento correto, que atenda às exigências projetadas, sem desperdícios, com qualidade e segurança.

O trabalho se apresentou viável pois a empresa permitiu a utilização dos dados existentes, bem como disponibilizou a estrutura para coleta de dados, que serviram como base para o desenvolvimento do objetivo deste trabalho.

2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1 CONCRETO

Helene e Andrade (2010), explicam que o concreto é o material estrutural e de construção civil mais importante, podendo ser considerado como uma das descobertas formidáveis que marcaram a história do desenvolvimento da humanidade e sua qualidade de vida.

Isaia (2005) comenta uma simples constatação: a natureza fornece matérias-primas abundantes, em seu estado normal, e o homem, com sua alta capacidade de elaborar relações de causa e efeito, aplica soluções de seus problemas imediatos em cima destes materiais disponibilizados. Tomando assim o uso adequado do concreto.

Conforme Isaia (p. 22, 2005), “Na sociedade atual, não é possível imaginar nenhuma atividade humana em que o concreto não esteja presente”.

A ABNT NBR 12655 (2015) define o concreto de cimento Portland como um material constituído pela mistura de cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água de amassamento, com ou sem a incorporação de componentes minoritários, como os aditivos químicos, metacaulim ou sílica ativa, formando uma pasta que unirá os agregados, permitindo adquirir diversas formas.

De acordo com Petrucci (1968, p.1):

O concreto hidráulico é um material de construção que se compõe como uma mistura de um aglomerante com um ou mais materiais inertes e água. Logo que misturado, deve proporcionar condições de plasticidade que permitam operações de manuseio que são fundamentais no lançamento nas fôrmas, adquirindo, com o tempo, pelas reações que então se processarem entre aglomerante e água, coesão e resistência.

O mesmo autor aponta que para conseguir um concreto com ótimas características, tais como: durabilidade, resistência, economicidade e de bom aspecto, vê-se a necessidade de estudar, as propriedades individuais de cada material que englobam o concreto, as propriedades do concreto e os fatores suscetíveis de serem alteradas, assim como o proporcionamento correto e a execução minuciosa da mistura em cada caso, a fim de obter-se as características impostas, os meios de transporte, lançamento e adensamento ajustados com a obra, o modo de executar o controle do

concreto durante a preparação e após o endurecimento, afim de chegar nas características exigidas.

O concreto também apresenta algumas desvantagens, como peso próprio elevado, porém pode ser diminuído com utilização de agregados leves, é também susceptível a variações volumétricas e, ainda, a calor de hidratação, que podem ocasionar fissuras em determinadas estruturas. Entretanto, suas vantagens e versatilidades se sobressaem, fazendo com que o concreto assuma o segundo lugar entre os materiais mais consumidos pela humanidade, perdendo apenas para a água (ISAIA, 2005).

2.1.1 Cimento

Entre os diversos ligantes para a fabricação do concreto, o cimento Portland vem sendo o aglomerante hidráulico mais utilizado na construção civil. Onde tem a real importância no desempenho, qualidade e durabilidade do concreto (KIHARA e CENTURIONE, 2005).

O século XVIII foi marcado pela evolução das argamassas e concretos, tendo suas investigações efetuadas pelo engenheiro responsável pela reconstrução do Farol de Eddystone em Cornwall, no sudoeste da Inglaterra, John Smeaton. Este que levou a certeza de que calcários impuros que continham argila produziram cimento. Possivelmente, o termo do cimento Portland surgiu entre a comparação do cimento recém-criado deste engenheiro e a localidade da Ilha de Portland, onde eram realizadas as extrações de rochas calcárias comercializadas na época (KIHARA e CENTURIONE, 2005).

De acordo com Petrucci (1968, p.5):

O cimento Portland é um material pulverulento, constituído de silicatos e aluminatos de cálcio, praticamente sem cal livre. Esses silicatos e aluminatos complexos, ao serem misturados com água hidratam-se e produzem o endurecimento da massa, que pode então oferecer elevada resistência mecânica.

Petrucci (1968) afirma que a trituração de um produto denominado clínquer é a base da produção do cimento Portland. Este é obtido através do cozimento até a fusão inicial da mistura de calcário e argila devidamente dosados e homogeneizados, de tal forma que haja a completa combinação de toda a cal com todos os compostos

argilosos, sem que, após o cozimento, resulte cal livre em quantidades danosas. Para regularizar o tempo de início das reações do aglomerante com a água, é feita pequena adição de sulfato de cálcio, logo após a queima, de forma que o teor de Óxido sulfúrico (SO₃) não ultrapasse 3,0%.

2.1.2 Agregados

A ABNT NBR 7211 (2009) diz que o agregado miúdo é definido através dos grãos passantes pela peneira de malha de 4,75 mm e que fiquem retidas na peneira de malha de 150 µm. A mesma define que o agregado graúdo, também conhecido como pedra brita, são aqueles cujos grãos passam pela peneira de malha de 152 mm e que fiquem retidas na peneira de 4,75 mm.

Visto que os agregados ocupam, aproximadamente, $\frac{3}{4}$ do volume do concreto é necessário que estes apresentem uma boa qualidade, pois afetam diretamente na qualidade do concreto, podendo limitar sua resistência e prejudicar sua durabilidade e desempenho estrutural (NEVILLE, 2013)

De acordo com Petrucci (2005), os agregados possuem uma certa importância dentro de argamassas e concretos, tanto no ponto de vista econômico quando no ponto de vista técnico, visto que exercem funções benéficas em certas características, tais como: retração, aumento da resistência ao desgaste, etc, sem causar nenhuma perda de resistência mecânica disponibilizada pelo cimento.

Os agregados mais utilizados são os naturais, os quais são formados através de processos de abrasão ou intemperismo ou ainda por britagem de grandes blocos de rocha-mãe. Boa parte das propriedades dos diversos agregados são dependentes das propriedades da rocha-mãe de qual foram retirados, tais como, a composição química e mineral, massa específica, dureza, resistência, estrutura de poros, entre outras (NEVILLE, 2013).

2.1.3 Água de amassamento

Comumente ouve-se falar que a água que serve para beber pode ser utilizada na produção de concreto, porém Petrucci (2005) afirma que muitas águas que são utilizadas na produção do concreto não podem ser ingeridas pelo homem.

Sabemos que a qualidade da água é de real importância pois suas impurezas podem vir a interferir em diversas características do concreto, podendo dificultar a

pega do mesmo, diminuir a resistência, causar manchas em sua superfície e o mais importante, pode ocasionar à corrosão das armaduras. Em vista disso, vemos a magnitude de verificar a qualidade da água de amassamento e de cura (NEVILLE, 2013).

Petrucci (2005) coloca que os maiores defeitos derivados da utilização de água de amassamento estão mais relacionados com o excesso de água empregada, onde haverá a diminuição da resistência do concreto, do que com os elementos que esta água apresentará.

Em geral, a utilização de água potável é segura, porém, a água não potável também pode ser satisfatória para a produção do concreto. Como regra, qualquer água com pH (grau de acidez) entre 6,0 e 8,0, sem sabor salino ou salobro é adequada ao uso, e a coloração escura ou odor não necessariamente implicam em dizer que existem substâncias deletérias (NEVILLE, 2013, pg. 74 e 75).

2.1.4 Tempo de pega

Segundo Neville (2013), tempo de pega é momento que acontece o endurecimento da pasta de cimento, ou seja, se refere a mudança do estado líquido para o estado sólido.

O endurecimento do concreto é causado, principalmente, pela hidratação do C3A e C3S, onde conseqüentemente haverá o aumento da temperatura na pasta de cimento. No período de início de pega pode-se observar uma rápida elevação da temperatura, porém no fim de pega que se encontra o pico da temperatura.

2.2 ADITIVOS

Aditivos são definidos como todo e qualquer produto que, quando incorporado na mistura do concreto, forneçam melhorias em qualquer característica do concreto final, porém é dispensável à composição e a finalidade do concreto (BAUER, 2008).

Dentre os diversos aditivos, podemos destacar os seguintes:

2.2.1 Acelerador de pega

São produtos químicos que tendem a acelerar o endurecimento ou o desenvolvimento da resistência inicial do concreto. Porém, este aditivo, na teoria, não influencia no tempo de início de pega, entretanto, na prática, percebe-se que este tempo é reduzido. O melhor exemplo de acelerador de pega é o carbonato de sódio. (NEVILLE, 2013).

Estes aditivos são, geralmente, utilizados em situações cujo concreto será lançado sob baixas temperaturas, pois haverá um aumento rápido da temperatura na hora da mistura, ou quando são necessários reparos urgentes. (NEVILLE, 2013).

2.2.2 Retardador de pega

Giammusso (1992) define que são produtos que atrasam o início de pega do concreto, permitindo um tempo maior de transporte e de aplicação do concreto.

Estes aditivos são úteis em concretagens que irão ocorrer em dias quentes, onde o tempo de pega é reduzido pela alta temperatura (NEVILLE, 2013).

Os retardadores são, geralmente, à base de açúcares, como os derivados de carboidratos, sais solúveis de zinco, borato solúveis, entre outros. Quando utilizado de maneira cautelosa, cerca de 0,05% de açúcar pode atrasar o tempo de pega em, aproximadamente, 4 horas (NEVILLE, 2013).

2.2.3 Redutor de água (Plastificantes)

Neville (2013) explica que os plastificantes são utilizados para: alcançar uma resistência maior, pois haverá uma redução da relação água/cimento; para obter a mesma trabalhabilidade, mesmo com a redução do teor de cimento; e para aumentar a trabalhabilidade, facilitando o lançamento do concreto em situações que não seriam alcançados com o concreto normal.

A redução da quantidade de água da mistura pode variar de 5% até 15%, o que aumenta a resistência do concreto (NEVILLE, 2013).

2.2.4 Superplastificantes

Estes aditivos são um aprimoramento dos plastificantes, e hoje são os aditivos mais recentes e eficientes, onde reduzem ainda mais a relação água/cimento, atingindo altas resistências (NEVILLE, 2013).

Concretos com a utilização deste aditivo, podem ser lançados em locais inacessíveis, como alguns pisos ou lajes, ou ainda onde seria necessário um lançamento muito rápido. Outra característica importante, é que este concreto dispensa a utilização de vibradores, pois apresenta-se bem fluído (NEVILLE, 2013).

A maioria destes aditivos são à base de formaldeído-sulfonato de melamina ou de naftaleno, sendo este último o mais eficiente (NEVILLE, 2013).

2.3 PROPRIEDADES DO CONCRETO FRESCO

A partir do estudo individual de cada elemento presente no concreto, partiremos agora para o estudo das propriedades do concreto fresco.

Existem dois motivos importantes para se realizar o controle das propriedades do concreto no estado fresco para que obtenha um bom desempenho. O primeiro motivo é caracterizado através da facilidade de lançamento, já a segunda está baseada em que se suas propriedades no estado fresco estejam rigorosamente controladas, conseqüentemente, no estado endurecido, também apresentarão um bom controle de qualidade (AITCIN, 2000).

Dentre as principais características neste estado, podemos destacar a trabalhabilidade, coesão, segregação e exsudação.

2.3.1 Trabalhabilidade

No estado fresco, logo após a mistura dos ingredientes do concreto, temos a condição que permite ao mesmo seu lançamento nas fôrmas, realizando seu total preenchimento e possibilitando seu adensamento, suprimindo os vazios e resultando em uma massa compacta (GIAMNMUSSO, 1992).

Segundo Neville (2013), a trabalhabilidade vem a ser definida através da quantidade de trabalho interno útil que deve ser aplicada para alcançar um adensamento total, ou seja, é a energia necessária para bater o atrito interno entre as partículas singulares do concreto.

Bauer (2008) ressalta que a trabalhabilidade é diferente para cada tipo de obra ou utilização do concreto, pois muitas vezes existirão peças que não permitirão o uso de vibradores, portanto o concreto deve ter uma trabalhabilidade maior. Um determinado concreto pode ser trabalhável em uma determinada situação e não o ser em outra.

Para se alcançar a compactação ideal que atinja a máxima densidade possível é necessário ter um concreto com uma boa trabalhabilidade, onde seja apenas usado a quantidade de trabalho compatível com o método de adensamento que será utilizado (BAUER, 2008).

A trabalhabilidade do concreto pode sofrer variação por diversos fatores, tais como, a quantidade de água, o tipo e tamanho dos agregados, a relação agregado/cimento, a presença de aditivos e a finura do concreto. Porém o fator preponderante vem a ser o teor de água na mistura, pois pela simples adição de água haverá o aumento da lubrificação entre as partículas (NEVILLE, 2013).

Guimarães (2005) evidencia a real importância de conhecermos os fatores que influenciam na trabalhabilidade de uma mistura, pois, mesmo com a utilização de materiais e dosagens adequadas, o concreto pode não atingir suas características desejadas, perdendo durabilidade e outras propriedades.

As características dos agregados afetam diretamente a trabalhabilidade, por exemplo, agregados com diâmetro máximo menor necessitam de maior demanda de água para sua hidratação. O mesmo acontece com agregados angulosos em relação a agregados mais arredondados (GUIMARÃES, 2005).

Para a medição da trabalhabilidade do concreto existem diversos ensaios, porém nenhum deles chega na medida direta desta quantidade. O ensaio mais utilizado no ramo da Engenharia Civil é o ensaio de abatimento do tronco de cone, guiado através da ABNT NBR 7223 (1992) (GUIMARÃES, 2005).

2.3.2 Coesão e Segregação

Giammusso (1992), fala que coesão vem a ser a propriedade que faz com que os componentes do concreto não se separem.

A coesão está diretamente ligada com a segregação do concreto, pois enquanto o concreto for bem coeso, não haverá a segregação do mesmo, permitindo assim um adensamento máximo (NEVILLE, 2013)

Conforme Guimarães (2005), a segregação é a separação dos constituintes de uma mistura heterogênea, onde ocasionará a perda de uniformidade da distribuição dos elementos do concreto fresco. Este tende-se a segregar naturalmente, principalmente nas etapas de transporte, lançamento e adensamento. Caso ocorra essa segregação, o concreto estará comprometendo sua resistência quando atingir o estado endurecido.

A principal causa da segregação, segundo Neville (2013), é a diferença de dimensões de partículas existentes na mistura do concreto, porém sua magnitude pode ser controlada através de escolhas corretas de granulometrias e correto manuseio.

Podemos evidenciar duas formas de segregação. Uma delas ocorre quando as partículas maiores se separam através do deslizamento em superfícies inclinadas ou ajustam-se mais em partículas mais finas. A segunda forma é caracterizada quando há a separação da pasta dos agregados e ocorre principalmente em misturas com excesso de água (NEVILLE, 2013)

Concretos que apresentam baixa coesão permitem a fácil deslocação dos agregados em relação à pasta fresca, ocasionando assim uma segregação excessiva. Portanto, para tornar o concreto coeso, vê-se a necessidade de incrementar finos na mistura, ou seja, aumentar o teor de cimento ou o uso de adições reduzem as chances da segregação do concreto. A adição de ar comprimido é uma boa saída, pois ele irá agir como um material fino, diminuindo a segregação (GUIMARÃES, 2005).

A vibração exagerada também pode ocasionar a segregação do concreto. Consequentemente, após a segregação, o concreto se tornaria mais fraco e sem uniformidade (BAUER, 2008).

2.3.3 Exsudação

A exsudação para Bauer (2008), é o processo em que a água da mistura tende a subir até a superfície do concreto ainda fresco, caracterizando uma forma particular de segregação.

Se esta água evaporar rapidamente, o concreto sofrerá uma grande retração com fissuração intensa. Como este fenômeno ocorre quando o concreto ainda está no estado fresco é denominado retração plástica (GIAMMUSSO, 1992).

Porém se esta água alojada na parte superior do concreto não for evaporada, teremos então uma camada de concreto muito úmida, podendo resultar em um concreto muito poroso, onde terá sua resistência reduzida e apresentará pouca durabilidade (BAUER, 2008).

As principais causas do excesso de segregação podem ser caracterizadas através de consistência inadequada, agregado graúdo em excesso, falta de finos e inadequação de adensamento e lançamento. As melhores saídas para garantir a diminuição da tendência de exsudação se dão através do maior consumo de cimento, uso de adições e ar incorporado (GUIMARÃES, 2005).

2.4 PROPRIEDADES DO CONCRETO ENDURECIDO

O concreto é um sólido que está em perpétua evolução. Além disso, consta-se sua sensibilidade às modificações a partir das condições de ambiente, físicas, químicas e mecânicas, partindo das lentas reações que ocorrem em suas propriedades (BAUER, 2008).

As principais propriedades serão apresentadas a seguir:

2.4.1 Condutibilidade térmica

O conhecimento desta propriedade é importante para conseguir a determinação das propriedades isolantes das paredes de concreto, e atingir um conforto térmico na construção em si (BAUER, 2008).

Segundo Bauer (2008), os concretos de baixa densidade e as alvenarias estão atrás do concreto convencional no quesito de conduzir melhor o calor, porém os concretos de baixa densidade são ótimos materiais em relação ao isolamento térmico.

2.4.2 Calor específico

Esta propriedade é de extrema importância no momento de calcular a evolução térmica do concreto durante a cura, pois se utilizarem uma grande quantidade de concreto pode haver um aumento excessivo de temperatura (BAUER, 2008).

2.4.3 Dilatação Térmica

Dilatação térmica é definida pelo aumento de volume ocasionado pelo aumento de sua temperatura.

