



FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE

ROZIANE PEREIRA DA SILVA

**A VERIFICABILIDADE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO PRODUZIDO NO
CANTEIRO DE OBRA DE UMA CONSTRUTORA NA CIDADE DE ARIQUEMES -
RO**

**ARIQUEMES - RO
2020**

ROZIANE PEREIRA DA SILVA

**A VERIFICABILIDADE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO PRODUZIDO NO
CANTEIRO DE OBRA DE UMA CONSTRUTORA NA CIDADE DE ARIQUEMES-
RO**

Trabalho de Conclusão de Curso para
obtenção de grau em Engenharia Civil
apresentado a Faculdade de Educação
e Meio Ambiente - FAEMA.

Orientadora: Prof.(a) Ms. Silênia
Priscila Lemes.

**ARIQUEMES - RO
2020**

FICHA CATALOGRÁFICA
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Júlio Bordignon - FAEMA

SI586v

SILVA, Roziane Pereira da.

A verificabilidade da resistência do concreto produzido no canteiro de obra de uma construtora na cidade de Ariquemes - RO. / por Roziane Pereira da Silva. Ariquemes: FAEMA, 2020.

36 p.; il.

TCC (Graduação) - Bacharelado em Engenharia Civil - Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA.

Orientador (a): Profa. Ma. Silênia Priscila da Silva Lemes.

1. Concreto. 2. Ensaios. 3. Propriedades. 4. Qualidade. 5. Resistência. I Lemes, Silênia Priscila da Silva. II. Título. III. FAEMA.

CDD:620.1

Bibliotecária Responsável
Herta Maria de Açucena do N. Soeiro
CRB 1114/11

ROZIANE PEREIRA DA SILVA

**A VERIFICABILIDADE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO PRODUZIDO NO
CANTEIRO DE OBRA DE UMA CONSTRUTORA NA CIDADE DE ARIQUEMES-
RO**

Trabalho de Conclusão de Curso para a
obtenção de grau em Engenharia Civil
apresentado a Faculdade de Educação e
Meio Ambiente - FAEMA.

Orientadora: Prof.(a) Ms. Silênia Priscila
Lemes.

Banca examinadora

Prof.^a Ms. Silênia Priscila da Silva Lemes
Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA

Prof.^a Ms. Helena Gouvêa Rocha ALves
Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

Prof Esp. João Victor da Silva Costa
Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA

**ARIQUEMES - RO
2020**

Dedico à minha família, minha maior motivação!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Me. Silênia Priscila, pelas orientações teóricas e práticas;

Ao Anderson Pereira Braga e sua equipe, pelas informações, disponibilidade e gentileza;

Ao meu esposo Handerson Erivelto Colicheski Bucarth, pela colaboração e por ser tão prestativo;

Aos meus Pais, pelo incentivo e apoio.

*“Planeje com antecedência: não estava chovendo quando
Noé construiu a arca”*

Richard C. Cushing

RESUMO

A aplicação das Normas Brasileiras Regulamentadoras (NBR) relacionadas aos métodos de controle tecnológico do concreto é imprescindível na conformidade das obras para que se obtenha a qualidade especificada em projeto. Os ensaios e testes realizados para avaliação do concreto podem ser empregados tanto no canteiro de obras quanto em laboratórios de ensaio. O principal objetivo dessa pesquisa é analisar os resultados prescritos nos métodos de controle tecnológico em concreto de acordo com as normas técnicas vigentes, bem como comparar com os valores obtidos em ensaios de consistência e resistência à compressão realizados no canteiro de obra com o concreto produzido, em betoneira, para a concretagem de escada e pilares de uma obra na cidade de Ariquemes/RO. A garantia da qualidade do concreto e sua durabilidade, assim como sua aceitação junto às especificações, advêm da utilização de metodologias de controle tecnológico do concreto, por isso, todos os ensaios e testes realizados para o estudo foram embasados nas especificações estabelecidas pelas normas regulamentadoras e os resultados - satisfatórios para os pilares atingindo 31MPa, 3,5% a mais do que o almejado, e não satisfatório para a escada que obteve resistência de 13,99MPa sendo 44% inferior ao planejado - comparados aos valores especificados no projeto.

Palavras-chave: Concreto. Ensaio. Propriedades. Qualidade. Resistência.

ABSTRACT

The application of the Brazilian Regulatory Norms (NBR) related to the technological control methods of concrete is essential in the conformity of the works in order to obtain the quality specified in the project. The tests and tests carried out to evaluate the concrete can be used both on the construction site and in testing laboratories. The main objective of this research is to analyze the results prescribed in the technological control methods in concrete according to the current technical norms, as well as to compare with the values obtained in tests of consistency and resistance to compression carried out in the construction site with the produced concrete, in concrete mixer, for the concreting of stairs and pillars of a work in the city of Ariquemes/RO. The guarantee of the quality of the concrete and its durability, as well as its acceptance with the specifications, comes from the use of methodologies of technological control of the concrete, therefore, all the tests and tests carried out for the study were based on the specifications established by the regulatory standards and the results - satisfactory for the pillars reaching 31MPa, 3.5% more than the target, and not satisfactory for the ladder that obtained resistance of 13.99MPa being 44% lower than planned - compared the values specified in the project.

Keywords: Concrete. Essay. Properties. Quality. Resistance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Medida do abatimento.....	22
Figura 02 – Cura dos corpos de prova	24
Figura 03 – Especificações da laje e dos pilares.....	25
Figura 04 - Planta baixa do térreo	26
Figura 05 - Planta baixa do do 1º pavimento.....	26
Figura 06 – Ensaio de abatimento do tronco de cone	28
Figura 07 – Concreto para Escada.....	29
Figura 08 – Concreto para Pilar	29
Figura 09 - Moldagem dos corpos de prova.....	30
Figura 10 – Menor resistência	32
Figura 11 – Maior resistência	32

LISTA DE TABELAS E FLUXOGRAMA

Tabela 01 - Consistência requerida: Slump Test.....	23
Fluxograma 01 – Idades para rompimento dos corpos de prova	24
Tabela 02 – Traços do concreto.....	27
Tabela 03 - Resultados dos rompimentos dos corpos de prova.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a/c – Relação água/cimento

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

Fck – Resistência Característica à compressão do concreto

MPa - Megapascal

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

NM – Norma Mercosul

Tf – Tonelada-força

USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	13
2.1. OBJETIVO PRIMÁRIO	13
2.2. OBJETIVOS SECUNDÁRIOS	13
3. REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1. CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO	15
3.2. ESTUDO DE DOSAGEM DO CONCRETO	16
3.3. ENSAIO DE CONSISTÊNCIA PELO ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE	16
3.4. ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	17
3.5. DURABILIDADE E VIDA ÚTIL DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO	18
3.6. PATOLOGIAS DEVIDO A NÃO CONFORMIDADE EM CONCRETOS	19
4. METODOLOGIA	20
4.1. CAMPO DE ATUAÇÃO	21
4.2. ESTUDO DE DOSAGEM DO CONCRETO	21
4.3. ENSAIO DE CONSISTÊNCIA	22
4.4. ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
5.1 DOSAGEM DO CONCRETO	27
5.2 ENSAIO DE CONSISTÊNCIA	27
5.3 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	30
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

1. INTRODUÇÃO

Ainda que o desenvolvimento e pesquisas acerca das propriedades estejam sendo aprimoradas, o concreto não é um material novo, há histórico de que sua utilização já era feita em anos a.C.

É perceptível a contribuição do concreto no desenvolvimento tanto da economia, quanto da sociedade. De acordo com Mehta; Monteiro (2006), em relação ao consumo, o concreto é o segundo material, perdendo apenas para a água que é o primeiro em consumo na construção civil.

Segundo Helene (1993), o concreto tem por sua definição uma mistura de água, cimento, agregado miúdo e graúdo que, quando fresco apresenta consistência plástica e o estado endurecido é caracterizado pela sua resistência à compressão elevada.

Visando a redução de perdas significativas em termos econômicos e a padronização do concreto a partir das suas características e propriedades, evidenciou-se a necessidade de métodos de controle tecnológico do concreto, através de ensaios baseados nas normas brasileiras regulamentadoras.

No controle tecnológico do concreto, fatores como dosagem, mistura, aplicação, cura, testes e qualidade dos materiais são determinantes para a análise e verificação das propriedades físicas e mecânicas do concreto. As metodologias e ensaios de controle tecnológico do concreto são realizados tanto no estado fresco quanto no estado endurecido, os quais fornecem dados referentes a consistência do concreto, resistência a compressão, consumo máximo de água, além de garantir o cumprimento do cronograma, respeitando as ações construtivas e os seus efeitos sobre a estrutura.

O controle tecnológico do concreto é imprescindível para a qualidade dos serviços prestados, por fornecer informações relacionadas às suas características. Acredita-se que há variabilidade nos resultados das propriedades físicas e mecânicas do concreto produzido no canteiro de obra e que nem sempre atingem as especificações de projeto.

Diante disso, esta pesquisa justifica-se pela necessidade de investigar os padrões adequados para o uso do concreto de acordo com as especificidades do

projeto e analisar se os mesmos estão sendo respeitados ao produzir o concreto no canteiro de obra.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO PRIMÁRIO

A pesquisa visa verificar se há conformidade nos valores físicos e mecânicos do concreto produzido no canteiro de obra.

2.2. OBJETIVOS SECUNDÁRIOS

- Conhecer os procedimentos necessários para os testes de qualidade do concreto segundo as normas NBR 5738 (ABNT, 2003) – Concreto – procedimentos e cura dos corpos de prova e NBR NM 67 (ABNT, 1998) – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone;
- Compreender a importância da ordem dos materiais e sua dosagem no preparo do concreto;
- Analisar as medidas do traço utilizado para a produção do concreto;
- Analisar os resultados obtidos nos testes da qualidade do concreto;
- Comparar as propriedades físicas e mecânicas do concreto produzido no canteiro de obra a partir dos resultados obtidos nos testes de qualidade do concreto com os valores especificados em Normas e projeto.

3. REVISÃO DE LITERATURA

A sobrevivência e atendimento das necessidades básicas do homem advém do uso dos materiais. Segundo Isaia (2011), o desenvolvimento e aperfeiçoamento do concreto demorou mais de vinte séculos para, então, se tornar o maior produto

fabricado pelo homem nos dias atuais.

As vantagens inerentes a esse material são visíveis, como versatilidade e durabilidade, desempenho, que proporciona competitividade em relação a outros materiais e vida útil às estruturas, além de ser um dos materiais que mais se adaptam ao conceito de sustentabilidade, pois o concreto é o material estrutural que apresenta menor impacto na emissão de poluentes, consumo de energia, custo e conteúdo de mão de obra.

A evolução histórica do concreto, desde a sua descoberta até o uso, elevou o conhecimento em direção a utilização de materiais mais complexos. Estudos de laboratório desenvolvidos por Kouli e Fitikos (1998) revelaram a qualidade do concreto em obras construídas em anos a.C e que apresenta, até hoje, bom desempenho físico-mecânico.

Para obter os resultados estabelecidos no projeto nos quesitos de trabalhabilidade, resistência, durabilidade e desempenho do concreto em obras civis, é indispensável o planejamento de como vai ser realizada a produção e controle do concreto.

De acordo com Vaz e Arantes (2014), recomenda-se que o projetista especifique de forma clara e correta as características desejáveis do concreto, estabelecendo idades de controle e os seus limites de resistência aceitáveis, parâmetros utilizados em projeto como classe de agressividade ambiental, fator água cimento, classe do concreto e consumo mínimo de cimento, além de outros como dimensões máximas de agregados, módulo de elasticidade e cobrimento mínimo de armadura.

Conforme a NBR 7212 (ABNT, 2012) – Execução de concreto dosado em central - Procedimentos, é necessário o cuidado com a trabalhabilidade do concreto e seu ajuste quando houver necessidade de repor a água perdida por evaporação.

A qualidade da edificação pode ser afetada por diversos fatores, inclusive pelas características dos materiais utilizados. Segundo Filho (2002), os materiais e componentes se apresentam no mercado na forma de diversos produtos, tais como: areia e brita (materiais naturais), cimento e aditivos (materiais industrializados), é imprescindível a escolha de fornecedores considerando a confiabilidade, capacidade de fornecimento, recursos necessários, tempo de entrega, preço, existência de

sistema da qualidade, experiência anterior e reputação.

3.1. CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO

A globalização teve grande influência no que diz respeito à evolução do controle tecnológico que aconteceu juntamente com a busca da qualidade na construção civil. Segundo Ades (2015), esse acontecimento mundial proporcionou não só melhorias científicas, mas também uma maior concorrência no mercado, e essa constante mudança só reforça o conceito de que qualidade é adequação ao uso.

Conforme Helene e Terzian (1993), o marco inicial do avanço da tecnologia no Brasil tem total ligação com a instalação do Gabinete de Resistência dos Materiais pela Politécnica da Universidade Católica (atual USP) em 1899. A partir daí, surgiram vários movimentos em benefício do controle tecnológico, como o Manual de Resistência dos Materiais que possui informações de estudos relacionados a agregados naturais brasileiros, madeiras e sobre concreto.