O valor do coeficiente da dilatação térmica ainda não é facilmente definido, mas sabe-se que é dependente do tipo de cimento, dos agregados, do grau de umidade e das dimensões da seção transversal da peça interessada (BAUER, 2008).

2.4.4 Resistência a compressão

É a característica que o concreto apresenta em resistir a uma força atuando como compressão em sua totalidade.

A resultante da resistência de certo material define-se como a capacidade de suportar a tensão sem ruptura (MEHTA; MONTEIRO, 1994). A resistência a compressão axial é considerada como a propriedade fundamental do concreto, pois é a base geral da qualidade do material (NEVILLE, 1997).

Através das escolhas dos materiais constituintes, da relação água/cimento e seguindo as exigências de trabalhabilidade, a resistência à compressão do concreto torna-se uma propriedade sensível para detectar, através de suas características, qualquer modificação das propriedades dos materiais que a constituem (HELENE; TERZIAN, 1992).

2.5 CONCRETO PRÉ MOLDADO

O concreto pré-moldado teve seu início no fim da década de 60, onde surgiu com a ideia de poder produzir um padrão de construção onde as dimensões e pesos dos elementos fossem produzidos em fábricas, sendo viáveis ao transporte e montagem no local da obra, reduzindo a quantidade de fôrmas (EL DEBS, 2000).

O elemento pré-fabricado segundo a ABNT NBR 9062 (2017, p.4) é aquele “[...] executado industrialmente, em instalações permanentes de empresa destinada para este fim, que se enquadram e estejam em conformidade com as especificações de 12.1.2”, estabelecidas no texto da referida Norma. Já o elemento pré-moldado segundo a mesma referência, é aquele “[...] moldado previamente fora do local de utilização definitiva na estrutura conforme especificações estabelecidas em 12.1.1”, com controle de qualidade menos rigoroso que o do elemento pré-fabricado.

El Debs (2000) aponta que, a principal diferença entre os dois métodos construtivos está evidenciada no fato em que o elemento pré-moldado é aquele curado em um local diferente à localização final da construção, ao contrário do pré-fabricado que já estará disposto no local final da construção, seguindo determinados padrões exigidos.

Segundo Acker (2002), o sistema pré-moldado, ao ser combinado com o concreto protendido, vem evoluindo cada dia mais, com a promessa de garantir a eficiência estrutural atingindo maiores vãos. Conseguindo assim, através da flexibilidade na construção, adaptar-se ao tipo de utilização a qual será imposta.

3 DOSAGEM

Dosagem é o processo em que se determina as proporções de todos os componentes do concreto, resultando numa mistura que obtenha as características necessárias para o concreto, tanto no estado fresco quanto no estado endurecido (GIAMMUSSO, 1992).

Para Neville (2013) dosagem vem a ser definida como o processo de seleção dos ingredientes adequados e a determinação de suas proporções para a produção de um concreto econômico, onde alcance algumas propriedades mínimas para seu trabalho, como trabalhabilidade, resistência e durabilidade.

Para saber qual a dosagem ideal para determinado concreto, o engenheiro necessariamente precisa de 3 conhecimentos básicos: (i) Projeto; (ii) Materiais disponíveis e; (iii) Equipamentos e mão de obra disponíveis (BAUER, 2008).

Para Bauer (2008), existem 4 características do concreto que devem ter um cuidado especial na hora das dosagens dos diferentes concretos, sendo elas: resistência, estanqueidade, trabalhabilidade e retração mínima.

O estudo de dosagem busca sempre obter a mistura ideal e mais econômica, dependendo da região e dos materiais disponíveis, para atender diversos requisitos (HELENE, TUTIKIAN, 2011).

3.1 MÉTODO DE DOSAGEM DE CONCRETOS EPUSP/IPT

O método denominado EPUSP/IPT constitui-se numa atualização e generalização feita na escola politécnica da USP a partir do método desenvolvido inicialmente no IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

Este método parte da resistência característica do concreto aos 28 dias (F_{ck}), do diâmetro máximo dos agregados e da consistência do concreto para se obter as proporções de areia e pedra brita para cada unidade de cimento, além da obtenção do fator água/cimento, este que vem a ser o parâmetro mais importante do concreto estrutural.

Nesse trabalho, o método IPT serviu apenas como auxílio para análise de dados e resultados, pois como a empresa produzia grandes quantidades de m^3 não

poderia implementar o método sem a certeza de que alcançaria a resistência desejada em projeto.

Após análises e discussões com a gerência de produção e o engenheiro responsável da empresa decidiu-se fazer as modificações empiricamente, visando melhorar a qualidade, diminuir custos e melhorar a trabalhabilidade do concreto para que não houvesse a necessidade de acréscimo de água para facilitar sua execução.

De acordo com o método do IPT, existem 3 tipos de traço: (i) Traço Rico, o qual utilizava um traço de 1:3,5, (ii) Traço Base, utilizando um traço de 1:5; e (iii) Traço Pobre, utilizando um traço de 1:6,5;

A partir de então pode-se fazer uso das fórmulas disponibilizadas pelo método do IPT, sendo para calcular o teor de argamassa (α), representado pela Fórmula 1 e o fator água/materiais secos (H), Fórmula 2.

$$\alpha = \frac{1 + a}{1 + m} \text{ (Fórmula 1)}$$

$$H = \frac{M_{\text{água}}}{M_{\text{seca}}} = \frac{C_{\text{água}}}{C_{\text{cimento}} + C_{\text{areia}} + C_{\text{brita}}} = \frac{\frac{a}{c}}{1 + m} \text{ (Fórmula 2)}$$

4 QUALIDADE, CONTROLE E GARANTIA

O concreto é um produto derivado da mistura de diversos componentes, e para tanto, ensaios e avaliações específicas são importantes para garantir a qualidade do produto final. Diante de diversas propriedades a serem ensaiadas, a resistência à compressão será a variável a ser estudada nesta pesquisa para avaliar o controle de qualidade dos concretos produzidos na central de produção (GIAMMUSSO, 1992).

Porém sabe-se que o concreto aparenta diversas variações de qualidade devido a quantidade de materiais utilizados para chegar à sua forma final. E mesmo com todos os cuidados com relação aos seus ingredientes, pode-se haver uma dispersão de resultados de resistências (GIAMMUSSO, 1992).

Existem diversos fatores que podem afetar a resistência a compressão do concreto, e segundo Téchne (2009), podemos separá-los da seguinte forma:

a) Nas Centrais:

- Equipamentos de dosagens desprovidos de calibração correta;
- Agregados com má qualidade;
- Cimento com má qualidade;
- Dosagem errada;
- Falta de conhecimento do comportamento dos materiais.

b) No transporte dos corpos de prova:

- Cuidados inadequados no manuseio;
- Armazenamento de forma incorreta dos corpos de prova.

c) No Laboratório:

- Equipamentos descalibrados;
- Técnicos incapacitados;
- Cuidados com a identificação dos corpos de prova.

A quantidade de amostragem varia da importância de cada obra e da disponibilidade de tempo. Os resultados destas amostras são utilizados para melhorar cada vez mais a qualidade do concreto utilizado, buscando sempre otimizar a composição das misturas (AITCIN, 2000).

Segundo Helene (pg 33, 1992), o método de controle da qualidade do concreto deve conter respostas para estes itens:

- Definição da qualidade;
- Definição dos métodos de ensaio;
- Quais os fatores que influenciam na qualidade;
- Quantificação desses fatores;
- Definição do lote a ser analisado;
- Qual o procedimento de retirada de corpos de prova;
- A forma da constituição da amostra;
- A frequência da qualidade atingida;
- A fórmula matemática utilizada para determinar a qualidade final; e
- O critério para aprovar ou rejeitar as amostras.

Com relação ao içamento das peças pré-moldadas, a norma ABNT 9062 (2006) – projeto e execução de estruturas pré-moldadas estabelece que a resistência mínima para peças sem função estrutural é de 15 Mpa.

Em projetos de estruturas de concreto, as condições ambientais devem ser analisadas para conseguir garantir segurança, estabilidade e aptidão em serviço correspondente a vida útil de acordo com a norma ABNT NBR 12655 (2015).

A Tabela 1 apresenta a classificação das classes de agressividade ambiental em relação ao ambiente e risco de deterioração da estrutura.

Tabela 1: Classe de agressividade ambiental.

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana 1) e 2)	Pequeno
III	Forte	Marinha 1)	Grande
		Industrial 1) e 2)	
IV	Muito Forte	Industrial 1) e 3)	Elevado
		Respingos de maré	

1) Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

2) Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual as 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

3) Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: NBR 12655, 2006.

Através da Tabela 2, pode-se estabelecer correlação entre a relação água/cimento, resistência à compressão do concreto e sua durabilidade.

Tabela 2: Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de Agressividade (Tabela X)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤0,65	≤0,60	≤0,55	≤0,45
	CP	≤0,60	≤0,55	≤0,50	≤0,45
Classe de Concreto	CA	≥C20	≥C25	≥C30	≥C40
	CP	≥C25	≥C30	≥C35	≥C40
Consumo de cimento Portland por metro cúbico de concreto kg/m ³	CA e CP	≥260	≥280	≥320	≥360

CA - Componentes e elementos estruturais de concreto armado

CP - Componentes e elementos estruturais de concreto protendido

Fonte: NBR 12655, 2006.

5 METODOLOGIA E ESTRUTURA

O trabalho a ser realizado é classificado como uma Pesquisa Qualitativa com objetivo de analisar e avaliar os resultados de testes de resistência à compressão de diversos traços aplicados na fabricação do concreto de estruturas de pré-moldado, onde é feita a análise dos mesmos utilizando como auxílio o método desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, chamado de método IPT, que apresenta caráter simples e eficiente com a intenção de melhorar o desempenho do concreto empregado.

A classificação deste trabalho quanto aos seus objetivos tem caráter exploratório, já que o mesmo pretende atribuir conhecimento sobre o assunto, aprimorar as ideias, proporcionar maior quantidade de informações sobre o estudo a ser realizado e que será determinante para escolhas futuras.

Quanto aos procedimentos técnicos a serem aplicados neste trabalho pode ser classificado quanto a sua natureza como um estudo de caso. Pois será realizada uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de entender e aprimorar os conceitos técnicos necessários para a realização do mesmo. Após um levantamento de dados existentes referentes aos traços de concreto aplicados na empresa em que será realizado o estudo e análise dos mesmos, passa-se então para a modificação dos traços de maneira empírica, levando em consideração a opinião dos funcionários que executam a atividade, tendo como base teórica o método IPT, este será utilizado apenas como auxílio para os levantamentos de dados referentes as relações dos materiais aplicados, com o objetivo de aplicá-los na fabricação das estruturas de pré-moldado da empresa para um melhor desempenho. Visando a melhor relação custo/benefício, segurança e qualidade do concreto.

Em relação ao seu ponto de vista de sua natureza, pode ser classificada como uma pesquisa aplicada com o intuito de aprimorar e gerar conhecimentos e dados de traços de concreto para uma futura aplicação dentro do setor de produção da empresa.

Este trabalho é dividido em seis capítulos desenvolvidos de forma a promover um entendimento sobre o concreto utilizado em pré-moldados, sua história e diferenças, seus componentes, a caracterização dos métodos a serem aplicados para

o desenvolvimento e aprimoramento de traços de concreto e a análise dos dados obtidos para um melhor desempenho.

O primeiro capítulo apresenta uma introdução ao tema, destacando os principais pontos sobre o mesmo para uma melhor contextualização, os objetivos gerais e específicos do trabalho, a metodologia a ser utilizada no desenvolvimento do trabalho e sua estruturação.

O segundo capítulo refere-se ao referencial bibliográfico apresentado no trabalho, sobre sistema construtivo em concreto pré-moldado, com o objetivo de apresentar a história e evolução do pré-moldado no Brasil, a diferença entre pré-moldado e pré-fabricado, apresentar o material concreto, apresentando seus principais componentes, funções e propriedades.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia e estrutura a ser seguida.

O quarto capítulo mostra os dados coletados e análise de dados atuais da empresa, os métodos utilizados com o objetivo de reformular os traços usados e os novos dados após serem aplicadas as modificações para um melhor desempenho do concreto.

O quinto capítulo proporciona os resultados obtidos com as coletas de dados de rompimentos e seus traços.

O último capítulo evidencia as considerações finais do trabalho realizado, abordando os melhores aspectos de uma construção em concreto pré-moldado e algumas críticas e sugestões em pró do controle de qualidade do concreto.

No fluxograma abaixo (Figura 1) é possível vislumbrar cada uma das etapas que foram realizadas até chegar ao traço de melhor relação custo/benefício.

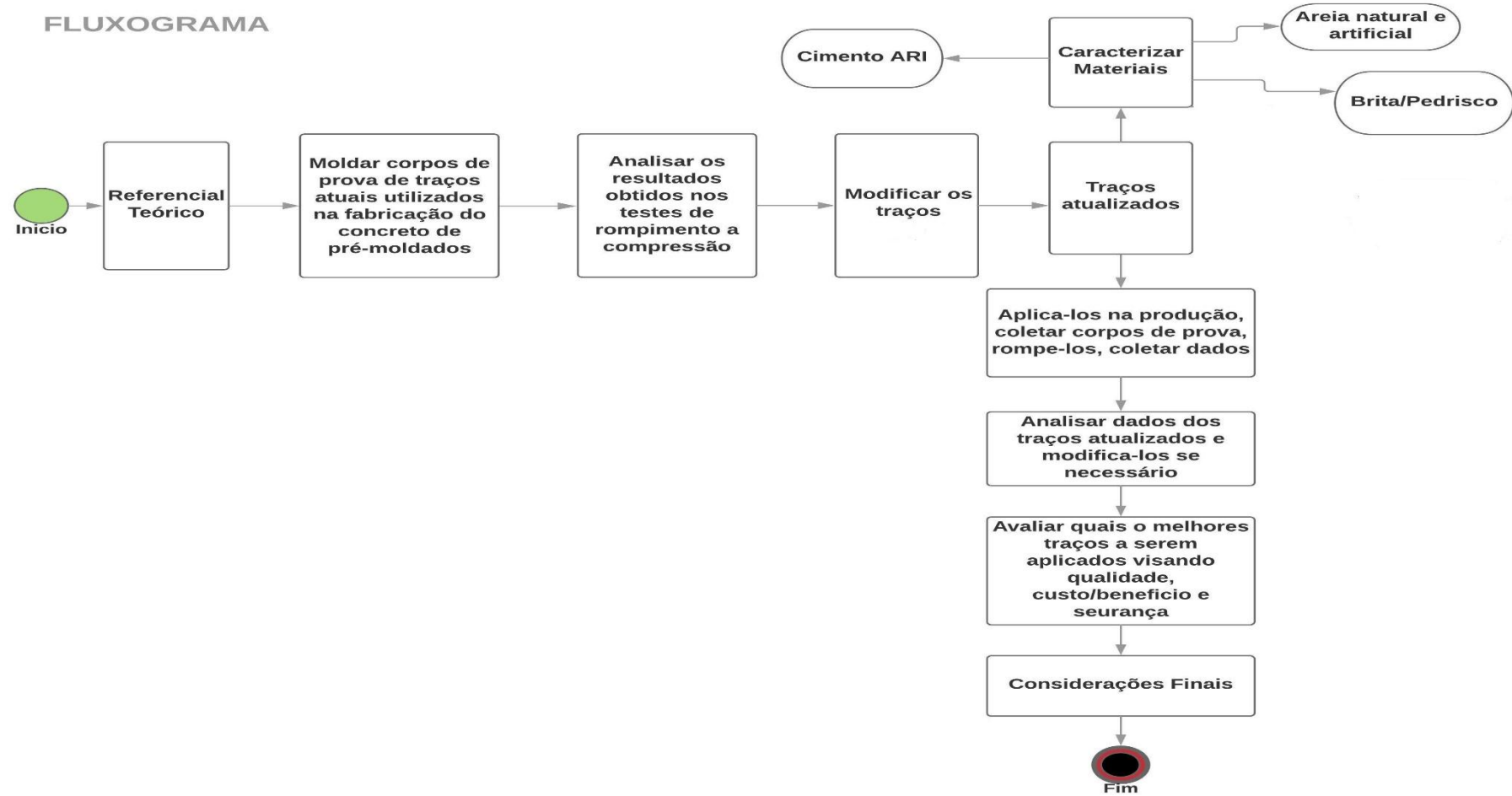


Figura 1: Fluxograma das atividades realizadas
 Fonte: Autoria Própria (2018).

6 MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Os materiais utilizados nesta pesquisa foram os seguintes:

- Cimento Votoran CP-V ARI RS;
- Areia artificial;
- Areia natural;
- Pedrisco (Pedra Brita 0);
- Pedra Brita 1;

O processo de caracterização dos materiais foi realizado nas dependências do laboratório da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Pato Branco estão dispostas nas Figuras 2, 3 e 4.



Figura 2: Materiais utilizados para caracterização
Fonte: Autoria Própria (2018).

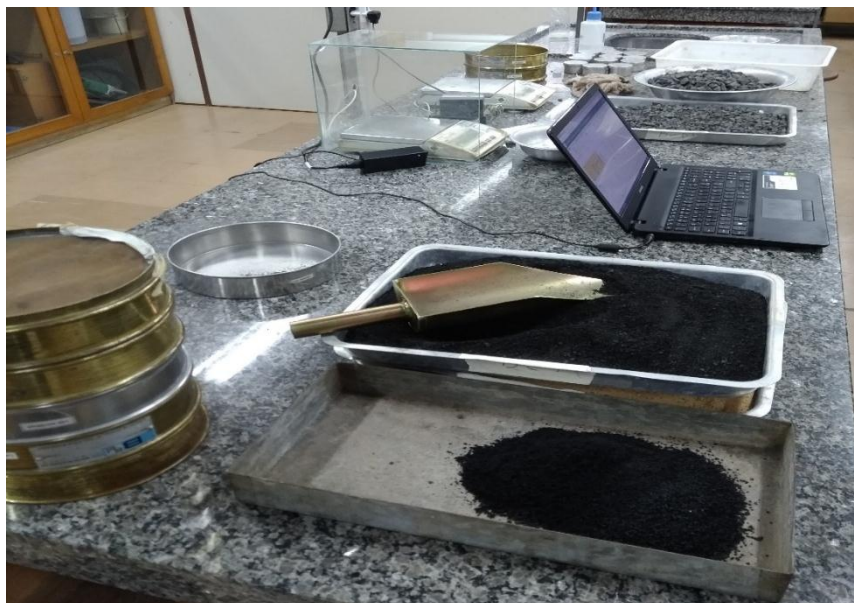


Figura 3: Caracterização da Areia Artificial
Fonte: Autoria Própria (2018).



Figura 4: Utilização das peneiras específicas
Fonte: Autoria Própria (2018).

A caracterização dos agregados miúdos e dos agregados graúdos estão apresentadas no Apendicê A.

6.2 PROCESSO DE FABRICAÇÃO

A empresa em estudo possui uma usina de concreto (Figura 5) em suas instalações. A Figura 6 mostra o painel de controle da usina, este possui um sistema de fácil utilização, onde o funcionário responsável e devidamente treinado, insere a quantidade de agregado graúdo e miúdo em quilogramas, de acordo com o traço exigido, que é definido de acordo com o elemento fabricado e os materiais em estoque.



**Figura 5: Estocagem, balança e esteiras da Usina Dosadora
Fonte: Autoria Própria (2018).**



Figura 6: Painel de controle da Usina Dosadora
Fonte: Autoria Própria (2018).

O funcionário após introduzir as quantidades dos agregados, inicia o programa, para que a usina comece o processamento de lançamento do agregado gráudo dentro do tambor (Figura 7).



Figura 7: Tambor betoneira
Fonte: Autoria Própria (2018).

E ao mesmo tempo, o funcionário manualmente através de válvula de controle da água de amassamento (Figura 8), libera cerca de 80 % da água de amassamento disponível no traço, para que a mesma seja lançada dentro do tambor.

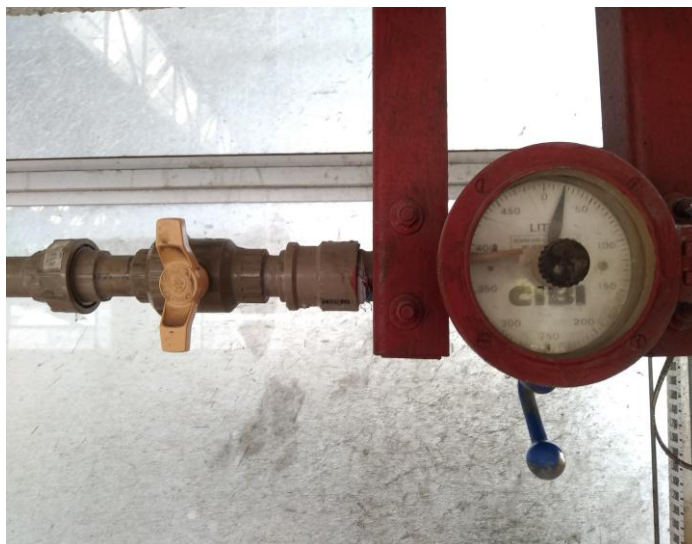


Figura 8: Válvula de controle da água de amassamento
Fonte: Autoria Própria (2018).

Cada agregado possui o seu depósito específico, devidamente controlado. A Figura 9 mostra que cada material possui uma esteira que conduz até a balança da usina. Logo após o material ser depositado sobre a balança, na quantidade definida pelo funcionário, ele é liberado e passa a ser carregado pela esteira principal o tambor para ser misturado com os demais materiais.



Figura 9: Esteira dos agregados
Fonte: Autoria Própria (2018).

O lançamento do cimento é feito manualmente pelo funcionário, sobre uma esteira separada da usina principal, onde os sacos são organizados de acordo com a demanda prevista para a concretagem do elemento para melhorar a agilidade e diminuir o tempo do processo.



Figura 10: Recipiente para colocação do cimento
Fonte: Autoria Própria (2018).

Quando a quantidade necessária de agregados e cimento estiverem dentro do tambor, é feito o lançamento do restante da água de amassamento dentro do tambor betoneira. O tempo de batida do concreto fica em torno de 4 minutos, e este depende de como ficou a mistura neste tempo.

O concreto após ser produzido é depositado em um reservatório (Figura 11) com capacidade de 0,5 m³, capacidade utilizada para que não dificulte o seu transporte.



Figura 11: Reservatório para o concreto
Fonte: Autoria Própria (2018).

Em seguida o concreto produzido é içado por uma ponte rolante (Figura 12), capaz de suportar até 15 toneladas, até a forma (Figura 13) desejada, nela já está posicionada a armadura, com o espaçamento estabelecido em projeto, do elemento, assim se dá início a concretagem do mesmo. A concretagem é realizada com auxílio de vibrador, e tempo depende do tamanho da peça.



Figura 12: Ponte rolante para içamento do reservatório de concreto até a forma desejada
Fonte: Autoria Própria (2018).



Figura 13: Formas instaladas na empresa
Fonte: Aatoria Própria (2018).

6.3 MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA E TESTE DE ABATIMENTO

Para a moldagem dos corpos de prova e teste de abatimento tronco de cone, chamado teste de Slump, utilizado para avaliar a trabalhabilidade do concreto, foram necessários os seguintes aparelhos:

- Moldes cilíndricos, com diâmetro de 10 centímetros.
- Haste de Adensamento de aço, cilíndrica, com superfície lisa, comprimento de 70 centímetros.
- Concha de seção U.
- Molde em forma de um tronco-cone, feito de metal, dimensões da base inferior com diâmetro de 20 centímetros, diâmetro da base superior- de 10 centímetros e altura 30 centímetros.
- Placa de base metálica, para apoio do molde.
- Régua, e.
- Colher de pedreiro.

6.3.1 Procedimento

Para o teste de abatimento, o molde em forma de tronco-cone é umedecido, assim como a placa base, após se posiciona o molde sobre a placa e coloca-se os pés sobre as aletas do molde, para mantê-lo estável.

O concreto é lançado dentro do molde com auxílio da concha em três camadas, cada camada é compactada com 25 golpes da haste de socamento, golpes distribuídos uniformemente.

Logo após ser efetuada a etapa anterior, limpa-se a placa de base e retira-se o molde, o mesmo é elevado cuidadosamente na direção vertical, este movimento deve ser constante e durar entre 5 e 10 segundos.

Depois da retirada do molde, com o auxílio de uma régua, mede-se o abatimento do concreto, determinando a diferença entre a altura do molde e a altura do eixo do concreto.



Figura 14: Teste de abatimento do concreto
Fonte: Autoria Própria (2018).

Em seguida os moldes cilíndricos, com diâmetro de 10 centímetros, já revestidos internamente por uma camada de desmoldante, são preenchidos com concreto, com a concha, em duas camadas de volume semelhante, cada uma delas recebendo doze golpes, distribuídos uniformemente, com a haste de adensamento para compactação, evitando sempre acertar a base do molde.

Após a segunda compactação, é feito o rasamento da superfície com a borda do molde, com o auxílio de uma colher de pedreiro.

Com a moldagem dos corpos de prova realizada, inicia-se o processo de cura, onde os moldes são colocados em um ambiente controlado, sem vibrações ou qualquer outro tipo de interferência, identificado de acordo. Este processo leva 24 horas, logo após os corpos de prova são retirados dos moldes e curados em reservatório úmido (Figura 15), submersos em água saturada de cal.



Figura 15: Recipiente para cura
Fonte: Autorial Própria (2018).

Após o processo de desmolde, foram realizados os testes de resistência a compressão, estes realizados no laboratório da empresa, conforme a ABNT NBR 5739 (2007).

A empresa tem a disposição uma prensa hidráulica de até 100 toneladas de carga (Figura 16), para saber se a mesma estava calibrada de acordo, foram moldados 10 corpos de prova, destes 5 foram rompidos na prensa da empresa e os outros 5 foram rompidos na prensa do laboratório da universidade, identificando que a diferença entre os valores obtidos era desprezível.

Os testes não foram realizados com idades definidas, pela dificuldade na dinâmica de produção da empresa, procurou-se atender a intervalos semelhantes na realização dos rompimentos.

Foram utilizadas bolachas de neoprene entre os corpos de prova e a prensa para melhor distribuição da carga, já que não havia a possibilidade executar o capeamento abrasivo dos corpos de prova na empresa, para realização do ensaio.

Assim foram realizados os ensaios de compressão do concreto, utilizando sempre dois corpos de provas para cada idade, destacando a resistência como a média dos valores das duas amostras.



Figura 16: Prensa hidráulica instalada na empresa para testes de compressão
Fonte: Autoria Própria (2018).

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na sequência são apresentadas as coletas, análises e modificações realizadas nos traços no decorrer do estudo.

7.1.1 Primeira coleta e análise de dados:

A coleta de dados da produção do concreto da empresa, teve início com o traço utilizado pela mesma para a fabricação dos elementos.

Estão identificados na Tabela 3 os dados referentes a quantidade de materiais utilizados no traço, relação água/cimento, fator de argamassa, relação água/ materiais secos, teste de abatimento e orientações sobre o projeto.

Tabela 3: Dados da primeira coleta.

PILAR E VIGA		
CIMENTO	200	kg
AREIA NATURAL	200	kg
AREIA ARTIFICIAL	250	kg
PEDRA 1	620	kg
130	Litros	
A/C	0,65	

TRAÇO:	C	A	B	A/C
	1	2,25	3,10	0,65

DATA DE CONCRETAGEM	ROMPIMENTO CORPOS DE PROVA (dias)	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO		
		CP 1 (tn)	CP 2 (tn)	MÉDIA (Mpa)
DIA 18/05/2018 PÓRTICO	3	9	11,5	12,80
	7	14,8	14	17,99
	25	18	18	22,48
	28	19	18,8	23,61

Fonte: Autoria Própria.

Foram utilizados 130 litros de água, sem considerar a umidade, assim o traço possui relação água/cimento de 0,65 com um fator de argamassa de $\alpha = 51\%$ e Relação água/ materiais secos de $H = 10,24\%$.

O teste de abatimento do tronco cone foi de 14 cm, que de acordo com os funcionários, estava adequada para a sua utilização. Porém foi observado que os funcionários colocavam mais água para melhorar a trabalhabilidade na hora do lançamento e adensamento nas formas metálicas. Assim a colocação de água de amassamento começou a ser controlada.

Percebe – se que o mesmo não atinge o Fck do projeto de 25 Mpa aos 28 dias e não atende ao Fck de 15 Mpa para içamento das peças de pré-moldados, de acordo com a norma ABNT NBR 9062 (2006).

O concreto produzido não está de acordo com a classe de agressividade II, que determina uma relação água/cimento menor ou igual a 0,6 e também não está de acordo com a Classe de concreto na norma ABNT NBR 12655 (2015) que é C25.

A Figura 17 apresenta o gráfico de resistência a compressão do concreto em relação a idade de rompimento.

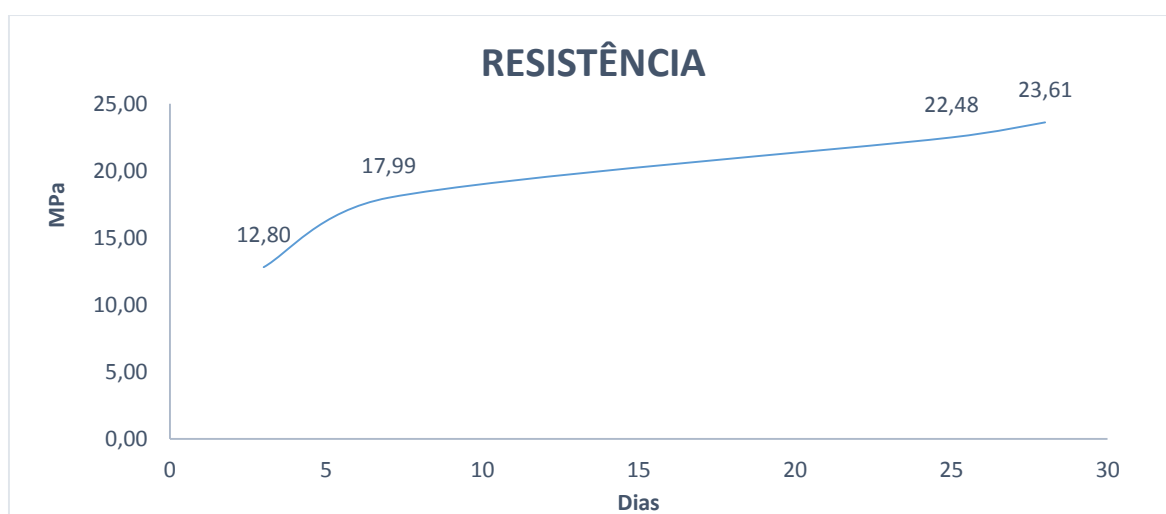


Figura 17: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – primeira coleta.
Fonte: Autoria Própria (2018).

Foi observado que a quantidade de material colocado para misturar era de 0,606 m³, o qual era superior a capacidade do reservatório, dificultando a sua mistura e movimentação até as formas para concretagem.

Foi identificado também que o funcionário responsável pela produção do concreto, colocava a quantidade de água de amassamento apenas visualmente, para o concreto se adequar a uma melhor trabalhabilidade no momento da concretagem.

O valor da produção do concreto, neste caso de 0,606 m³, está na Tabela 4.

Tabela 4: Orçamento da produção de concreto.

Materiais	Quantidade (KG)	Valor (KG)	Valor por batida (R\$)
Cimento	200	R\$0,45	R\$90,48
Areia Natural	200	R\$0,07	R\$14,00
Areia Artificial	250	R\$0,03	R\$8,25
Pedra 1	620	R\$0,03	R\$15,50
Água	130	R\$0,01	R\$0,78
		TOTAL	R\$129,01

Fonte: Autoria Própria.

7.1.2 Segunda coleta e análise de dados:

Através da análise da primeira coleta, ficou destacado que a quantidade de água colocada pelo funcionário era superior a quantidade necessária, reduzindo assim a resistência final do concreto como pôde ser observada na primeira análise.

Portanto, para a segunda coleta foi diminuído 10 litros de água de amassamento em relação a primeira. A Tabela 5 apresenta a coleta e a nova análise de dados:

Tabela 5: Dados da segunda coleta.

PILAR E VIGA		
CIMENTO	200	kg
AREIA NATURAL	200	kg
AREIA ARTIFICIAL	250	kg
PEDRA 1	620	kg
120		Litros
A/C		0,60

TRAÇO:	C	A	B	A/C
	1	2,25	3,10	0,60

DATA DE CONCRETAGEM	ROMPIMENTO CORPOS DE PROVA (dias)	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (Mpa)		
		CP 1 (tn)	CP 2 (tn)	MÉDIA (Mpa)
DIA 25/05/2018 PILAR	3	6	13	11,87
	10	18,5	21	24,67
	28	25	27	32,47

Fonte: Autoria Própria.

Foram utilizados 120 litros de água, sem considerar a umidade, assim o traço possui relação água/cimento de 0,60 com um fator de argamassa de $\alpha = 51\%$ e Relação água/ materiais secos de $H = 9,45 \%$.

O teste de abatimento do tronco cone foi de 11 cm, que de acordo com os funcionários, estava adequada para a sua utilização, porém a trabalhabilidade estava comprometida.

Percebe-se um aumento na resistência do concreto em relação a primeira coleta de dados, o mesmo atinge o Fck do projeto de 25 Mpa aos 28 dias, mas não atende ao Fck de 15 Mpa para içamento das peças de pré-moldados, de acordo com a norma ABNT NBR 9062 (2006).

O concreto produzido está de acordo com a classe de agressividade II, que determina uma relação água/cimento menor ou igual a 0,6 e está de acordo com a Classe de concreto na norma ABNT NBR 12655 (2015) que é C25.

A Figura 18 apresenta o gráfico de resistência a compressão do concreto em relação a idade de rompimento.