Os primeiros estudos de dosagem de concreto foram realizados em 1927, de acordo com Ades (2015), essas importantes pesquisas e ensaios realizados na época levaram à criação da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

A NBR 12655 (ABNT, 2015) Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento, é um regulamento que abrange o preparo, o controle e o recebimento do concreto, contempla os ensaios de controle de aceitação e alguns cálculos de resistência. Além disso, apresenta diversos fatores que colaboram diretamente na qualidade do elemento produzido, tais como as características dos materiais, fator água/cimento (a/c), módulo de elasticidade, dimensão máxima características dos agregados, estocagem, informações relacionadas a dosagem, materiais e mistura. Para tanto, especifica os ensaios de consistência por meio do abatimento do tronco de cone (slump test), subitem 5.2, e ensaio de resistência à compressão, subitem 5.3, através de amostras de corpo de prova.

3.2. ESTUDO DE DOSAGEM DO CONCRETO

O estudo de dosagem do concreto é realizado através de procedimentos que visam obter a melhor proporção entre os materiais construtivos. Essa proporção pode ser expressa por massa ou volume.

Conforme Recena (2011), o termo dosagem deve ser entendido como o proporcionamento ou o ato de estabelecer as doses de material.

Segundo Tutikian (2011), no Brasil ainda não há especificações de como deve ser um estudo de dosagem, e essa inexistência de procedimentos e parâmetros regulamentados tem levado vários pesquisadores a proporem seus próprios métodos aumentando, assim, a diversidade de métodos de dosagens.

A NBR 12655 (ABNT, 2015) – Concreto de cimento portland – preparo controle e recebimento – classifica o concreto em função das condições de preparo, levando em consideração, primeiramente, a maneira como os materiais são proporcionados, se em massa ou volume. Definidas as condições de preparo, é possível calcular o valor médio esperado para a resistência à compressão do concreto, sendo que, quanto maior a precisão no proporcionamento dos componentes do concreto, menor a variação esperada na resistência.

O principal objetivo do estudo de dosagem deve ser a obtenção da mistura ideal e mais econômica com os materiais disponíveis visando atender os requisitos que são determinados de acordo com a complexidade da obra.

3.3. ENSAIO DE CONSISTÊNCIA PELO ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE

De acordo com Romano (2011), o concreto é uma suspensão fluida reativa, cuja consistência é modificada pela atuação do cimento, que em função do tempo (trabalhabilidade) pode afetar o desempenho final das peças moldadas.

Todos os concretos necessitam de uma certa trabalhabilidade adequada à sua aplicação. No Brasil, adota-se a consistência do concreto no estado fresco como parâmetro principal para a trabalhabilidade, podendo ser obtida através do ensaio

em conformidade com a ABNT NBR NM 67:1998 – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.

Conforme Zalaf e Filho (2014) o ensaio do abatimento de tronco de cone determina a fluidez e consistência do concreto, permitindo que se controle a uniformidade do mesmo, sendo que tal ensaio tem como principal objetivo apresentar procedimentos simples e convincentes para se controlar a compatibilidade da produção do concreto em diferentes betonadas.

De acordo com Vaz e Arantes (2014), é recomendável que seja feita, pelo projetista, a especificação objetiva e correta do concreto, devendo estabelecer idades de controle e os seus limites de resistência aceitáveis, critérios utilizados em projeto como classe de agressividade ambiental, fator água cimento, classe do concreto e consumo mínimo de cimento, além de outros como dimensões máximas de agregados, módulo de elasticidade e cobrimento mínimo de armadura. São também recomendáveis o cuidado com o seu ajuste quando houver necessidade de repor a água perdida por evaporação durante o transporte.

Os conceitos de consistência e trabalhabilidade surgem da necessidade de características desejáveis do concreto. Consistência tem a ver com facilidade de escoamento, coesão, enquanto que trabalhabilidade se refere à adequação do concreto em todas as etapas de mistura, transporte, lançamento e acabamento.

3.4. ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A resistência do concreto é o parâmetro mais empregado para avaliar a dosagem, qualidade dos materiais e controle da qualidade do concreto.

De acordo com Andrade (2011) o concreto mostra-se como sendo um material que pode ser ajustado para atender uma série de necessidades. Esses ajustes podem ser obtidos através de uma combinação adequada de materiais, considerando a melhor relação custo-benefício.

No Brasil, os métodos para a obtenção da resistência à compressão do concreto estão especificados na ABNT NBR 5738: 2003 – Concreto – procedimentos e cura dos corpos de prova, enquanto que a amostragem do concreto para os

ensaios é descrita na NBR 12655 (ABNT, 2015) – Concreto de cimento portland – preparo controle e recebimento – que define a divisão da estrutura em lotes, onde deve ser retirado de cada um, uma amostra com números de moldes conforme o tipo de controle feito.

Conforme Zalaf e Filho (2014), o propósito de monitorar a resistência à compressão do concreto é a uniformidade dos valores característicos da resistência à compressão de um certo volume de concreto, com o objetivo de contrastar esse valor com os parâmetros especificados no projeto estrutural, o qual deve ser tomado como referência para o dimensionamento da estrutura.

Todas as atividades que envolvem o ensaio de resistência à compressão devem ser padronizadas, de forma que não ocorram diferenças devido a procedimentos inadequados de preparação e execução.

Com base no objetivo do ensaio, o conhecimento da resistência do concreto é imprescindível, pois nos elementos estruturais o concreto é solicitado e deve ter capacidade para suportar as cargas aplicadas sobre ele, sem que o mesmo entre em colapso ou atinja o estado limite de serviço.

3.5. DURABILIDADE E VIDA ÚTIL DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

O estudo da durabilidade e das metodologias de previsão da vida útil das estruturas de concreto são imprescindíveis para auxiliar na previsão do comportamento do concreto em longo prazo, prevenir manifestações patológicas precoces nas estruturas e contribuir para a economia, sustentabilidade e durabilidade das estruturas.

De acordo com Ades (2015), a atuação de uma edificação é a interpretação das necessidades humanas e abrange diversas premissas, como estanqueidade, estabilidade estrutural, desempenho acústico, ambiental, segurança no uso e operação, dentre outros. Durabilidade e vida útil são concepções que devem estar sempre relacionadas, não é possível que uma edificação tenha vida útil adequada sem ter um bom desempenho.

Para a ABNT NBR 6118 (2007) – Projeto de estrutura de concreto -

Procedimento, durabilidade consiste na habilidade da estrutura suportar as solicitações ambientais previstas e definidas em conjunto com o autor do projeto e o contratante. E vida útil é o período de tempo que se preserva as propriedades das estruturas de concreto, desde que atendido as exigências de manutenção e uso estabelecido pelo projetista e pelo consumidor.

As estruturas devem ser projetadas e construídas sob as circunstâncias ambientais estabelecidas no período do projeto e utilizadas conforme preconizado em projeto para que conserve sua segurança, estabilidade e aptidão durante toda a vida útil. É importante salientar a necessidade de orientações quanto aos requisitos de uso e manutenção, pois há interdependências entre projeto, produção, uso e agressividade do ambiente.