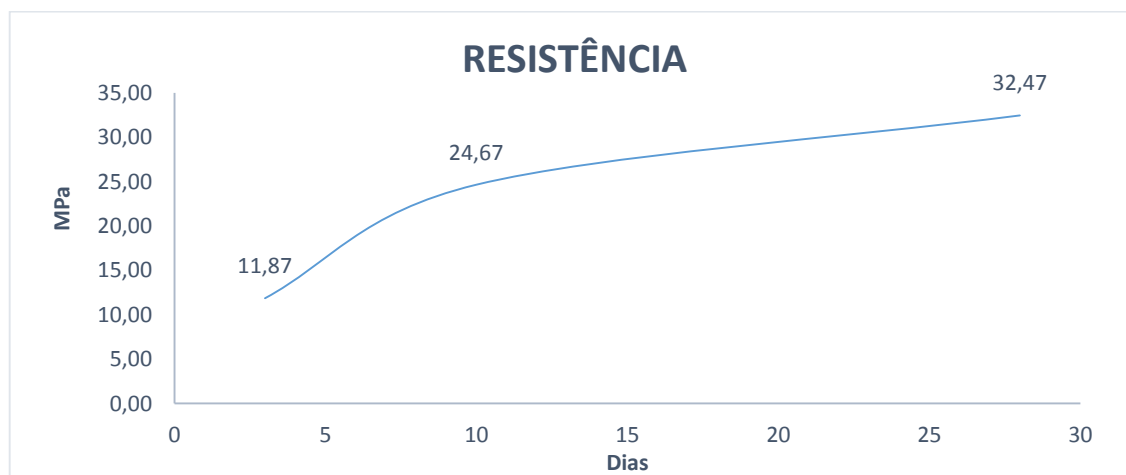


Figura 18: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – segunda coleta.

Fonte: Autoria Própria (2018).

O valor da produção do concreto, neste caso de 0,597 m³, está na tabela 6.

Tabela 6: Orçamento da produção de concreto.

Materiais	Quantidade (KG)	Valor (KG)	Valor por batida (R\$)
Cimento	200	R\$0,45	R\$90,48
Areia Natural	200	R\$0,07	R\$14,00
Areia Artificial	250	R\$0,03	R\$8,25
Pedra 1	620	R\$0,03	R\$15,50
Água	120	R\$0,01	R\$0,72
		TOTAL	R\$128,95

Fonte: Autoria Própria.

7.1.3 Terceira análise de dados:

Após análises e discussões dos dados, resolvemos, empiricamente, fazer a modificação dos materiais do agregado graúdo, utilizando 320 kg de pedra brita 1 e 300 kg de pedrisco e uma redução de 10 litros de água de amassamento para ver se melhorava a trabalhabilidade do concreto. Os dados e análises estão dispostos na Tabela 7.

Tabela 7: Dados da terceira coleta.

PILAR E VIGA		
CIMENTO	200	kg
AREIA NATURAL	200	kg
AREIA ARTIFICIAL	250	kg
PEDRA 1	320	kg
PEDRISCO	300	kg
110	Litros	
A/C	0,55	

TRAÇO:	C	A	B	A/C
	1	2,25	3,10	0,55

DATA DE CONCRETAGEM	ROMPIMENTO CORPOS DE PROVA (dias)	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO		
		CP 1 (tn)	CP 2 (tn)	MÉDIA (Mpa)
DIA 25/05/2018 PILAR	3	17,2	17,2	21,48
	7	20,2	20,9	25,67
	28	29,5	29,5	36,85

Fonte: Autoria Própria.

Foram utilizados 110 litros de água, sem considerar a umidade, 10 litros a menos que na segunda coleta de dados, assim o traço possui relação água/cimento de 0,55 com um fator de argamassa de $\alpha = 51\%$ e Relação água/ materiais secos de $H = 8,66 \%$.

O teste de abatimento do tronco cone foi de 11 cm, que de acordo com os funcionários, estava adequada para a sua utilização, porém a trabalhabilidade não estava satisfatória pois a quantidade de areia artificial dificultava na hora da concretagem das formas.

Percebe – se um aumento na resistência do concreto em relação a segunda coleta de dados, o mesmo atinge o Fck do projeto de 25 Mpa aos 28 dias e atende ao Fck de 15 Mpa para içamento das peças de pré-moldados, de acordo com a norma ABNT NBR 9062 (2006).

O concreto produzido está de acordo com a classe de agressividade II, que determina uma relação água/cimento menor ou igual a 0,6 e está de acordo com a Classe de concreto na norma ABNT NBR 12655 (2015) que é C25.

A Figura 19 apresenta o gráfico de resistência a compressão do concreto em relação a idade de rompimento.

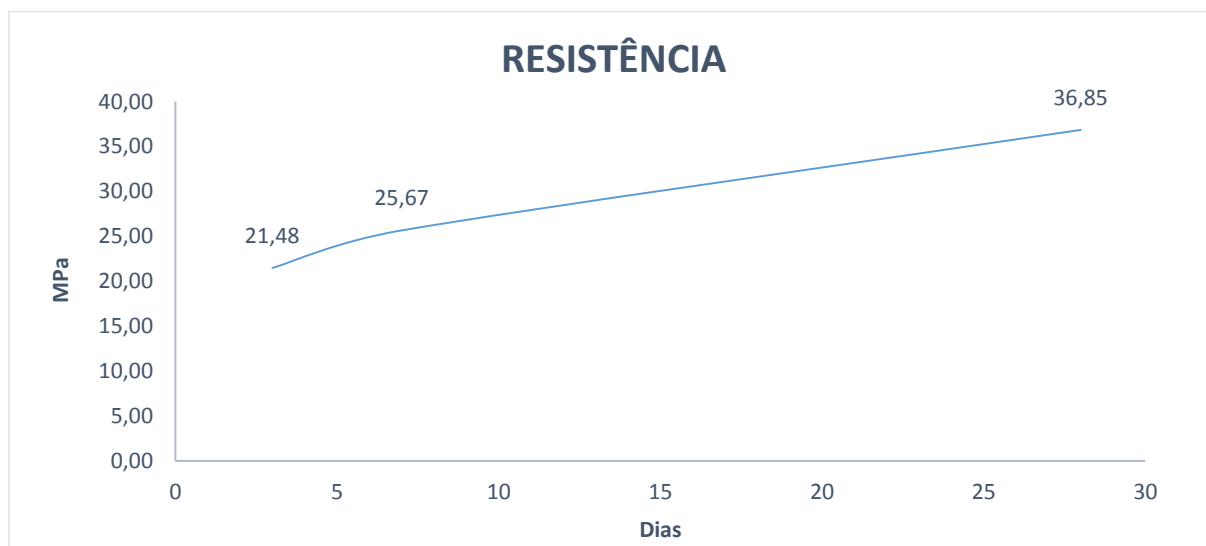


Figura 19: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – terceira coleta.

Fonte: Autoria Própria (2018).

O valor da produção do concreto, neste caso de 0,587 m³, está na Tabela 8.

Tabela 8: Orçamento da produção de concreto.

Materiais	Quantidade (KG)	Valor (KG)	Valor por batida (R\$)
Cimento	200	R\$0,45	R\$90,48
Areia Natural	200	R\$0,07	R\$14,00
Areia Artificial	250	R\$0,03	R\$8,25
Pedra 1	320	R\$0,03	R\$8,00
Pedrisco	300	R\$0,03	R\$8,40
Água	110	R\$0,01	R\$0,66
		TOTAL	R\$129,79

Fonte: Autoria Própria.

7.1.4 Quarta análise de dados:

Após análise, com o objetivo de melhorar a movimentação do concreto até as formas com mais facilidade foi reduzido a quantidade total dos materiais por batida, reduzindo a quantidade de cimento, que estava sendo colocada de 200 kg, para 150 kg de cimento na fabricação. Também foram diminuídas as quantidades de agregado miúdo após discussões com os funcionários, tendo em vista uma trabalhabilidade adequada, a areia natural passou de 200 kg para 150 kg, a areia de britagem passou de 250 kg para 200 kg, a quantidade de brita 1 foi aumentada de 320 kg para 450 kg e o pedrisco teve uma redução de 300 kg para 100 kg. De acordo com o método IPT o traço atualizado é um intermediário entre um traço base e pobre com valor de 1:6,0.

A Tabela 9 apresenta os valores da nova coleta.

Tabela 9: Dados da quarta coleta.

PILAR E VIGA		
CIMENTO	150	kg
AREIA NATURAL	150	kg
AREIA ARTIFICIAL	200	kg
PEDRA 1	450	kg
PEDRISCO	100	kg
90	Litros	
A/C	0,6	

TRAÇO:	C	A	B	A/C
	1	2,33	3,67	0,60

DATA DE CONCRETAGEM	ROMPIMENTO CORPOS DE PROVA (dias)	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO		
		CP 1 (tn)	CP 2 (tn)	MÉDIA (Mpa)
DIA 29/05/2018 PILAR	3	14	16	18,735
	7	17	16	20,61
	28	21,6	22,8	27,73

Fonte: Autoria Própria.

Foram utilizados 90 litros de água, sem considerar a umidade, assim o traço possui relação água/cimento de 0,6 com um fator de argamassa de $\alpha = 48 \%$ e Relação água/ materiais secos de $H = 8,57\%$.

O teste de abatimento do tronco cone foi de 13 cm, que de acordo com os funcionários, estava adequada para a sua utilização.

Percebe – se que o mesmo atinge o F_{ck} do projeto de 25 Mpa aos 28 dias e atende ao F_{ck} de 15 Mpa para içamento das peças de pré-moldados, de acordo com a ABNT NBR 9062 (2006).

O concreto produzido está de acordo com a classe de agressividade II, que determina uma relação água/cimento menor ou igual a 0,6 e está de acordo com a Classe de concreto na norma ABNT NBR 12655 (2015) que é C25.

A Figura 20 apresenta o gráfico de resistência a compressão do concreto em relação a idade de rompimento.

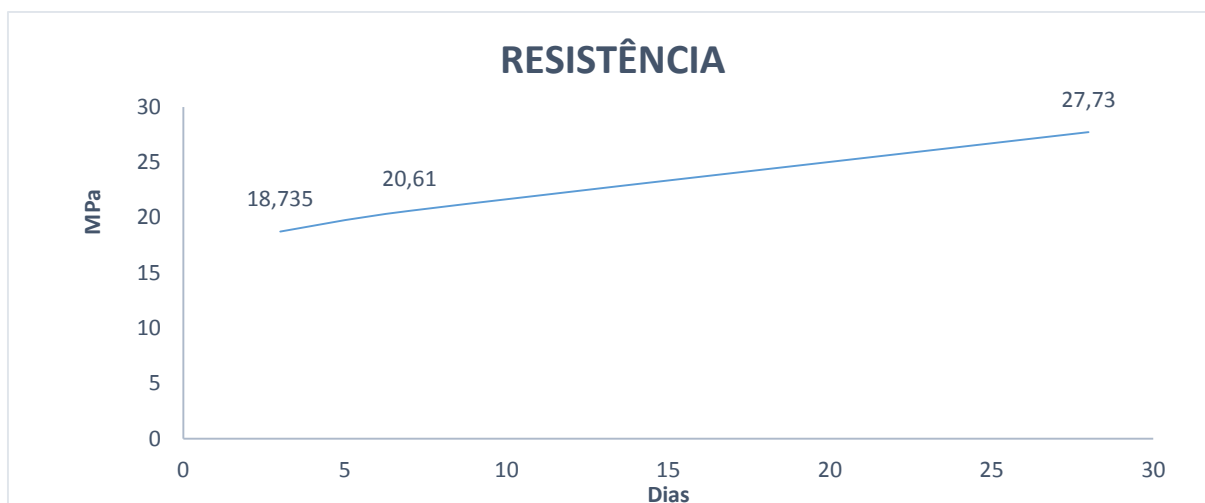


Figura 20: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – quarta coleta.

Fonte: Autoria Própria (2018).

O valor da produção do concreto, neste caso de 0,485 m³, está na Tabela 10.

Tabela 10: Orçamento da produção de concreto.

Materiais	Quantidade (KG)	Valor (KG)	Valor por batida (R\$)
Cimento	150	R\$0,45	R\$67,86
Areia Natural	150	R\$0,07	R\$10,50
Areia Artificial	200	R\$0,03	R\$6,60
Pedra 1	450	R\$0,03	R\$11,25
Pedrisco	100	R\$0,03	R\$2,80
Água	90	R\$0,01	R\$0,54
		TOTAL	R\$99,55

Fonte: Autoria Própria.

7.1.5 Quinta análise de dados:

Após a modificação do traço, com a diminuição do cimento e dos agregados e um melhor controle na colocação da água de amassamento, verificou-se que o valor da batida passou de R\$ 129,01 para R\$ 99,55, diminuindo o custo da produção do concreto.

Com o intuito de melhorar a qualidade da produção do concreto e obtenção de dados, a umidade começou a ser verificada e contabilizada para os cálculos.

Os novos dados obtidos estão apresentados na Tabela 11 em sequência.

Tabela 11: Dados da quinta coleta.

PILAR E VIGA		
CIMENTO	150	kg
AREIA NATURAL	150	kg
AREIA ARTIFICIAL	200	kg
PEDRA 1	450	kg
PEDRISCO	100	kg
UMIDADE:	%	Litros de Água
AREIA NATURAL	1,9	2,85
AREIA ARTIFICIAL	1,9	3,8
PEDRISCO	2	2
TOTAL		8,65
78,65		Litros
A/C		0,524

TRAÇO:	C	A	B	A/C
	1	2,33	3,67	0,524

DATA DE CONCRETAGEM	ROMPIMENTO CORPOS DE PROVA (dias)	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO		
		CP 1 (tn)	CP 2 (tn)	MÉDIA (Mpa)
DIA 12/06/2018 VIGA PROTENDIDA	3	14,3	15	18,30
	14	34,8	34,4	43,22
	20	39	38	48,09
	28	39	42	50,58

Fonte: Autoria Própria.

Foram utilizados 70 litros de água de amassamento e mais 8,65 litros foram contabilizados, decorrentes da umidade nos agregados miúdo e no pedrisco, assim o traço possui relação água/cimento de 0,524 com um fator de argamassa de $\alpha = 48\%$ e Relação água/ materiais secos de $H = 7,49\%$.

O teste de abatimento do tronco cone foi de 8 cm, que de acordo com os funcionários, estava adequada para a sua utilização, porém com uma trabalhabilidade limitada.

Por se tratar de uma viga protendida, a resistência do concreto tinha que ser maior. Percebe – se que o mesmo atinge o F_{ck} do projeto de 30 Mpa aos 28 dias e atende ao F_{ck} de 15 Mpa para içamento das peças de pré-moldados, de acordo com a ABNT NBR 9062 (2006).

O concreto produzido está de acordo com a classe de agressividade II, que determina uma relação água/cimento menor ou igual a 0,55 e está de acordo com a Classe de concreto na norma ABNT NBR 12655 (2015) que é C30.

A Figura 21 apresenta o gráfico de resistência a compressão do concreto em relação a idade de rompimento.



Figura 21: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento - quinta coleta.

Fonte: Autoria Própria (2018).

O valor da produção do concreto, neste caso de 0,474 m³, está na Tabela 12.

Tabela 12: Orçamento da produção de concreto.

Materiais	Quantidade (KG)	Valor (KG)	Valor por batida (R\$)
Cimento	150	R\$0,45	R\$67,86
Areia Natural	150	R\$0,07	R\$10,50
Areia Artificial	200	R\$0,03	R\$6,60
Pedra 1	450	R\$0,03	R\$11,25
Pedrisco	100	R\$0,03	R\$2,80
Água	78,65	R\$0,01	R\$0,47
		TOTAL	R\$99,48

Fonte: Autoria Própria.

7.1.6 Sexta análise de dados

Os novos dados obtidos pela sexta análise de dados estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13: Dados da sexta coleta.

PILAR E VIGA		
CIMENTO	175	kg
AREIA NATURAL	150	kg
AREIA ARTIFICIAL	200	kg
PEDRA 1	450	kg
PEDRISCO	100	kg
UMIDADE:	%	Litros de Água
AREIA NATURAL	1,9	2,85
AREIA ARTIFICIAL	1,7	3,4
PEDRISCO	2,1	2,1
TOTAL		8,415
93,42		Litros
A/C		0,534

TRAÇO:	C	A	B	A/C
	1	2,00	3,14	0,53

DATA DE CONCRETAGEM	ROMPIMENTO CORPOS DE PROVA (dias)	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO		
		CP 1 (tn)	CP 2 (tn)	MÉDIA (Mpa)
DIA 13/06/2018 VIGA GRANDE	7	35	32	41,84
	13	42	42,9	53,02
	28	45	47	57,45

Fonte: Autoria Própria.

O elemento a ser concretado era uma viga com vão de 15 metros e altura de 80 cm, a quantidade de cimento foi aumentada com receio do concreto não ficar com o Fck de projeto desejado.

Foram utilizados 85 litros de água de amassamento e mais 8,415 litros foram contabilizados, decorrentes da umidade nos agregados miúdo e no pedrisco, assim o traço possui relação água/cimento de 0,534 com um fator de argamassa de $\alpha = 49\%$ e Relação água/ materiais secos de $H = 8,69\%$.

O teste de abatimento do tronco cone foi de 8 cm, que de acordo com os funcionários, estava adequada para a sua utilização, porém com uma trabalhabilidade limitada.

Por se tratar de uma viga dessa dimensão, a resistência do concreto deveria ser maior. Percebe – se que o mesmo atinge o Fck do projeto de 40 Mpa aos 28 dias e atende ao Fck de 15 Mpa para içamento das peças de pré-moldados, de acordo com a ABNT NBR 9062 (2006).

O concreto produzido está de acordo com a classe de agressividade II, que determina uma relação água/cimento menor ou igual a 0,6 e está de acordo com a Classe de concreto na norma ABNT NBR 12655 (2015) que é C25.

A Figura 22 apresenta o gráfico de resistência a compressão do concreto em relação a idade de rompimento.