Sendo assim, de acordo com Medeiros (2011), há necessidade de identificar, estimar, e especificar o nível de agressividade do ambiente, mas também é imprescindível conhecer o concreto e sua resistência, estabelecendo então a correspondência entre ambos.

3.6. PATOLOGIAS DEVIDO A NÃO CONFORMIDADE EM CONCRETOS

As falhas no controle tecnológico do concreto podem vir a provocar problemas na estrutura da edificação, que podem ser denominadas como patologias na construção. A observação dessas patologias, ainda no período de execução, resultará em gastos adicionais e atrasos no cronograma da obra, e esses prejuízos são proporcionais ao tempo para o diagnóstico das mesmas.

O estudo das patologias na construção civil pode também ser entendido como a análise de sintomas, manifestações, origens e causas dos defeitos que ocorrem nas construções. De acordo com Zalaf e Filho (2014), em grande ou pequena escala, os problemas patológicos estão presentes na maioria das edificações, variando o seu período e forma de se manifestar.

Está explícito na NBR 12655 (ABNT, 2015) – Concreto de cimento portland – preparo controle e recebimento – que muitas patologias no concreto podem ser evitadas com um adequado controle tecnológico, uma vez que: a resistência abaixo

da determinada em projeto pode causar fissuras ou rompimentos; dimensões dos agregados acima do especificado pode provocar fissuras e surgimento de vazios; impurezas nos materiais dificulta a hidratação do cimento, causa eflorescência, provoca corrosão da armadura e desgaste superficial.

Para Nascimento (2012), problemas com o não atendimento do fck pode estar relacionado a falha no processo de controle tecnológico e ao não seguimento dos procedimentos normalizados. A não conformidade dos concretos resulta em comprometimento do nível de segurança, refletindo em perdas econômicas relacionadas a reforços estruturais, tempo perdido, comprometimento da imagem da empresa e às patologias relacionadas.

Conforme Fortes (1996), é essencial para o sucesso de uma obra, que além do projeto elaborado de maneira adequada, que seja exercido o controle de sua execução, e que isso só será possível executando-o de maneira correta, consciente e idônea. Na maioria dos casos, os motivos das patologias são evidentes e poderiam ter sido evitadas pela escolha cuidadosa dos materiais empregados e dos métodos de execução, pela elaboração de um projeto detalhado ou por um bom programa de manutenção.

4. METODOLOGIA

A presente pesquisa foi realizada através de análise prática de caráter exploratório, perfazendo um caminho de comparação entre como é preparado o concreto no canteiro de obra de uma construtora da cidade de Ariquemes/RO e as metodologias sugeridas pelas normas regulamentadoras.

Assim, visando uma melhor análise acerca do estudo, foi realizada uma observação do projeto arquitetônico da obra, da dosagem utilizada no concreto aplicado na escada e pilares, o acompanhamento da produção do concreto no canteiro de obra, a coleta das amostras para a realização de ensaios no estado fresco e endurecido referentes aos testes de qualidade do concreto segundo as normas NBR 5738 (ABNT, 2003) – Concreto – procedimentos e cura dos corpos de prova e NBR NM 67(ABNT, 1998) – Concreto – Determinação de consistência pelo abatimento do tronco de cone para o estado fresco e a apuração dos resultados

obtidos nos ensaios no estado endurecido visando a verificação dos valores das propriedades físicas e mecânicas do concreto produzido no canteiro de obra, baseados na NBR 12655 (ABNT, 2015) – Concreto de cimento portland – preparo controle e recebimento.

4.1. CAMPO DE ATUAÇÃO

O estudo prático foi realizado em uma construtora situada na cidade de Ariquemes – RO, a fim de possibilitar a comparação do que acontece nos canteiros de obra e as metodologias previstas em norma.

A empresa selecionada executa serviços de concretagem em edificações diversas, inclusive obras de múltiplos pavimentos. O acompanhamento das etapas de concretagem, acesso às informações da obra, tais como relatórios, projetos, procedimentos e documentação, além das comparações dos resultados obtidos em ensaios e testes com os parâmetros definidos em norma, foram autorizados pelo responsável pela empresa e obra.

4.2. ESTUDO DE DOSAGEM DO CONCRETO

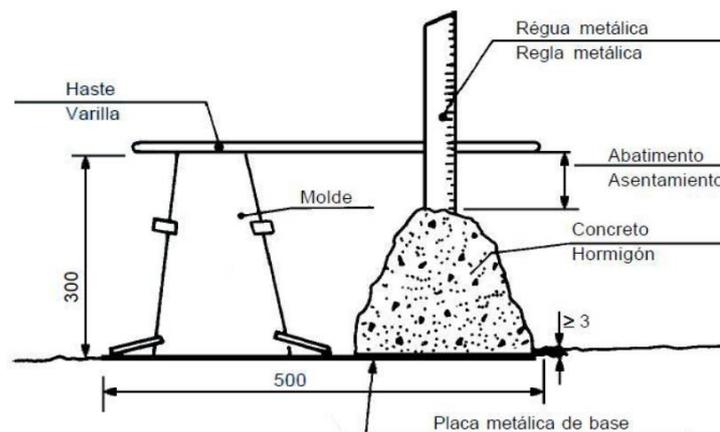
O preparo, controle, recebimento e aceitação do concreto são determinados na NBR 12655 (ABNT, 2015) – Concreto de cimento portland – preparo controle e recebimento –, a qual especifica que a composição de cada concreto a ser utilizado na obra deve ser definida em período anterior ao de início dos serviços de concretagem da edificação.

Para tanto, foi realizada a análise do projeto para identificar se havia especificações técnicas correspondentes a dosagem de acordo com as condições da obra e o acompanhamento das medições em volume dos cimentos e agregados, e a água de amassamento.

4.3. ENSAIO DE CONSISTÊNCIA

Para verificar a consistência e fluidez do concreto, utiliza-se de ensaio prescrito pela norma NBR NM 67 (ABNT, 1998) - Concreto – Determinação de consistência pelo abatimento do tronco de cone para o estado fresco que se embasa, essencialmente, no preenchimento de um molde, no formato de um tronco de cone, em três camadas de igual altura, sendo que cada camada recebe 25 golpes de uma haste padrão, conforme Figura 01. O abatimento do tronco de cone, que também recebe o nome de Slump test, deverá ser realizado na primeira amassada do dia, no primeiro momento para a concretagem da escada e num segundo momento para a concretagem de pilares, ambos ainda no estado fresco.