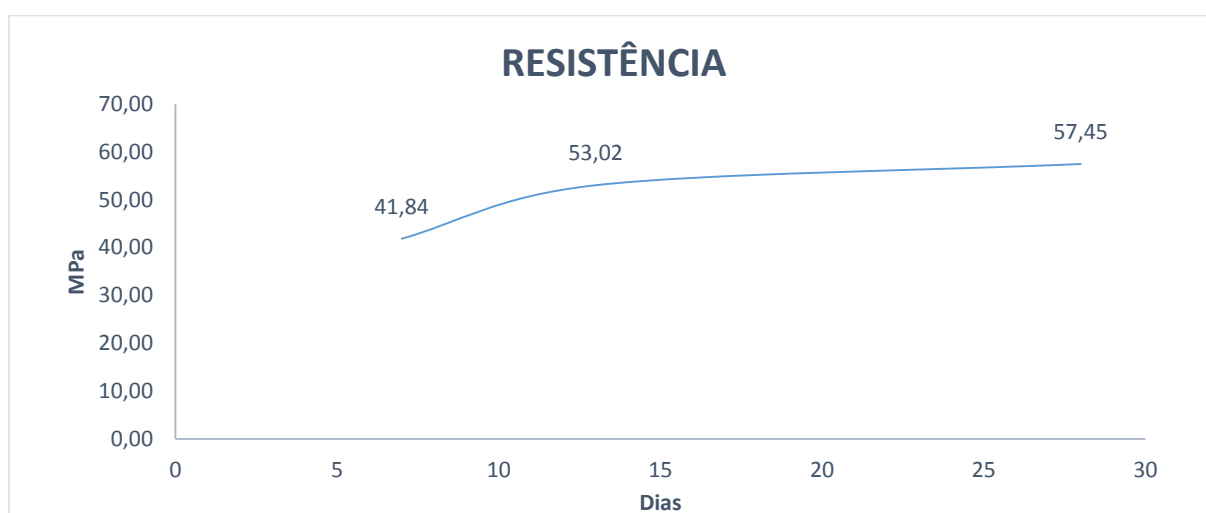


Figura 22: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – sexta coleta.

Fonte: Autoria Própria (2018).

O valor da produção do concreto, neste caso de 0,496 m³, está na Tabela 14

Tabela 14: Orçamento da produção de concreto.

Materiais	Quantidade (KG)	Valor (KG)	Valor por batida (R\$)
Cimento	175	R\$0,45	R\$79,17
Areia Natural	150	R\$0,07	R\$10,50
Areia Artificial	200	R\$0,03	R\$6,60
Pedra 1	450	R\$0,03	R\$11,25
Pedrisco	100	R\$0,03	R\$2,80
Água	93,42	R\$0,01	R\$0,56
		TOTAL	R\$110,88

Fonte: Autoria Própria.

7.1.7 Sétima análise de dados:

Os resultados da sétima análise estão dispostos na Tabela 15.

Tabela 15: Dados da sétima coleta.

PILAR E VIGA		
CIMENTO	175	kg
AREIA NATURAL	150	kg
AREIA ARTIFICIAL	200	kg
PEDRA 1	450	kg
PEDRISCO	100	kg
UMIDADE:	%	Litros de Água
AREIA NATURAL	1,9	2,85
AREIA ARTIFICIAL	1,7	3,4
PEDRISCO	2,1	2,1
TOTAL		8,415
98,42		Litros
A/C		0,56

TRAÇO:	C	A	B	A/C
	1	2	3,14	0,56

DATA DE CONCRETAGEM	ROMPIMENTO CORPOS DE PROVA (dias)	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO		
		CP 1 (tn)	CP 2 (tn)	MÉDIA (Mpa)
DIA 13/06/2018 VIGA GRANDE	7	27	25	32,47
	13	32,5	33,2	41,03
	28	37	38	46,84

Fonte: Autoria Própria.

O elemento a ser concretado era uma viga com vão de 15 metros e altura de 80 cm, a quantidade de cimento foi aumentada com receio do concreto não ficar com o Fck de projeto desejado.

Foram utilizados 90 litros de água de amassamento, 5 litros a mais que a batida anterior do mesmo tipo de elemento para melhorar a trabalhabilidade e mais 8,415 litros foram contabilizados, decorrentes da umidade nos agregados miúdo e no pedrisco, assim o traço possui relação água/cimento de 0,56 com um fator de argamassa de $\alpha = 49\%$ e Relação água/ materiais secos de $H = 9,15\%$.

O teste de abatimento do tronco cone foi de 10 cm, que de acordo com os funcionários, estava adequada para a sua utilização.

Por se tratar de uma viga dessa dimensão, a resistência do concreto tinha que ser maior. Percebe – se que o mesmo atinge o Fck do projeto de 40 Mpa aos 28 dias e atende ao Fck de 15 Mpa para içamento das peças de pré-moldados, de acordo com a ABNT NBR 9062 (2006).

O concreto produzido está de acordo com a classe de agressividade II, que determina uma relação água/cimento menor ou igual a 0,6 e está de acordo com a Classe de concreto na norma ABNT NBR 12655 (2015) que é C25.

A Figura 23 apresenta o gráfico de resistência a compressão do concreto em relação a idade de rompimento.



Figura 23: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – sétima coleta.

Fonte: Autoria Própria (2018).

O valor da produção do concreto, neste caso de 0,501 m³, está na Tabela 16.

Tabela 16: Orçamento da produção de concreto.

Materiais	Quantidade (KG)	Valor (KG)	Valor por batida (R\$)
Cimento	175	R\$0,45	R\$79,17
Areia Natural	150	R\$0,07	R\$10,50
Areia Artificial	200	R\$0,03	R\$6,60
Pedra 1	450	R\$0,03	R\$11,25
Pedrisco	100	R\$0,03	R\$2,80
Água	98,415	R\$0,01	R\$0,59
		TOTAL	R\$110,91

Fonte: Autoria Própria.

7.1.8 Oitava análise de dados:

A partir desta análise, a quantidade de materiais voltou a ser como a da quinta análise, pois o elemento a ser concretado possuía especificações em relação ao fck de projeto inferior a sexta e sétima análise, abaixo segue a Tabela 17 com os dados sobre esta nova análise:

Tabela 17: Dados da oitava coleta.

PILAR E VIGA		
CIMENTO	150	kg
AREIA NATURAL	150	kg
AREIA ARTIFICIAL	200	kg
PEDRA 1	450	kg
PEDRISCO	100	kg
UMIDADE:	%	Litros de Água
AREIA NATURAL	2,42	3,63
AREIA ARTIFICIAL	2,15	4,3
PEDRISCO	2,5	2,5
TOTAL		10,43
85,5		Litros
A/C	0,57	

TRAÇO:	C	A	B	A/C
	1	2,33	3,67	0,57

DATA DE CONCRETAGEM	ROMPIMENTO CORPOS DE PROVA (dias)	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO		
		CP 1 (tn)	CP 2 (tn)	MÉDIA (Mpa)
DIA 28/06/2018 PÓRTICO	4	21,2	21	26,35
	14	29	27,6	35,35
	20	32	33,6	40,97
	28	34	33,6	42,22

Fonte: Autoria Própria.

Foram utilizados 75 litros de água de amassamento e mais 10,43 litros foram contabilizados, decorrentes da umidade nos agregados miúdo e no pedrisco, assim o traço possui relação água/cimento de 0,57 com um fator de argamassa de $\alpha = 48\%$ e Relação água/ materiais secos de $H = 8,14\%$.

O teste de abatimento do tronco cone foi de 9 cm, que de acordo com os funcionários, estava adequada para a sua utilização, porém com uma trabalhabilidade limitada.

Percebe – se que o mesmo atinge o Fck do projeto de 30 Mpa aos 28 dias e atende ao Fck de 15 Mpa para içamento das peças de pré-moldados, de acordo com a ABNT NBR 9062 (2006).

O concreto produzido está de acordo com a classe de agressividade II, que determina uma relação água/cimento menor ou igual a 0,6 e está de acordo com a Classe de concreto na norma ABNT NBR 12655 (2015) que é C25.

A Figura 24 apresenta o gráfico de resistência a compressão do concreto em relação a idade de rompimento.

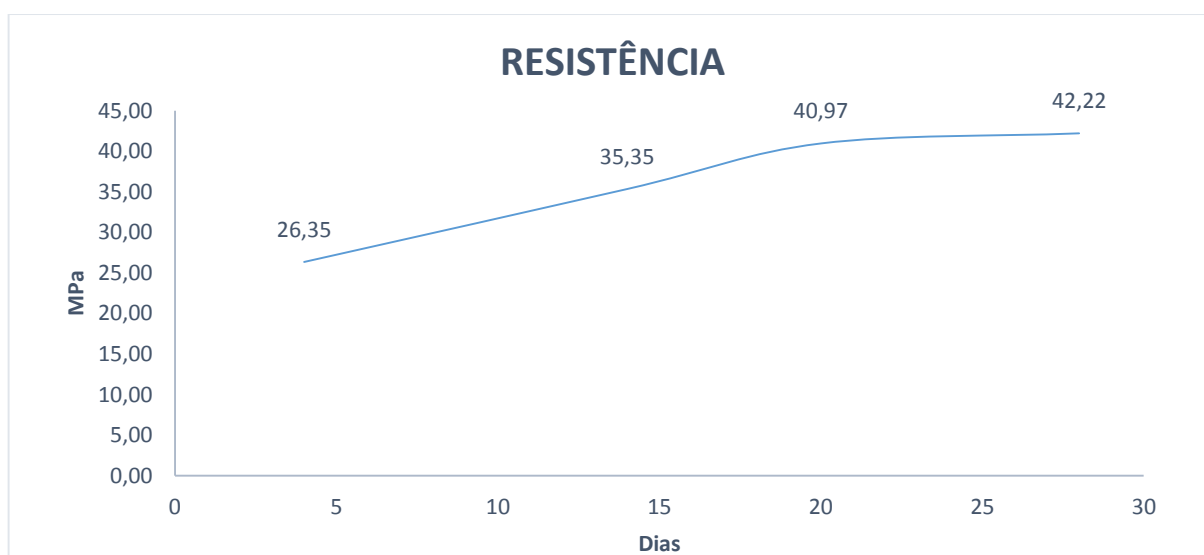


Figura 24: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – oitava coleta.

Fonte: Autoria Própria (2018).

O valor da produção do concreto, neste caso de 0,481 m³, está na Tabela 18.

Tabela 18: Orçamento da produção de concreto.

Materiais	Quantidade (KG)	Valor (KG)	Valor por batida (R\$)
Cimento	150	R\$0,45	R\$67,86
Areia Natural	150	R\$0,07	R\$10,50
Areia Artificial	200	R\$0,03	R\$6,60
Pedra 1	450	R\$0,03	R\$11,25
Pedrisco	100	R\$0,03	R\$2,80
Água	85,5	R\$0,01	R\$0,51
		TOTAL	R\$99,52

Fonte: Autoria Própria.

7.1.9 Nona análise de dados:

A partir desta até a última coleta e análise de dados, a única diferença em relação ao traço se dá através da quantidade de água existente nos agregados utilizados na mistura. A Tabela 19 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 19: Dados da nona coleta.

PILAR E VIGA		
CIMENTO	150	kg
AREIA NATURAL	150	kg
AREIA ARTIFICIAL	200	kg
PEDRA 1	450	kg
PEDRISCO	100	kg
UMIDADE:	%	Litros de Água
AREIA NATURAL	2,1	3,15
AREIA ARTIFICIAL	2,2	4,4
PEDRISCO	2,27	2,27
TOTAL		9,82
84,8		Litros
A/C		0,57

TRAÇO:	C	A	B	A/C
	1	2,33	3,67	0,57

DATA DE CONCRETAGEM	ROMPIMENTO CORPOS DE PROVA (dias)	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO		
		CP 1 (tn)	CP 2 (tn)	MÉDIA (Mpa)
DIA 02/07/2018 PÓRTICO	1	9,4	8,8	11,37
	9	29	31,5	37,78
	23	34	36	43,72
	28	37	38	46,84

Fonte: Autoria Própria.

Foram utilizados 75 litros de água de amassamento e mais 9,82 litros foram contabilizados, decorrentes da umidade nos agregados miúdo e no pedrisco, assim o traço possui relação água/cimento de 0,57 com um fator de argamassa de $\alpha = 48\%$ e Relação água/ materiais secos de $H = 8,08\%$.

O teste de abatimento do tronco cone foi de 9 cm, que de acordo com os funcionários, estava adequada para a sua utilização, porém com uma trabalhabilidade limitada.

Percebe – se que o mesmo atinge o Fck do projeto de 30 Mpa aos 28 dias e atende ao Fck de 15 Mpa para içamento das peças de pré-moldados, de acordo com a ABNT NBR 9062 (2006).

O concreto produzido está de acordo com a classe de agressividade II, que determina uma relação água/cimento menor ou igual a 0,6 e está de acordo com a Classe de concreto na norma ABNT NBR 12655 (2015) que é C25.

A Figura 25 apresenta o gráfico de resistência a compressão do concreto em relação a idade de rompimento.

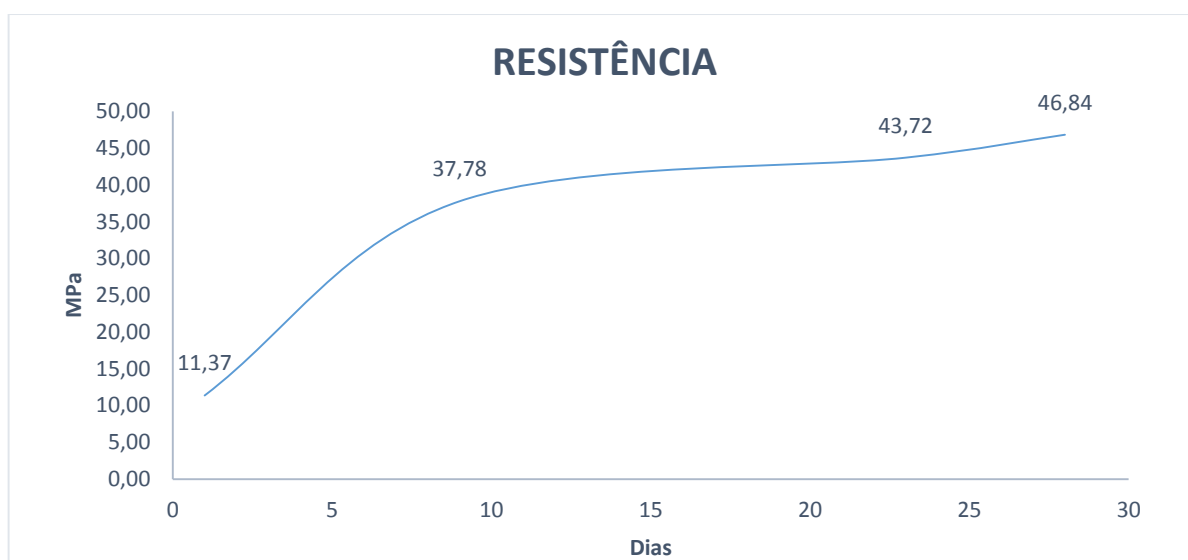


Figura 25: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – nona coleta.

Fonte: Autoria Própria (2018).

O valor da produção do concreto, neste caso de 0,480 m³, está na Tabela 20.

Tabela 20: Orçamento da produção de concreto.

Materiais	Quantidade (KG)	Valor (KG)	Valor por batida (R\$)
Cimento	150	R\$0,45	R\$67,86
Areia Natural	150	R\$0,07	R\$10,50
Areia Artificial	200	R\$0,03	R\$6,60
Pedra 1	450	R\$0,03	R\$11,25
Pedrisco	100	R\$0,03	R\$2,80
Água	84,8	R\$0,01	R\$0,51
		TOTAL	R\$99,52

Fonte: Autoria Própria.

7.1.10 Décima análise de dados:

A Tabela 21 apresenta os resultados obtidos na décima análise de dados.

Tabela 21: Dados da décima coleta.

PILAR E VIGA		
CIMENTO	150	kg
AREIA NATURAL	150	kg
AREIA ARTIFICIAL	200	kg
PEDRA 1	450	kg
PEDRISCO	100	kg
UMIDADE:	%	Litros de Água
AREIA NATURAL	3	4,5
AREIA ARTIFICIAL	2,7	5,4
PEDRISCO	2,3	2,3
TOTAL		12,2
87,2		Litros
A/C		0,58

TRAÇO:	C	A	B	A/C
	1	2,33	3,67	0,58

DATA DE CONCRETAGEM	ROMPIMENTO CORPOS DE PROVA (dias)	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO		
		CP 1 (tn)	CP 2 (tn)	MÉDIA (Mpa)
DIA 03/07/2018 PÓRTICO	1	7	7,7	9,18
	8	23,8	25	30,48
	21	31	30	38,09
	28	33	33,8	41,72

Fonte: Autoria Própria.

Foram utilizados 75 litros de água de amassamento e mais 12,2 litros foram contabilizados, decorrentes da umidade nos agregados miúdo e no pedrisco, assim o traço possui relação água/cimento de 0,57 com um fator de argamassa de $\alpha = 48\%$ e Relação água/ materiais secos de $H = 8,30\%$.

O teste de abatimento do tronco cone foi de 9 cm, que de acordo com os funcionários, estava adequada para a sua utilização.