Figura 01 - Medida do abatimento



Fonte: NBR NM 67 (ABNT, 1998)

Os valores obtidos pela diferença entre as alturas após a retirada do tronco de cone foram comparados com os valores determinados como adequado em função do tipo de elemento estrutural conforme Tabela 01, uma vez que as especificações desses valores não foram encontrados nos projetos arquitetônico e estrutural.

Tabela 01 - Consistência requerida: Slump Test

Elemento estrutural	Abatimento (mm)	
	Pouco armada	Muito armada
Laje	$\leq 60 \pm 10$	$\leq 70 \pm 10$
Viga e parede armada	$\leq 60 \pm 10$	$\leq 80 \pm 10$
Pilar do edifício	$\leq 60 \pm 10$	$\leq 80 \pm 10$
Parede de fundação, sapatas e tubulões	$\leq 60 \pm 10$	$\leq 70 \pm 10$

Fonte: Helene (1980), manual de dosagem e controle do concreto

4.4. ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A NBR 5738 (ABNT, 2003) – Concreto – procedimentos e cura dos corpos de prova, descreve as etapas para moldagem de corpo de prova e posterior aferição da resistência à compressão, sendo essa, segundo Helene (1980) a propriedade que melhor qualifica o concreto e seu controle é imprescindível e ligado diretamente à segurança da estrutura.

A análise do controle de qualidade do concreto foi realizada através da moldagem de 18 corpos de prova cilíndricos, separados em dois grupos com mesma quantidade, com dimensões de 10 x 20cm, utilizando o material produzido, em canteiro de obra, para a concretagem da escada e pilares. Todos os moldes foram devidamente limpos e lubrificados com desmoldantes a base de óleo para facilitar a desforma no dia seguinte.

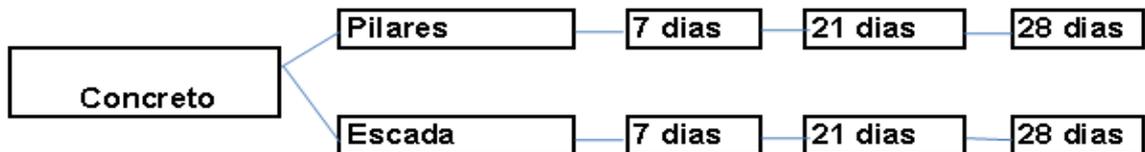
Após 24 horas os corpos de prova foram armazenados em uma bacia com água à temperatura ambiente, conforme Figura 02, para a cura e verificação da evolução das propriedades mecânicas a partir dos valores obtidos no rompimento dos corpos de prova aos 7, 21 e 28 dias, em seu estado endurecido, conforme Fluxograma 01. O acompanhamento das etapas de produção, concretagem e cura é fundamental, uma vez que, de acordo com Azevedo e Diniz (2008), a resistência à compressão do concreto depende do nível de controle de qualidade exercido em todas as fases da produção do concreto.

Figura 02 – Cura dos corpos de prova



Fonte: Autor, 2020.

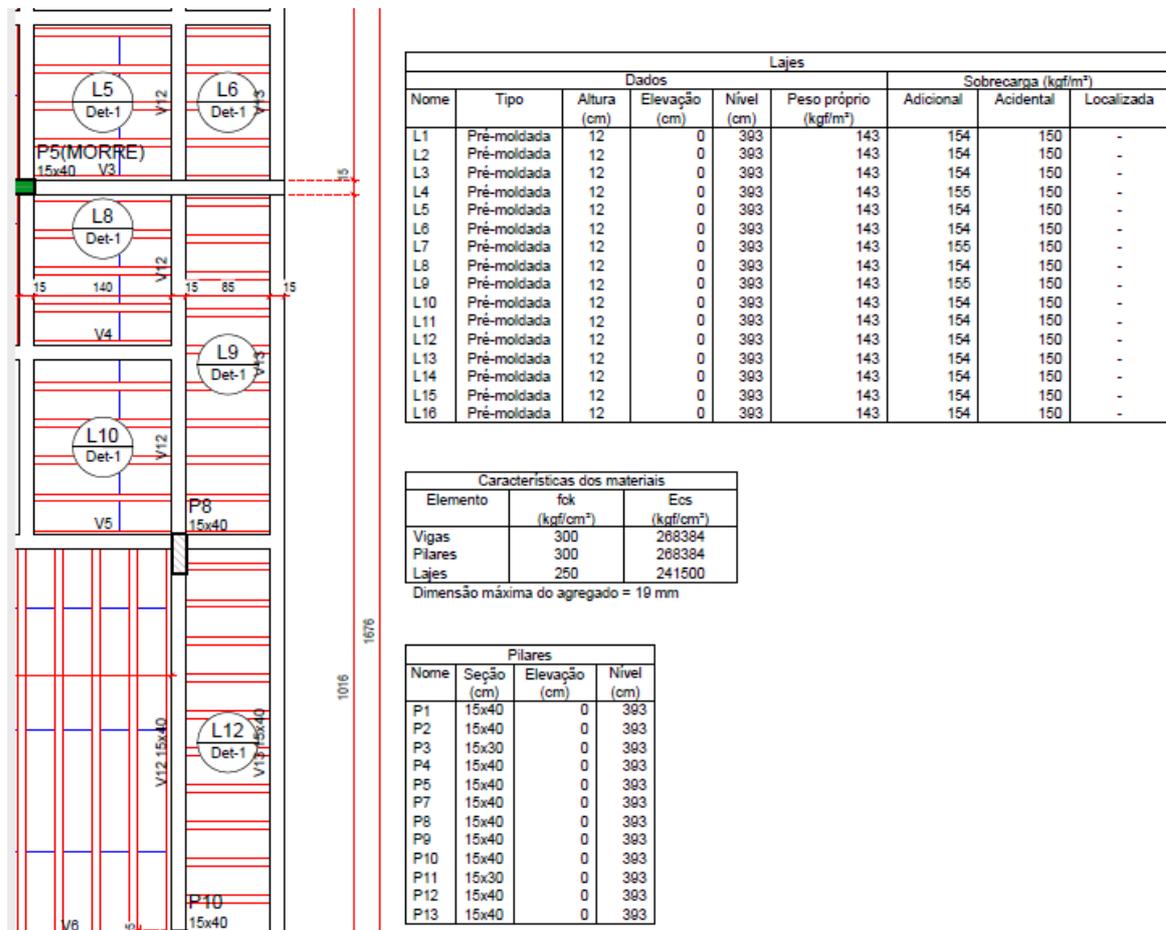
Fluxograma 01 – Idades para rompimento dos corpos de prova



Fonte: Autor, 2020.

Os resultados obtidos após os rompimentos dos corpos de prova foram comparados com os valores especificados, verbalmente, pelos profissionais da construção civil responsáveis pela obra, e confirmados pelo que foi determinado em projeto, o qual solicita 25 MPa para a escada e 30 MPa para os pilares, conforme o recorte das tabelas que especificam as características da laje e dos pilares apresentado na figura 03.