Percebe – se que o mesmo atinge o Fck do projeto de 30 Mpa aos 28 dias e atende ao Fck de 15 Mpa para içamento das peças de pré-moldados, de acordo com a ABNT NBR 9062 (2006).

O concreto produzido está de acordo com a classe de agressividade II, que determina uma relação água/cimento menor ou igual a 0,6 e está de acordo com a Classe de concreto na norma ABNT NBR 12655 (2015) que é C25.

A Figura 26 apresenta o gráfico de resistência a compressão do concreto em relação a idade de rompimento.

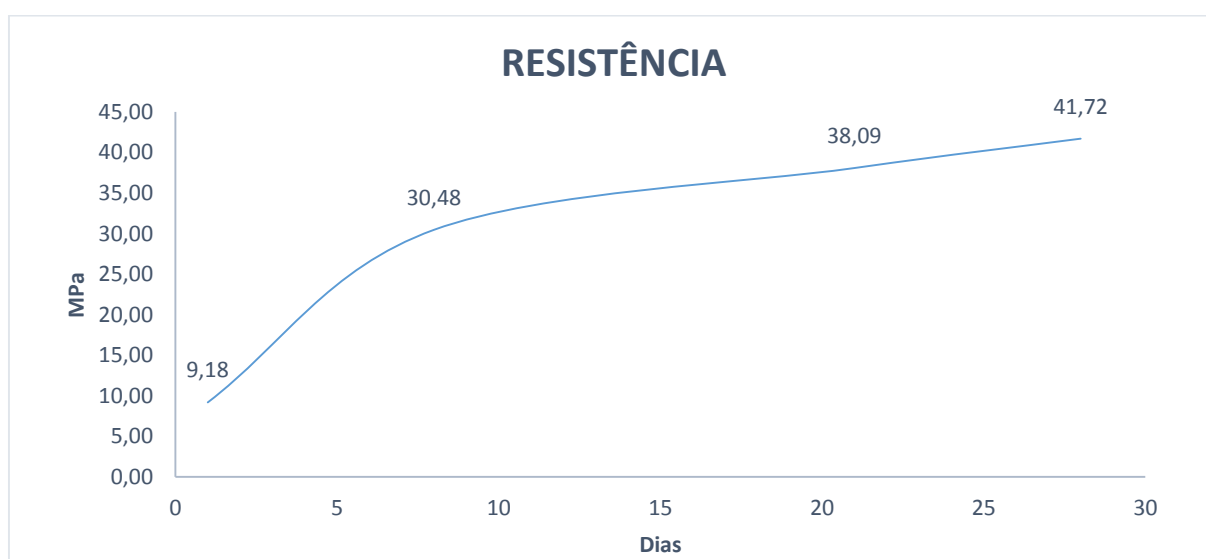


Figura 26: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – décima coleta.

Fonte: Autoria Própria (2018).

O valor da produção do concreto, neste caso de 0,482 m³, está na Tabela 22.

Tabela 22: Orçamento da produção de concreto.

Materiais	Quantidade (KG)	Valor (KG)	Valor por batida (R\$)
Cimento	150	R\$0,45	R\$67,86
Areia Natural	150	R\$0,07	R\$10,50
Areia Artificial	200	R\$0,03	R\$6,60
Pedra 1	450	R\$0,03	R\$11,25
Pedrisco	100	R\$0,03	R\$2,80
Água	87,2	R\$0,01	R\$0,52
		TOTAL	R\$99,53

Fonte: Autoria Própria.

7.1.11 Décima primeira análise de dados:

A Tabela 23 apresenta os resultados obtidos na décima primeira análise de dados.

Tabela 23: Dados da décima primeira coleta.

PILAR E VIGA		
CIMENTO	150	kg
AREIA NATURAL	150	kg
AREIA ARTIFICIAL	200	kg
PEDRA 1	450	kg
PEDRISCO	100	kg
UMIDADE:	%	Litros de Água
AREIA NATURAL	4,5	6,75
AREIA ARTIFICIAL	3,7	7,4
PEDRISCO	4,8	4,8
TOTAL		18,95
94		Litros
A/C		0,63

TRAÇO:	C	A	B	A/C
	1	2,33	3,67	0,63

DATA DE CONCRETAGEM	ROMPIMENTO CORPOS DE PROVA (dias)	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO		
		CP 1 (tn)	CP 2 (tn)	MÉDIA (Mpa)
DIA 13/07/2018 PILAR	5	15	13,5	17,80
	12	18,4	19	23,36
	21	21	20	25,60
	28	22,5	23	28,41

Fonte: Autoria Própria.

Foram utilizados 75 litros de água de amassamento e mais 18,95 litros foram contabilizados, decorrentes da umidade nos agregados miúdo e no pedrisco, assim o traço possui relação água/cimento de 0,63 com um fator de argamassa de $\alpha = 48\%$ e Relação água/ materiais secos de $H = 8,95\%$.

O teste de abatimento do tronco cone foi de 12 cm, que de acordo com os funcionários, estava adequada para a sua utilização, porém havia excesso de água no concreto.

Percebe – se que o mesmo atinge o Fck do projeto de 25 Mpa aos 28 dias e atende ao Fck de 15 Mpa para içamento das peças de pré-moldados, de acordo com a ABNT NBR 9062 (2006).

O concreto produzido não está de acordo com a classe de agressividade II, que determina uma relação água/cimento menor ou igual a 0,6, porém está de acordo com a Classe de concreto na norma ABNT NBR 12655 (2015) que é C25.

A Figura 27 apresenta o gráfico de resistência a compressão do concreto em relação a idade de rompimento.

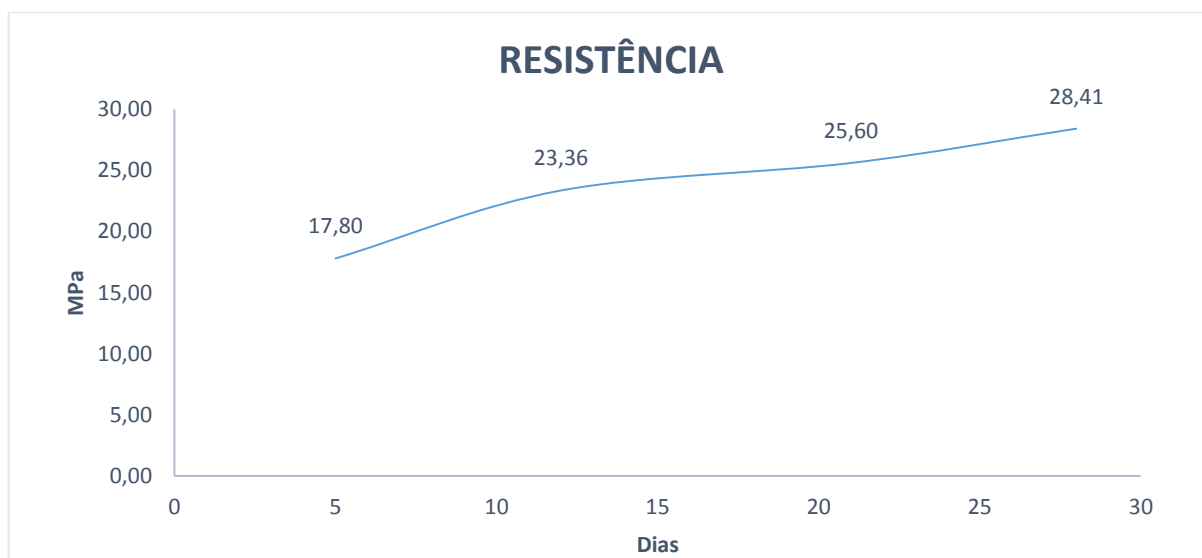


Figura 27: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – décima primeira coleta.

Fonte: Autoria Própria (2018).

O valor da produção do concreto, neste caso de 0,489 m³, está na Tabela 24.

Tabela 24: Orçamento da produção de concreto.

Materiais	Quantidade (KG)	Valor (KG)	Valor por batida (R\$)
Cimento	150	R\$0,45	R\$67,86
Areia Natural	150	R\$0,07	R\$10,50
Areia Artificial	200	R\$0,03	R\$6,60
Pedra 1	450	R\$0,03	R\$11,25
Pedrisco	100	R\$0,03	R\$2,80
Água	94	R\$0,01	R\$0,56
		TOTAL	R\$99,57

Fonte: Autoria Própria.

7.1.12 Decima segunda análise de dados:

Os resultados obtidos na décima segunda análise estão dispostos na Tabela 25.

Tabela 25: Dados da décima segunda coleta.

PILAR E VIGA		
CIMENTO	150	kg
AREIA NATURAL	150	kg
AREIA ARTIFICIAL	200	kg
PEDRA 1	450	kg
PEDRISCO	100	kg
UMIDADE:	%	Litros de Água
AREIA NATURAL	2,5	3,75
AREIA ARTIFICIAL	2,2	4,4
PEDRISCO	1,95	1,95
TOTAL		10,1
85,1		Litros
A/C		0,57

TRAÇO:	C	A	B	A/C
	1	2,33	3,67	0,57

DATA DE CONCRETAGEM	ROMPIMENTO CORPOS DE PROVA (dias)	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO		
		CP 1 (tn)	CP 2 (tn)	MÉDIA (Mpa)
DIA 19/07/2018 PILAR	8	25	26	31,85
	21	31,2	32	39,47
	28	34,5	33,2	42,28

Fonte: Autoria Própria.

Foram utilizados 75 litros de água de amassamento e mais 10,1 litros foram contabilizados, decorrentes da umidade nos agregados miúdo e no pedrisco, assim o traço possui relação água/cimento de 0,57 com um fator de argamassa de $\alpha = 48\%$ e Relação água/ materiais secos de $H = 8,10\%$.

O teste de abatimento do tronco cone foi de 9 cm, que de acordo com os funcionários, estava adequada para a sua utilização.

Percebe – se que o mesmo atinge o Fck do projeto de 25 Mpa aos 28 dias e atende ao Fck de 15 Mpa para içamento das peças de pré-moldados, de acordo com a ABNT NBR 9062 (2006).

O concreto produzido está de acordo com a classe de agressividade II, que determina uma relação água/cimento menor ou igual a 0,6 e está de acordo com a Classe de concreto na norma ABNT NBR 12655 (2015) que é C25.

A Figura 28 apresenta o gráfico de resistência a compressão do concreto em relação a idade de rompimento.

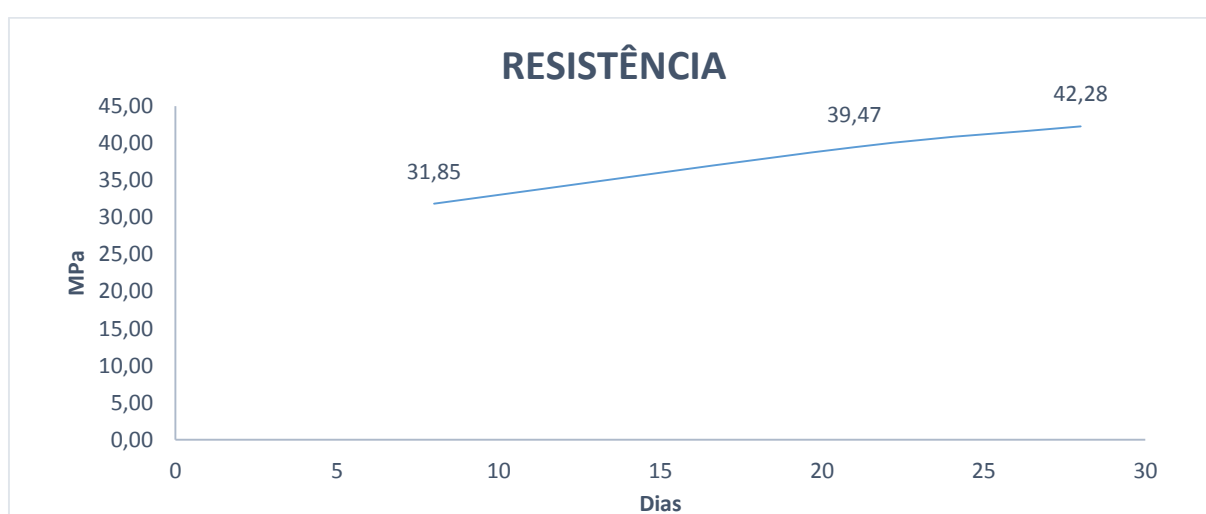


Figura 28: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – décima segunda coleta.

Fonte: Autoria Própria (2018).

O valor da produção do concreto, neste caso de 0,480 m³, está na Tabela 26.

Tabela 26: Orçamento da produção de concreto.

Materiais	Quantidade (KG)	Valor (KG)	Valor por batida (R\$)
Cimento	150	R\$0,45	R\$67,86
Areia Natural	150	R\$0,07	R\$10,50
Areia Artificial	200	R\$0,03	R\$6,60
Pedra 1	450	R\$0,03	R\$11,25
Pedrisco	100	R\$0,03	R\$2,80
Água	85,1	R\$0,01	R\$0,51
		TOTAL	R\$99,52

Fonte: Autoria Própria.

7.1.13 Décima terceira análise de dados:

A Tabela 27 traz os resultados obtidos na décima terceira análise de dados.

Tabela 27: Dados da décima terceira coleta.

PILAR E VIGA				
CIMENTO	150	kg		
AREIA NATURAL	150	kg		
AREIA ARTIFICIAL	200	kg		
PEDRA 1	450	kg		
PEDRISCO	100	kg		
UMIDADE:	%		Litros de Água	
AREIA NATURAL	3,3		4,95	
AREIA ARTIFICIAL	3,3		6,6	
PEDRISCO	3,1		3,1	
TOTAL			14,62	
89,62			Litros	
A/C			0,60	

TRAÇO:	C	A	B	A/C
	1	2,33	3,67	0,60

DATA DE CONCRETAGEM	ROMPIMENTO CORPOS DE PROVA (dias)	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO		
		CP 1 (tn)	CP 2 (tn)	MÉDIA (Mpa)
DIA 27/07/2018 PILAR	4	18,5	17	22,17
	14	22	20	26,23
	21	24,5	25	30,91
	28	26	26,4	32,72

Fonte: Autoria Própria.

Foram utilizados 75 litros de água de amassamento e mais 14,62 litros foram contabilizados, decorrentes da umidade nos agregados miúdo e no pedrisco, assim o traço possui relação água/cimento de 0,60 com um fator de argamassa de $\alpha = 48\%$ e Relação água/ materiais secos de $H = 8,54\%$.

O teste de abatimento do tronco cone foi de 11 cm, que de acordo com os funcionários, estava adequada para a sua utilização.

Percebe – se que o mesmo atinge o Fck do projeto de 25 Mpa aos 28 dias e atende ao Fck de 15 Mpa para içamento das peças de pré-moldados, de acordo com a ABNT NBR 9062 (2006).

O concreto produzido está de acordo com a classe de agressividade II, que determina uma relação água/cimento menor ou igual a 0,6 e está de acordo com a Classe de concreto na norma ABNT NBR 12655 (2015) que é C25.

A Figura 29 apresenta o gráfico de resistência a compressão do concreto em relação a idade de rompimento.

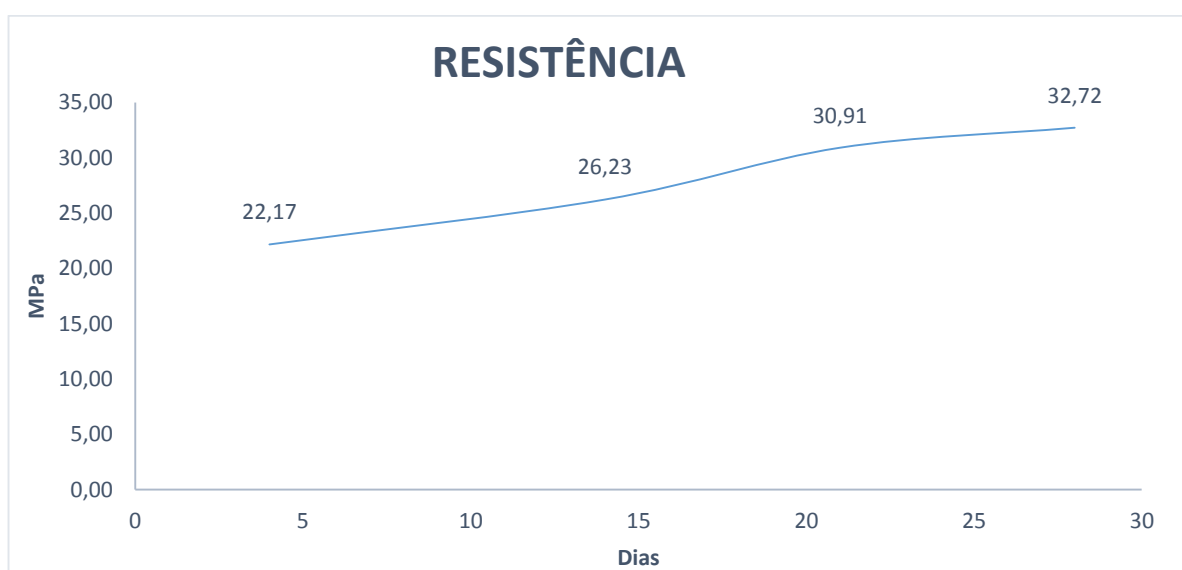


Figura 29: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – décima terceira coleta.

Fonte: Autoria Própria (2018).

O valor da produção do concreto, neste caso de 0,485 m³, está na Tabela 28.

Tabela 28: Orçamento da produção de concreto.

Materiais	Quantidade (KG)	Valor (KG)	Valor por batida (R\$)
Cimento	150	R\$0,45	R\$67,86
Areia Natural	150	R\$0,07	R\$10,50
Areia Artificial	200	R\$0,03	R\$6,60
Pedra 1	450	R\$0,03	R\$11,25
Pedrisco	100	R\$0,03	R\$2,80
Água	89,62	R\$0,01	R\$0,54
		TOTAL	R\$99,55

Fonte: Autoria Própria.

7.1.14 Décima quarta análise de dados:

A Tabela 29 apresenta os resultados obtidos na décima quarta análise de dados.

Tabela 29: Dados da décima quarta coleta.

PILAR E VIGA		
CIMENTO	150	kg
AREIA NATURAL	150	kg
AREIA ARTIFICIAL	200	kg
PEDRA 1	450	kg
PEDRISCO	100	kg
UMIDADE:	%	Litros de Água
AREIA NATURAL	2,9	4,35
AREIA ARTIFICIAL	2,5	5
PEDRISCO	2,6	2,6
TOTAL		12,95
86,95		Litros
A/C		0,58

TRAÇO:	C	A	B	A/C
	1	2,33	3,67	0,58

DATA DE CONCRETAGEM	ROMPIMENTO CORPOS DE PROVA (dias)	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO		
		CP 1 (tn)	CP 2 (tn)	MÉDIA (Mpa)
DIA 29/08/2018 PILAR	5	20	19	24,36
	12	24,5	23,8	30,16
	21	26	27	33,10
	28	30	32	38,72

Fonte: Autoria Própria.

Foram utilizados 75 litros de água de amassamento e mais 12,95 litros foram contabilizados, decorrentes da umidade nos agregados miúdo e no pedrisco, assim o traço possui relação água/cimento de 0,58 com um fator de argamassa de $\alpha = 48\%$ e Relação água/ materiais secos de $H = 8,28\%$.

O teste de abatimento do tronco cone foi de 11 cm, que de acordo com os funcionários, estava adequada para a sua utilização.

Percebe – se que o mesmo atinge o Fck do projeto de 25 Mpa aos 28 dias e atende ao Fck de 15 Mpa para içamento das peças de pré-moldados, de acordo com a ABNT NBR 9062 (2006).

O concreto produzido está de acordo com a classe de agressividade II, que determina uma relação água/cimento menor ou igual a 0,6 e está de acordo com a Classe de concreto na norma ABNT NBR 12655 (2015) que é C25.

A Figura 30 apresenta o gráfico de resistência a compressão do concreto em relação a idade de rompimento.



Figura 30: Curva da resistência a compressão em relação a idade de rompimento – décima quarta coleta.
Fonte: Autoria Própria (2018).

O valor da produção do concreto, neste caso de 0,482 m³, está na Tabela 30.

Tabela 30: Orçamento da produção de concreto.

Materiais	Quantidade (KG)	Valor (KG)	Valor por batida (R\$)
Cimento	150	R\$0,45	R\$67,86
Areia Natural	150	R\$0,07	R\$10,50
Areia Artificial	200	R\$0,03	R\$6,60
Pedra 1	450	R\$0,03	R\$11,25
Pedrisco	100	R\$0,03	R\$2,80
Água	86,95	R\$0,01	R\$0,52
		TOTAL	R\$99,53

Fonte: Autoria Própria.

7.1.15 Término da coleta e análise de dados

Após passar por modificações no traço, foi concluída a coleta e análise de dados das concretagens realizadas. O gráfico, apresentado na Figura 31, mostra as curvas das concretagens que utilizaram o consumo de cimento de 150 kg por batida.

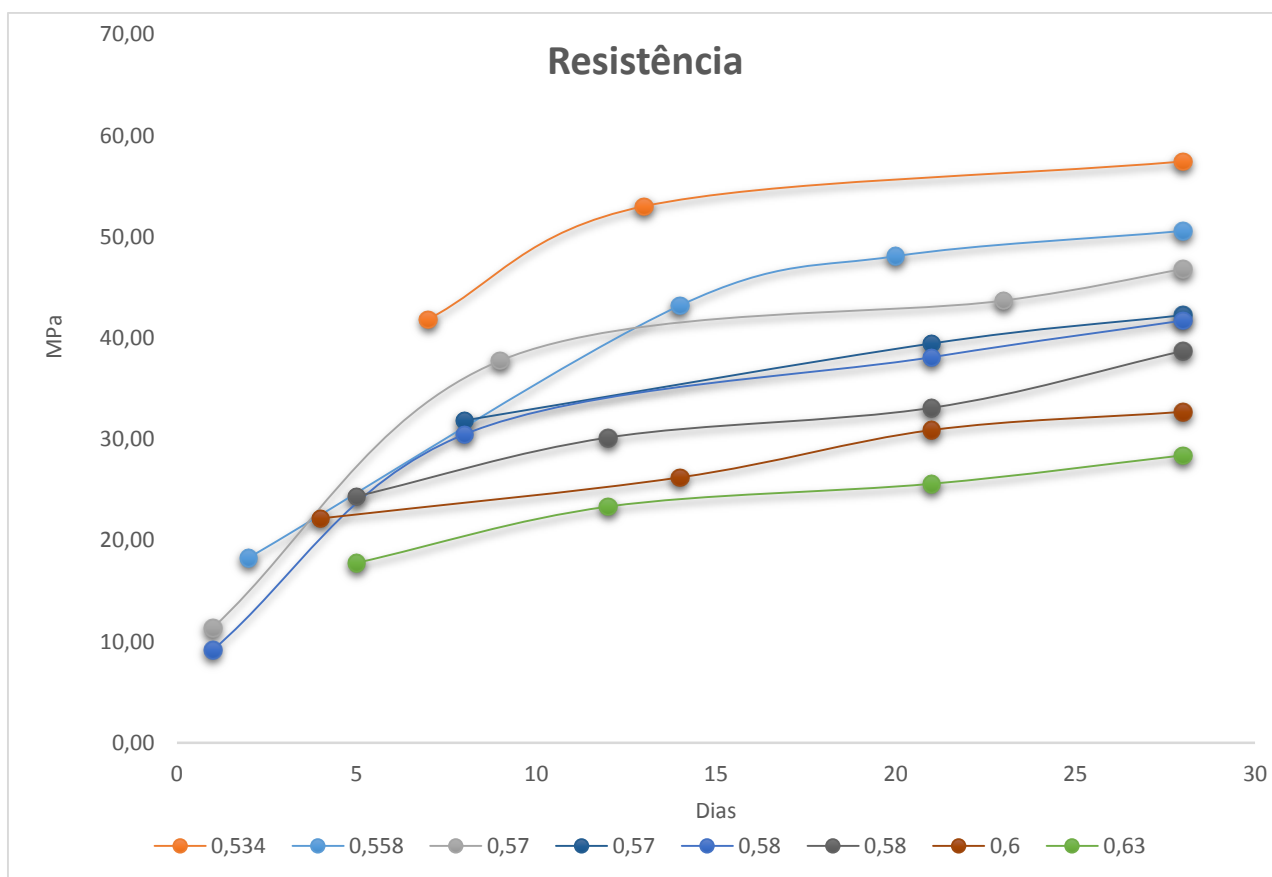


Figura 31: Curva da resistência a compressão dos traços analisados em relação a idade de rompimento.

Fonte: Autoria Própria (2018).

7.1.16 Dados e resultados do traço proposto

Com o intuito de descobrir se o gráfico gerado anteriormente pode ser utilizado pela empresa, foi definido um Fck de teste de 35 Mpa. Verificando a tabela encontra-se uma resistência de 35 Mpa aos 28 dias entre as curvas geradas pelos traços com relação água/cimento de 0,58 e 0,6.

A umidade foi identificada antes da concretagem ser realizada e passada ao funcionário que opera a mesa de comandos da usina dosadora, para que o mesmo desconte na água de amassamento na hora da produção do concreto.

A Tabela 31 apresenta os dados obtidos com o novo traço.

Tabela 31: Dados do traço proposto.

PILAR FCK = 35 Mpa		
CIMENTO	150	kg
AREIA NATURAL	150	kg
AREIA ARTIFICIAL	200	kg
PEDRA 1	450	kg
PEDRISCO	100	kg
UMIDADE:	%	Litros de Água
AREIA NATURAL	3,1	4,65
AREIA ARTIFICIAL	3,3	6,6
PEDRISCO	2,9	2,9
TOTAL		14,15
89,15		Litros
A/C	0,59	

TRAÇO:	C	A	B	A/C
	1	2,33	3,67	0,59

DATA DE CONCRETAGEM	ROMPIMENTO CORPOS DE PROVA (dias)	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO		
		CP 1 (tn)	CP 2 (tn)	MÉDIA (Mpa)
DIA 29/08/2018 PILAR	1	8,5	9,4	11,18
	3	17,2	18	21,98
	7	22	23	28,10
	15	26	27,3	33,29
	28	29,2	31,5	37,91

Fonte: Autoria Própria.

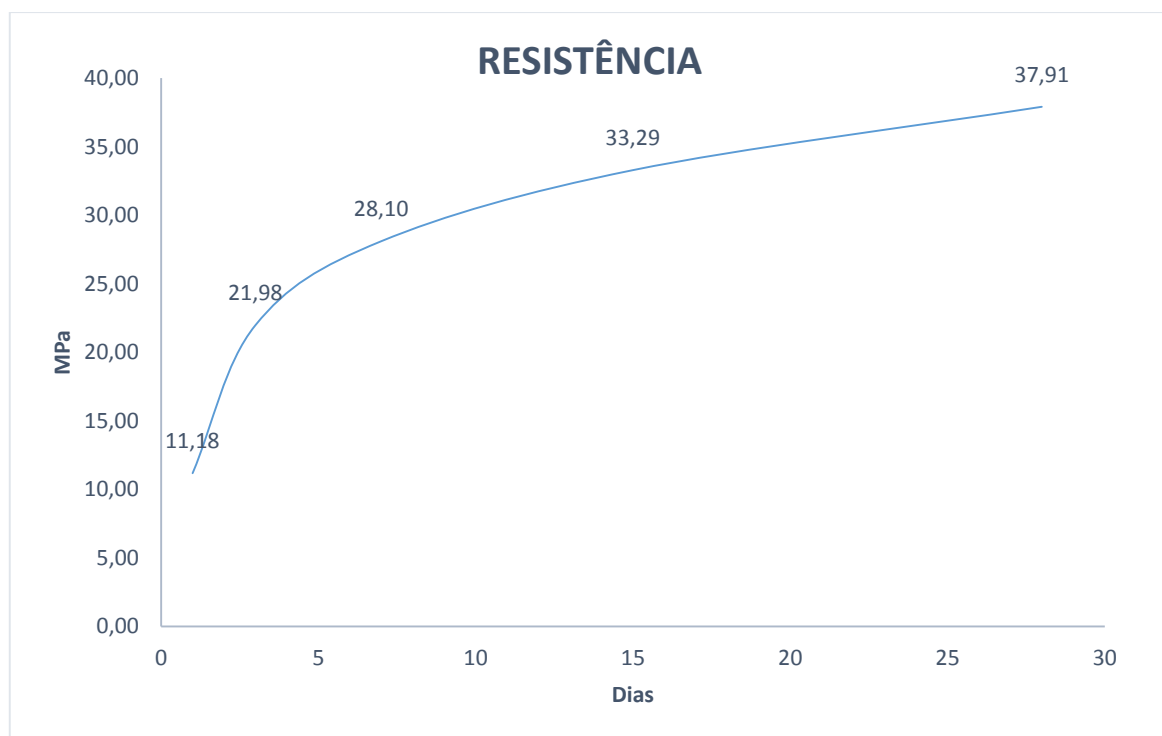
Como a umidade foi de 14,15 litros de água nos agregados miúdos e no pedrisco, foi solicitado ao funcionário a colocação de apenas 75 litros de água de amassamento, para que o traço mantivesse a relação água/cimento de 0,59, com um fator de argamassa de $\alpha = 48 \%$ e Relação água/ materiais secos de $H = 8,49\%$.

O teste de abatimento do tronco cone foi de 10 cm, que de acordo com os funcionários, estava adequada para a sua utilização e trabalhabilidade adequada.

Percebe-se que o mesmo atinge o Fck do projeto de 35 Mpa aos 28 dias e atende ao Fck de 15 Mpa para içamento das peças de pré-moldados, de acordo com a ABNT NBR 9062 (2006).

O concreto produzido está de acordo com a classe de agressividade II, que determina uma relação água/cimento menor ou igual a 0,6 e está de acordo com a Classe de concreto na norma ABNT NBR 12655 (2015) que é C25.

A Figura 32 apresenta o gráfico de resistência a compressão do concreto em relação a idade de rompimento.



**Figura 32: Curva da resistência a compressão do traço proposto em relação a idade de rompimento – traço proposto.
Fonte: Autoria Própria (2018).**

O valor da produção do concreto, neste caso de 0,484 m³, está na Tabela 32.

Tabela 32: Orçamento da produção de concreto do traço proposto.

Materiais	Quantidade (KG)	Valor (KG)	Valor por batida (R\$)
Cimento	150	R\$0,45	R\$67,86
Areia Natural	150	R\$0,07	R\$10,50
Areia Artificial	200	R\$0,03	R\$6,60
Pedra 1	450	R\$0,03	R\$11,25
Pedrisco	100	R\$0,03	R\$2,80
Água	89,15	R\$0,01	R\$0,53
		TOTAL	R\$99,54

Fonte: Autoria Própria.

Observa-se na Figura 33, o gráfico da resistência com a inclusão deste novo traço:

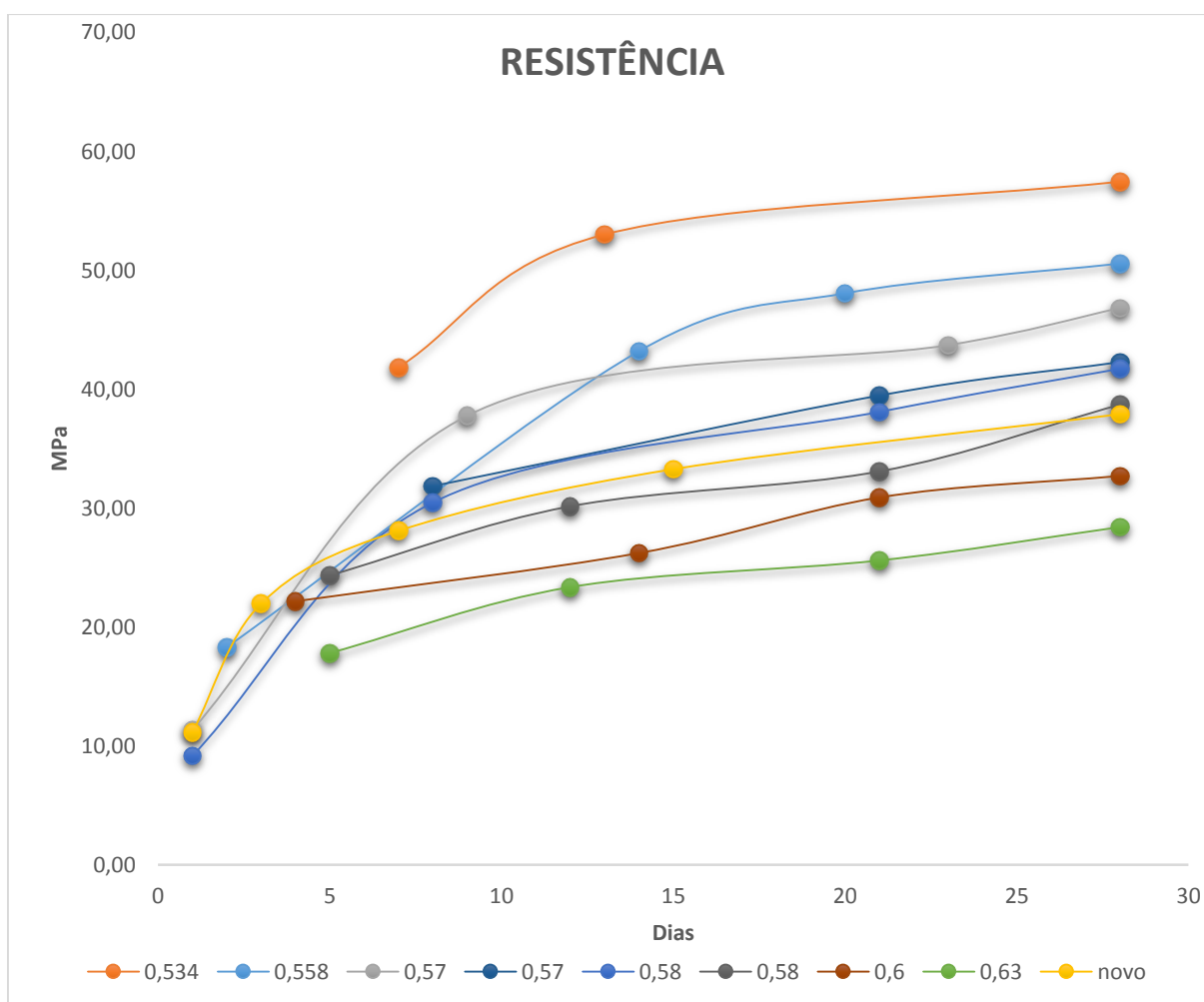


Figura 33: Curva da resistência a compressão dos traços analisados e traço proposto em relação a idade de rompimento do corpo de prova
 Fonte: Autoria Própria (2018).