Figura 03 – Especificações da laje e dos pilares



Fonte: Autor, 2020

Além dos valores de resistência à compressão, entre outras informações não relevantes ao estudo, como especificidades do aço, o projeto estrutural também estabelece a dimensão máxima do agregado como sendo 19mm e todo o detalhamento das vigas, pilares e lajes relacionadas ao seu peso próprio, dimensões e nível.

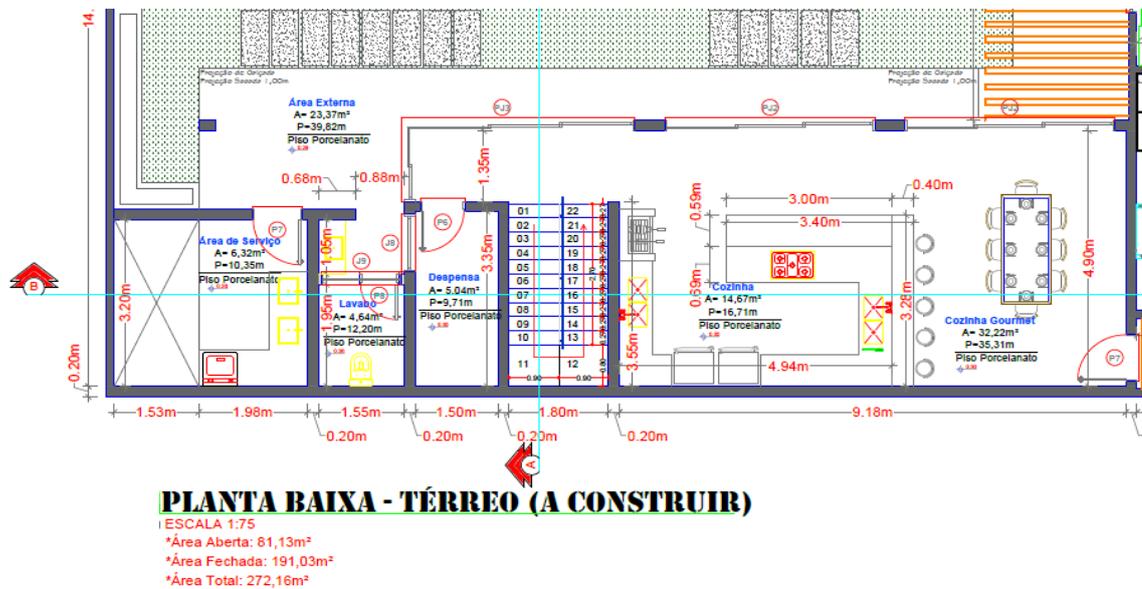
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os ensaios realizados com o objetivo de verificar se há conformidade nos valores físicos e mecânicos do concreto produzido no canteiro de obra foram executados no estado fresco e endurecido, além das análises e acompanhamento durante o desenvolvimento do estudo, como por exemplo, a análise do projeto e

verificação das especificações.

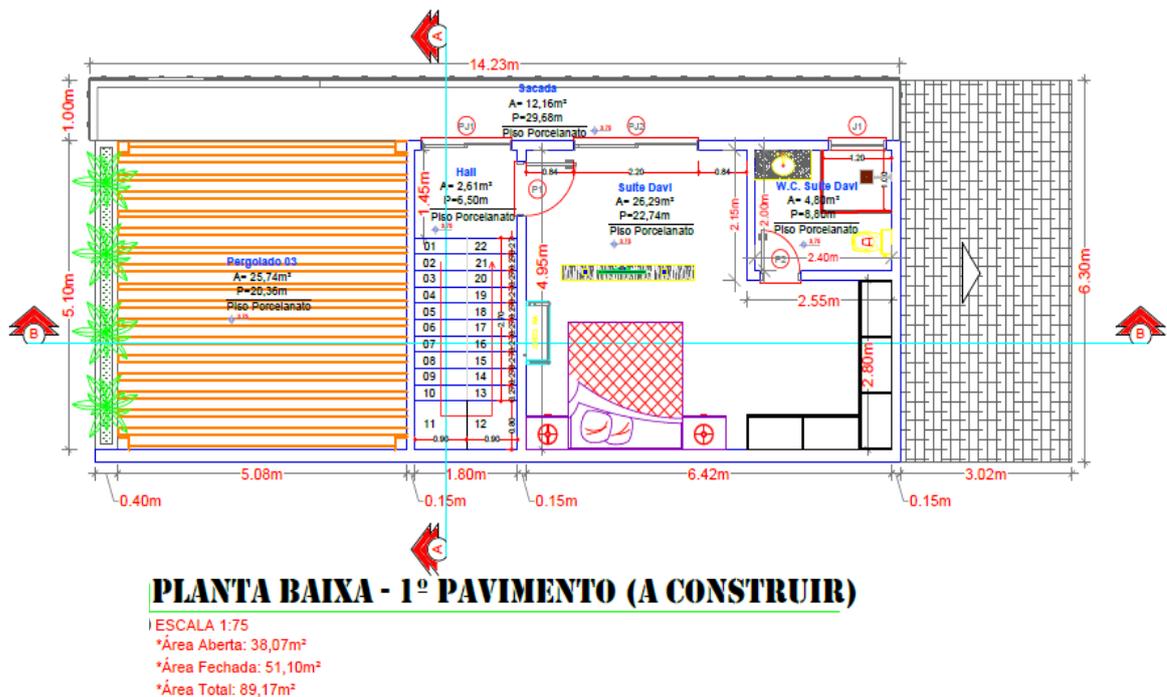
As Figuras 04 e 05 representam um recorte da planta baixa do térreo e 1º pavimento, respectivamente.

Figura 04 – Planta baixa do térreo



Fonte: Autor, 2020.

Figura 05 – Planta baixa do 1º Pavimento



Fonte: Autor, 2020.

As plantas do projeto Arquitetônico fornecem informações referentes às medidas de comprimentos, larguras, áreas, esquadrias, níveis, entre outros. Não é possível obter especificações relacionadas a resistências, dosagens e características dos materiais, entretanto, no projeto estrutural foi possível identificar alguns valores de resistências do aço, suas dimensões e quantitativos, resistência característica do concreto (F_{ck}) para lajes, vigas e pilares e volume.

5.1 DOSAGEM DO CONCRETO

A metodologia necessária para a obtenção da melhor combinação entre os materiais construtivos também é conhecido por traço. No canteiro de obra, os profissionais utilizam padrolas como medida para a produção do concreto.

Segundo Recena (2011), a mistura é sem dúvida uma operação de grande relevância. Se for observada uma correta ordem em que são colocados na betoneira, melhor será a mistura ou o tempo de demanda para esse fim. Esses requisitos podem ser citados como influência sobre seu desempenho, resistência mecânica e durabilidade.

Os materiais utilizados para a produção do concreto foram separados nas suas quantidades indicadas na Tabela 02, sendo eles, cimento, água e agregados: brita 01 com granulometria que, segundo a NBR 7211 (ABNT, 1983) – Agregado para concreto, varia de 4,8mm à 19mm, e areia média variando de 0,15mm à 6,3mm. Na betoneira foram adicionados os materiais, respectivamente, de forma gradativa e nessa ordem: brita, cimento, areia e água até obter a homogeneização.

Tabela 02 - Traço do concreto

	Materiais	Quantidades (padrolas)
1	Água	3
2	Cimento	1 ½
3	Agregado miúdo	2
4	Agregado graúdo	2

Fonte: Autor, 2020.

Não foram encontrados, no projeto arquitetônico ou estrutural, especificações relacionadas à dosagem e ordem dos materiais, porém o valor referente à dimensão máxima do agregado de 19mm foi atendida. O traço utilizado e a ordem de colocação dos materiais é resultado da experiência dos profissionais baseados em práticas construtivas já testadas em construções anteriores.

5.2 ENSAIO DE CONSISTÊNCIA

Todos os concretos exigem uma certa consistência apropriada a cada situação específica e seus condicionantes variam de acordo com a aplicação. A consistência do concreto fresco é uma propriedade relacionada com o estado de fluidez da mistura, que estabelece a capacidade e a homogeneidade com a qual os insumos podem ser misturados, lançados, adensados e acabados.

A consistência do concreto é uma variável de alto grau de dificuldade. No Brasil, adota-se a consistência do concreto fresco, como parâmetro principal, que pode ser obtida a partir do ensaio do abatimento do tronco de cone, seguindo as instruções e especificidades prescritas pela norma NBR NM 67(ABNT, 1998) - Concreto – Determinação de consistência pelo abatimento do tronco de cone, conforme mostra a Figura 06.

Figura 06 – Ensaio de Ababtimento do tronco de cone



Fonte: Autor, 2020.

Em relação ao ensaio de abatimento do tronco de cone para verificar a consistência do concreto, houveram dois momentos: o primeiro para a concretagem da escada obtendo abatimento de aproximadamente 20cm e o segundo para a concretagem de pilares obtendo abatimento de aproximadamente 8cm conforme Figuras 07 e 08.

Figura 07: Concreto para Escada



Fonte: Autor, 2020.

Figura 08: Concreto para Pilar



Fonte: Autor, 2020.

De acordo com o manual de dosagem e controle do concreto, Tabela 01, os resultados obtidos no abatimento do tronco de cone foi satisfatório apenas para o concreto utilizado nos pilares, pois o mesmo limita a no máximo 9cm para pilares e 8cm para lajes (escada). Não houve comparação com os valores especificados em projeto, devido não haver informações tanto no projeto quanto verbal. Dessa forma, foi preferível a utilização do manual de dosagem e controle do concreto como parâmetro.

Segundo Romano (2011), os conceitos de consistência e trabalhabilidade surgem da necessidade de características desejáveis do concreto durante as etapas de mistura, transporte, lançamento, consolidação e acabamento, devido a isso, é comum o surgimento de termos como: concreto pesado, mole, sopa, farofa, seco. A consistência está relacionada diretamente com as necessidades de características para o lançamento do concreto, em muitas situações, é recomendável o uso de aditivos para promover a dispersão e estabilização de suspensões, permitindo assim

a redução da quantidade de água para a obtenção da fluidez necessária à aplicação.

O concreto feito em obra é entendido como a produção de concreto dentro dos limites do canteiro pelos profissionais que ali atuam, seja manual ou utilizando betoneira. Diferente do concreto dosado em central, a realidade a ser considerada é que ainda muito concreto é produzido da maneira mais tradicional possível. A água, muitas vezes, é corrigida mediante estimativa a partir do aspecto do concreto.

5.3 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A moldagem dos corpos de prova aconteceu no canteiro de obra, com amostras retiradas do concreto produzido, em betoneira, para a concretagem da escada e pilares. A Figura 09 ilustra o momento da moldagem, obedecendo todas as especificidades da NBR 5738 (ABNT, 2003) – Concreto – procedimentos e cura dos corpos de prova, a qual descreve as etapas e procedimentos que devem ser seguidos para moldagem de corpo de prova, além do cuidado no armazenamento e transporte dessa peças, pois os corpos de prova são materiais delicados, especialmente nas primeiras horas de cura, toda e qualquer distração pode influenciar na sua resistência característica à compressão

.FIGURA 09 – Moldagem dos corpos de prova.



Fonte: Autor, 2020.

Nas primeiras 24 horas de cura, os corpos de prova permaneceram em

ambiente semelhante ao da sua aplicação, sem qualquer tipo de vibração ou exposição à intempéries. Após esse período foram desmoldados e colocados em um recipiente, submersos em água, até o momento do seu rompimento, conforme especificação em norma.

Os resultados obtidos nos rompimentos dos corpos de prova para análise após a cura em 07, 21 e 28 dias estão descritos na Tabela 03, a qual indica a resistência individual em Tonelada-força (Tf) e Megapascal (MPa), a média entre 03 corpos de prova em Tf e MPa e o desvio padrão. Para este ensaio foram feitos dois lotes: o primeiro lote foi retirado do material confeccionado para a concretagem de uma escada no dia 20 de março de 2020; e o segundo lote foi retirado do material confeccionado para a concretagem de pilares no dia 23 de março de 2020.

TABELA 03: Resultados dos rompimentos dos corpos de prova

Data da moldagem: 20/03/2020 - 1º lote (escada)						
Cura	Rompimento	Tf	Resist. (MPa)	Média (Tf)	Média (MPa)	Desvio Padrão
7 dias	27/03/2020	7,73	9,84	8,92	11,35	1,15
		9,51	12,1			
		9,53	12,13			
21 dias	10/04/2020	8,09	10,30	10,59	13,48	5,62
		11,12	14,15			
		12,56	15,99			
28 dias	17/04/2020	9,46	12,04	10,99	13,99	1,92
		11,63	14,80			
		11,89	15,13			
Data da moldagem: 23/03/2020 - 2º lote (Pilar)						
Cura	Rompimento	Tf	Resist. (MPa)	Média (Tf)	Média (MPa)	Desvio Padrão
7 dias	30/03/2020	8,26	10,52	13,65	17,38	32,46
		13,47	17,15			
		19,22	24,47			
21 dias	13/04/2020	22,52	28,67	24,77	31,54	4,11
		25,83	32,88			
		25,97	33,06			
28 dias	20/04/2020	23,19	29,52	24,39	31,05	1,16
		24,99	31,81			
		24,99	31,81			

Fonte: Autor, 2020

A unidade de medida dos valores informados pela prensa no momento do rompimento dos corpos de prova é Tf. Para converter esses valores para MPa foram utilizadas fórmulas matemática baseados no conceito de que Tensão é igual a Força sobre a área, e após a conversão foi utilizado o método estatístico para calcular a média entre os 03 corpos de prova rompidos em 7, 21 e 28 dias de cura para cada um dos lotes.