Após análises e levantamentos dos dados, segue abaixo a Tabela 33, com os valores de produção do concreto na primeira análise, e na Tabela 34, os valores referente ao traço proposto.

Tabela 33: Orçamento da produção de concreto da primeira coleta de dados.

Materiais	Quantidade (KG)	Valor (KG)	Valor por batida (R\$)
Cimento	200	R\$0,4524	R\$90,48
Areia Natural	200	R\$0,07	R\$14,00
Areia Artificial	250	R\$0,033	R\$8,25
Pedra 1	620	R\$0,025	R\$15,50
Água	130	R\$0,006	R\$0,78
		TOTAL	R\$129,01

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 34: Orçamento da produção de concreto do traço proposto.

Materiais	Quantidade (KG)	Valor (KG)	Valor por batida (R\$)
Cimento	150	R\$0,45	R\$67,86
Areia Natural	150	R\$0,07	R\$10,50
Areia Artificial	200	R\$0,03	R\$6,60
Pedra 1	450	R\$0,03	R\$11,25
Pedrisco	100	R\$0,03	R\$2,80
Água	89,15	R\$0,01	R\$0,53
		TOTAL	R\$99,54

Fonte: Autoria Própria.

Transformamos o preço de produção da primeira análise que era de R\$129,01 em relação a 0,606m³ para 1m³, onde o preço ficou em R\$212,89.

Transformando o preço de produção da última análise, que era de 99,54 em relação a 0,484m³ para 1m³, obtivemos o valor de R\$205,66.

Comparando os dois valores, observamos uma redução de R\$7,23 no custo de produção do concreto por m³ em relação ao traço que era utilizado pela empresa.

Na Tabela 35 estão relacionadas as informações de todas as coletas realizadas durante o período de levantamento de dados, bem como do traço proposto após as análises realizadas. Apesar dos rompimentos iniciais nem sempre terem acontecido nos mesmos dias, todas as amostras foram rompidas com 28 dias o que auxilia na compreensão do comportamento das amostras conforme foram sendo ajustadas. Considerando todas as alterações, mudanças de traço, ajustes nos fatores A/C, percebe-se a redução de aproximadamente 3,4% no valor do metro cúbico do traço proposto. Aparentemente uma pequena redução em termos percentuais, mas

para a empresa considerando a produção diária, mensal e anual, ao final de um período certamente traz um ganho financeiro sem incorrer em perda de qualidade e confiabilidade em suas peças.

Tabela 35: Comparativo geral do trabalho.

	TRAÇO				Resistência (Mpa)		Valor por m ³ (R\$)
	Cimento	Areia	Brita	A/C	Inicial	28 dias	
1ª Coleta	1	2,25	3,1	0,65	12,8 (3 dias)	23,61	R\$212,89
2ª Coleta	1	2,25	3,1	0,6	11,87 (3 dias)	32,47	R\$216,00
3ª Coleta	1	2,25	3,1	0,55	21,48 (3 dias)	36,85	R\$221,11
4ª Coleta	1	2,33	3,67	0,6	18,74 (3 dias)	27,73	R\$205,26
5ª Coleta	1	2,33	3,67	0,524	18,3 (3 dias)	50,58	R\$209,87
6ª Coleta	1	2	3,14	0,53	41,84 (7 dias)	57,45	R\$223,55
7ª Coleta	1	2	3,14	0,56	32,47 (7 dias)	46,84	R\$221,38
8ª Coleta	1	2,33	3,67	0,57	26,35 (4 dias)	42,22	R\$206,90
9ª Coleta	1	2,33	3,67	0,57	11,37 (1 dia)	46,84	R\$207,33
10ª Coleta	1	2,33	3,67	0,58	9,87 (1 dia)	41,72	R\$206,49
11ª Coleta	1	2,33	3,67	0,63	17,8 (5 dias)	28,41	R\$203,62
12ª Coleta	1	2,33	3,67	0,57	31,85 (8 dias)	42,28	R\$207,33
12ª Coleta	1	2,33	3,67	0,6	22,17 (4 dias)	32,72	R\$205,26
14ª Coleta	1	2,33	3,67	0,58	24,36 (5 dias)	38,72	R\$206,49
Traço Proposto	1	2,33	3,67	0,59	21,98 (3 dias)	37,91	R\$205,66

Fonte: Autoria Própria.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após coleta e análise de dados da produção de concreto destinado a estruturas de pré-moldados da empresa em estudo, os resultados obtidos inicialmente identificaram falhas na produção do mesmo.

Como pode ser observado nas duas primeiras análises, os traços utilizados pela empresa para a produção de concreto, não atenderam as especificações estabelecidas pelas normas, desde a sua fabricação até o momento do içamento do elemento, e também não estavam de acordo com especificações estabelecidas em projeto.

Com o objetivo de melhorar a qualidade de produção, respeitar as especificações exigidas e reduzir custos, o traço e o processo de fabricação do concreto utilizados foram modificados.

Constatou-se que na terceira coleta e análise de dados, após modificação do traço, onde foi alterado o agregado graúdo e sua quantidade, e também foi diminuído a quantidade de água de amassamento, houve uma melhora em relação a resistência, estando de acordo com as especificações exigidas por normas e projeto.

Cumprindo as normas exigidas e obtendo resistência satisfatória, o traço foi modificado novamente para melhorar a trabalhabilidade do concreto e o deslocamento do mesmo até as formas, onde foram diminuídas as quantidades de materiais utilizadas para a produção de concreto. O cimento que é o material mais caro, foi reduzido, assim como os agregados graúdo e miúdo; a água de amassamento foi reduzida proporcionalmente ao cimento para melhorar a qualidade em relação a resistência. Houve uma redução de custos da produção após essas modificações.

Como foi apontado, a água é um fator importante na qualidade do concreto. Para estar de acordo com a ABNT NBR 12655 (2006), passou-se a ser corrigido o traço em relação a umidade dos agregados graúdo e miúdo. A análise mostrou que quanto menos quantidade de água no concreto, sua resistência é maior, porém a trabalhabilidade fica prejudicada.

A usina dosadora da empresa não possui um sistema que fornece a informação da umidade dos agregados, então foi fixado que a quantidade de água de amassamento a ser colocada era igual a metade da quantidade de cimento, e os dados da umidade coletados separadamente foram adicionados ao traço, fornecendo

uma relação água/ cimento satisfatória, tanto para a trabalhabilidade do concreto, quanto na resistência final do concreto.

No que se refere a norma ABNT NBR 6118 (2014) em relação a classe de agressividade, verificou-se que o traço modificado atende aos requisitos mínimos dispostos, a sua resistência aos 28 dias, o consumo de cimento e a relação água/cimento estão de acordo. A ABNT NBR 9062 (2015), determina que o F_{ck} , para a atividade de içamento dos elementos, deve ser de 15 Mpa, como foi discutido anteriormente nos testes, o traço modificado também satisfaz essa imposição.

Ao final da análise e coleta de dados, um gráfico com todas as curvas das resistências obtidas e seus respectivos traços foi gerado. Então foi realizado o teste, para um traço diferente, analisando este gráfico, com o objetivo de identificar se a empresa em estudo pode utilizar o mesmo para produzir o concreto desejado, de acordo com as especificações de projeto requisitadas.

Para este teste, o elemento era um pilar com F_{ck} de 35 Mpa, onde foi identificado que para se obter esta resistência aos 28 dias, o traço devia estar entre as curvas com relações água/cimento de 0,58 e 0,6.

Após feito o controle da umidade dos agregados e a correção do traço para uma relação de 0,59, foram moldados corpos de prova para produzir a curva de resistência a compressão do mesmo, o rompimento destes se deu nas idades de 1,3,7,15,28 dias.

Ao final do experimento, verificou-se que o novo traço proposto, aos 28 dias estava com uma resistência de 37,91 Mpa, trabalhabilidade adequada com o teste de abatimento de 10 centímetros e custo reduzido em relação aos traços que eram utilizados. Estando o mesmo de acordo com as normas exigidas e garantindo a utilização do gráfico gerado.

Em todo o tempo do estudo realizado, o mesmo proporcionou a oportunidade de analisar as etapas da fabricação de elementos pré-moldados, desde a sua concepção de projeto até a montagem no local definitivo. Falhas foram observadas e corrigidas, modificações foram implantadas visando a melhoria da qualidade de produção, aumento da resistência e redução de custos.

Ao final do estudo, conclui-se que o mesmo alcançou seus objetivos impostos.

REFERÊNCIAS

ACKER, A. V. **Manual de sistemas pré-fabricados de concreto**. FIP, 2002. Disponível em: <<http://www.ft.unicamp.br/~cicolin/ST%20725%20A/mpf.pdf>> Acessado em: 04 de agosto de 2018.

AÏTCIN, Pierre Claude. **Concreto de alto desempenho**. São Paulo: Pini, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto-Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto-especificações**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7223: Concreto – determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro, 2006.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção – volume 2**. Ed. JC, Rio de Janeiro, 2008.

DINIZ, J. Z. F. **Concreto: material construtivo mais consumido no mundo (2009)**. Concreto e Construções, 80.

EL DEBS, M. K. **Concreto pré-moldado: Fundamentos e aplicações**. São Carlos: EESC-USP, 2000.

GIAMMUSSO, SALVADOR E. **Manual do Concreto**. Ed. Pini, São Paulo, 1992.

GUIMARÃES, A. T. da C. **Propriedades do Concreto Fresco**. In: ISAIA, G. C.. **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**. São Paulo: Editora IBRACON, 2005. V1. Cap. 16, p. 473-476.

HELENE, P., TERZIAN, P. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto**, Ed. Pini, 1992.

HELENE, P. L.; ANDRADE, T. Em: Geraldo C. Isaias. (Org). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010.

HELENE, Paulo; TUTIKIAN, Bernardo F. **Dosagem dos concretos de cimento Portland**. In: ISAIA, Geraldo C (Editor). **Concreto: ciência e tecnologia – volume I**. São Paulo: IBRACON, 2011.

ISAIA, Geraldo C. (ed.) **CONCRETO. Ensino, Pesquisa e Realizações**. São Paulo, Instituto Brasileiro do Concreto IBRACON, 2005.

KIHARA, Y.; E CENTURIONE S. L. **O Cimento Portland**. ISAIA, G.C. (Ed). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**, São Paulo: Ippis, 2005, p. 295-322.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M., **Concreto: Estrutura, Propriedades, Materiais**. São Paulo, Pini, 1994.

MILANI, C. J.; BOESING, R.; PHILIPPSEN, R. A.; MIOTTI, L. A. **Processo produtivo de elementos pré-moldados de concreto armado: detecção de manifestações patológicas.** São Paulo: RISCO, 2012. Disponível em: <http://www.iau.usp.br/revista_risco/Risco15-pdf/02_art07_risco15.pdf>. Acessado em: 06 de outubro de 2018.

NEVILLE, ADAM. **Propriedades do concreto**, II Edição, São Paulo, Pini, 1997.

NEVILLE, Adam M. **Tecnologia do concreto**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2013.

PETRUCCI, Eládio G. **Concreto de Cimento Portland**. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1968.

PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de Cimento Portland**. 14 ed. Revisado por Paulon, V. A. São Paulo, Globo, 2005, 307 p.

APÊNDICES

Apêndice A: Tabelas referentes às caracterizações dos agregados.

Resultados dos Peneiramentos da Areia Artificial.

Descrição		AREIA ARTIFICIAL			
Tipo de Material		GRANITO			
Peneira		Peso	Porcentagem Retida		% Passante
Nº	mm	Retido (g)	% Individual	% Acumulada	
2"	50		0,00%	0,00%	100,00%
1.1/2"	38		0,00%	0,00%	100,00%
1.1/4"	32		0,00%	0,00%	100,00%
1"	25		0,00%	0,00%	100,00%
3/4"	19		0,00%	0,00%	100,00%
1/2"	12,5		0,00%	0,00%	100,00%
3/8"	9,5		0,00%	0,00%	100,00%
1/4"	6,3		0,00%	0,00%	100,00%
Nº4	4,8	10	1,37%	1,37%	98,63%
Nº8	2,4	135,1	18,53%	19,90%	81,47%
Nº16	1,2	262,1	35,94%	55,84%	64,06%
Nº30	0,6	207,8	28,50%	84,34%	71,50%
Nº50	0,3	109,1	14,96%	99,30%	85,04%
Nº100	0,15	4,7	0,64%	99,95%	99,36%
Fundo		0,4	0,05%	100,00%	99,95%
Total		729,2			

Fonte: Autoria Própria

Caracterização da Areia Artificial.

Diâmetro Máximo (mm)	4,8
Módulo de Finura	2,76
Massa Específica (kg/dm ³)	2,630
Massa Unitária (kg/dm ³)	1,458

Fonte: Autoria Própria

Resultados dos Peneiramentos da Areia Natural.

Descrição		AREIA NATURAL			
Tipo de Material		GRANITO			
Peneira		Peso	Porcentagem Retida		% Passante
Nº	mm	Retido (g)	% Individual	% Acumulada	
2"	50		0,00%	0,00%	100%
1.1/2"	38		0,00%	0,00%	100,00%
1.1/4"	32		0,00%	0,00%	100,00%
1"	25		0,00%	0,00%	100,00%
3/4"	19		0,00%	0,00%	100,00%
1/2"	12,5		0,00%	0,00%	100,00%
3/8"	9,5		0,00%	0,00%	100,00%
1/4"	6,3		0,00%	0,00%	100,00%
Nº4	4,8	4,3	0,53%	0,53%	99,47%
Nº8	2,4	18,5	2,30%	2,83%	97,70%
Nº16	1,2	44	5,47%	8,30%	94,53%
Nº30	0,6	179,1	22,25%	30,55%	77,75%
Nº50	0,3	530,1	65,86%	96,41%	34,14%
Nº100	0,15	27,7	3,44%	99,85%	96,56%
Fundo		1,2	0,15%	100,00%	99,85%
Total		804,9			

Fonte: Autoria Própria

Caracterização da Areia Natural.

Diâmetro Máximo (mm)	4,8
Módulo de Finura	2,68
Massa Específica (kg/dm ³)	2,53
Massa Unitária (kg/dm ³)	1,48

Fonte: Autoria Própria

Resultados dos Peneiramentos do Pedrisco.

Descrição		PEDRISCO			
Tipo de Material		GRANITO			
Peneira		Peso	Porcentagem Retida		% Passante
Nº	mm	Retido (g)	% Individual	% Acumulada	
2"	50		0,00%	0,00%	100,00%
1.1/2"	38		0,00%	0,00%	100,00%
1.1/4"	32		0,00%	0,00%	100,00%
1"	25		0,00%	0,00%	100,00%
3/4"	19		0,00%	0,00%	100,00%
1/2"	12,5		0,00%	0,00%	100,00%
3/8"	9,5	154,3	6,14%	6,14%	93,86%
1/4"	6,3	1777,7	70,77%	76,92%	29,23%
Nº4	4,8		0,00%	76,92%	100,00%
Nº8	2,4		0,00%	76,92%	100,00%
Nº16	1,2		0,00%	76,92%	100,00%
Nº30	0,6		0,00%	76,92%	100,00%
Nº50	0,3		0,00%	76,92%	100,00%
Nº100	0,15		0,00%	76,92%	100,00%
Fundo		579,8	23,08%	100,00%	76,92%
Total		2511,8			

Fonte: Autoria Própria

Caracterização do Pedrisco.

Diâmetro Máximo (mm)	9,5
Módulo de Finura	6,865
Massa Específica (kg/dm ³)	2,600
Massa Unitária (kg/dm ³)	1,230

Fonte: Autoria Própria

Resultados dos Peneiramentos da Pedra Brita.

Descrição		Pedra Brita			
Tipo de Material		GRANITO			
Peneira		Peso	Porcentagem Retida		% Passante
Nº	mm	Retido (g)	% Individual	% Acumulada	
2"	50		0,00%	0,00%	100,00%
1.1/2"	38		0,00%	0,00%	100,00%
1.1/4"	32		0,00%	0,00%	100,00%
1"	25	0	0,00%	0,00%	100,00%
3/4"	19	342,76	6,86%	6,86%	93,14%
1/2"	12,5	3629,95	72,60%	79,45%	27,40%
3/8"	9,5	869,32	17,39%	96,84%	82,61%
1/4"	6,3	147,17	2,94%	99,78%	97,06%
Nº4	4,8		0,00%	99,78%	100,00%
Nº8	2,4		0,00%	99,78%	100,00%
Nº16	1,2		0,00%	99,78%	100,00%
Nº30	0,6		0,00%	99,78%	100,00%
Nº50	0,3		0,00%	99,78%	100,00%
Nº100	0,15		0,00%	99,78%	100,00%
Fundo		10,8	0,22%	100,00%	99,78%
Total		5000			

Fonte: Autoria Própria

Caracterização da Pedra Brita.

Diâmetro Máximo (mm)	19
Módulo de Finura	6,762
Massa Específica (kg/dm ³)	2,600
Massa Unitária (kg/dm ³)	1,350

Fonte: Autoria Própria