Todos os rompimentos foram feitos registros a partir de fotos, assim como a realização dos ensaios e moldagem dos corpos de prova foram gravados e fotografados. Na intenção de não sobrecarregar os resultados com muitas imagens, utilizou-se apenas 02 fotos, Figuras 10 e 11, que comprovam os resultados, menor e maior, obtidos no rompimento dos corpos-de-prova.

FIGURA 10 – Menor Resistência.



Fonte: Autor, 2020.

FIGURA 11 – Maior Resistência.



Fonte: Autor, 2020

Ao analisar os resultados é possível observar que, o concreto produzido para a concretagem da escada obteve resistência 44% inferior ao determinado em projeto que é 25MPa, tendo uma variação na resistência entre a cura aos 7 dias e 28 dias de apenas 18,87%. Já o concreto produzido para a concretagem dos pilares superou em 3,5% o desejado, atingindo 31MPa. Sua variação na resistência entre a cura aos 7 dias e 28 dias foi de 44%.

Essas diferenças nos resultados podem ter ocorrido devido as características dos materiais, por exemplo a umidade dos agregados, os quais não foram mensurados através de ensaios; pode se considerar, ainda, possíveis variações nas quantidades de agregados devido ao uso de padiolas, o que substitui a quantificação, em massa, dos materiais.

Segundo Isaia (2011), nem sempre é possível diminuir o teor de água por questões de trabalhabilidade, devendo se recorrer ao uso de aditivos para aumentar a durabilidade. Percebe-se que a água possui papel ambivalente, pois é necessária para a hidratação propiciando resistência e durabilidade, mas o excesso deixa vazios na pasta que proporciona retração e fissuração podendo trazer consequências danosas para a durabilidade da edificação.

Conforme Tutikian (2011), atualmente no Brasil, ainda não há um estudo fundamentado, publicado e unânime de como deve ser um estudo de dosagem, isso possibilita o uso de diferentes métodos. A consistência de um concreto fresco está relacionada a quantidade de água por m^3 e a resistência à compressão depende essencialmente da relação água/cimento. Portanto, a relação entre as características de resistência e consistência estão relacionadas à quantidade de água, o que por vezes pode satisfazer uma e interferir em outra.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O concreto utilizado para a realização de todos os ensaios foi produzido pelos mesmos colaboradores, no mesmo local, utilizando a mesma ordem dos materiais, dosagem e os mesmos procedimentos e métodos para a realização dos ensaios. É importante frisar que, a empresa escolhida para a pesquisa possui grande experiência no ramo da construção e exerce seu trabalho com compromisso, e o fato de alguns ensaios atenderem aos requisitos e outros não podem estar relacionados a fatores que não foram mensurados na pesquisa, como teor de umidade e características dos materiais, conferência do rasamento das padiolas para que não houvesse variação na quantidade dos materiais e fator água/cimento.

A pesquisa objetivou a realização do controle tecnológico do concreto partindo dos valores obtidos nos ensaios de consistência e resistência à compressão

e sua comparação com as especificidades do projeto estrutural e normas regulamentadoras. Sendo assim, não é justificável o apontamento de tais problemáticas referentes a não obtenção dos valores estimados.

Portanto, visando a obtenção de melhores resultados em pesquisas futuras, sugere-se então, a realização de análise e estudo das características dos materiais utilizados para a produção do concreto, pois, atualmente, o mercado exige concretos de altas resistências e a busca pela melhor alternativa pode se tornar uma atividade muito específica e complexa, porém, garante bons resultados como a segurança e a durabilidade da construção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova.** Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimentos.** Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 7211: Agregado para concreto.** Rio de Janeiro, 1983.

_____. **NBR 7212: Execução de concreto dosado em central - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 12 655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimentos – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR NM 67: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998.

ADES, A. Z. **A importância do controle tecnológico na fase estrutural em obras de edificações.** Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ, 2015.

ANDRADE, J. J. O.; TUTIKIAN, B. F. **Resistência Mecânica do Concreto.** Concreto: Ciência e Tecnologia Vol I. IBRACON, 2011.

AZEVEDO, C. P. B.; DINIZ, S. M. C. **Estudo probabilístico da resistência à compressão de concretos utilizados em fundações.** In: 50º Congresso Brasileiro do Concreto, Anais. Salvador – BA, 2008.

FILHO, H. J. **Cadeias de suprimentos da construção civil: uma proposta para avaliação e seleção de fornecedores de materiais e componentes.** Rio Grande do Sul, 2002. Dissertação (Mestrado) – UFSM.

FORTES, R. M. **Proposta para implementação da qualidade total em laboratórios de ensaio para controle tecnológico.** In: 29ª Reunião do Asfalto, Mar de Prata – Argentina, 1996.

HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto.** Ed. Pini. Brasília, 1993.

ISAIA, G. C. **A Evolução do Concreto Estrutural.** Concreto: Ciência e Tecnologia Vol I. IBRACON, 2011.

KOUI, M.;FTIKOS, C. **Materials and Structures.** Ecological properties of building materials. Cacha: RILEM, v. 20.

MEDEIROS, H. **Doenças concretas**. In: Revista Techné, edição 160, 2011.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concrete: microstructure, properties, and materials**. McGraw Hill, New York, 2006.

NASCIMENTO, P. L. S. **A importância do controle tecnológico do concreto**. UFJF. Juiz de Fora – MG. 2012

RECENA, F. A. P.; PEREIRA, F. M. **Produção e controle de concreto em obras**. Concreto: Ciência e Tecnologia Vol I. IBRACON, 2011.

ROMANO, R. C. O.; CARDOSO, F. A.; PILEGGI, R. G. **Propriedades do Concreto no Estado Fresco**. Concreto: Ciência e Tecnologia Vol I. IBRACON, 2011.

TUTIKIAN B. F.; HELENE P. **Dosagem dos Concretos de Cimento Portland**. Concreto: Ciência e Tecnologia Vol I. IBRACON, 2011.

VAZ, F. H. B.; ARANTES G. M. **Controle e qualidade no recebimento do concreto dosado em central**. Universidade Federal de Goiás. Goiania – GO, 2014.

ZALAF, R. S., FILHO, s. R. M., braz, t. C.. **Estudo do controle tecnológico e recebimento do concreto em obra**. Universidade Federal de Goiás. Goiania – GO, 2014.