



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**MOLDAGEM REMOTA E MOLDAGEM *IN LOCO*: ESTUDO  
COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE MOLDAGEM DE  
CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS DE CONCRETO**

Gabriel de Quadros

Lajeado, novembro de 2020



Gabriel de Quadros

**MOLDAGEM REMOTA E MOLDAGEM *IN LOCO*: ESTUDO  
COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE MOLDAGEM DE  
CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS DE CONCRETO**

Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão II, do curso de Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari – Univates, como parte da exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Rafael Mascolo

Lajeado, novembro de 2020

Gabriel de Quadros

**MOLDAGEM REMOTA E MOLDAGEM *IN LOCO*: ESTUDO  
COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS DE MOLDAGEM DE  
CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS DE CONCRETO**

A Banca examinadora abaixo aprova a Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão II, do curso de Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari – Univates, como parte da exigência para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil:

Prof. Me. Rafael Mascolo – orientador  
Universidade do Vale do Taquari – Univates

Profa. Dra. Emanuele Amanda Gauer  
Universidade do Vale do Taquari – Univates

Profa. Ma. Helena Batista Leon  
Universidade do Vale do Taquari – Univates

Lajeado, 3 de dezembro de 2020

## RESUMO

Em um setor competitivo como o da construção civil, onde a demanda por produtos é intensa, caso das indústrias fornecedoras de concreto pré misturado, é natural que surjam procedimentos que proponham facilitar e/ou baratear os processos usualmente empregados, desde que os mesmos preservem as condições técnicas exigidas pela norma brasileira. Portanto, a presente pesquisa objetiva analisar o método de moldagem de corpos de prova de concreto tradicionalmente empregado no controle tecnológico das empresas fornecedoras de concreto usinado, bem como compará-lo a um método alternativo, de moldagem remota, verificando as interferências nas propriedades físicas e mecânicas do concreto, quando submetido à etapa de transporte ao laboratório ainda em seu estado fresco. Desta forma, o programa experimental realizado envolveu a moldagem de nove corpos de prova de um mesmo lote de concreto em que, destes, três foram moldados pelo motorista operador do caminhão betoneira, três foram moldados pelo laboratorista da empresa e três foram moldados em laboratório, pelo laboratorista, a partir da amostra de concreto fresco transportada. Uma vez que os resultados obtidos para os ensaios de consistência aplicados previamente à cada moldagem apresentaram pequeno decréscimo para o nível de abatimento do concreto, logo, os corpos de prova moldados após a concretagem (moldagem remota) puderam ser preparados sem dificuldades. As análises de variância das resistências à compressão realizadas entre os diferentes níveis de ambiente e moldador, por sua vez, permitiram verificar que a influência de tais variáveis sobre a principal propriedade mecânica do concreto foi não significativa, indicando que há viabilidade técnica para implementação do processo de moldagem remota de corpos de prova no controle interno das empresas fornecedoras de concreto, podendo trazer benefícios econômicos para a mesma.

**Palavras-chave:** Moldagem remota. Moldagem *in loco*. Controle tecnológico do concreto. Estudo comparativo.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>6</b>
1.1 Problema de pesquisa	7
1.2 Objetivos	8
1.2.1 Objetivo geral	8
1.2.2 Objetivos específicos	8
1.3 Justificativa da pesquisa	8
1.4 Estrutura do trabalho	9
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>10</b>
2.1 Concreto: passado e futuro	10
2.2 Concreto versus economia	12
2.3 Concreto de cimento Portland	13
2.3.1 Definição e composição	13
2.3.1.1 Cimento Portland	14
2.3.1.2 Agregados	15
2.3.1.3 Aditivos e adições minerais	15
2.3.2 Classificações e tipos	16
2.4 Qualidade e tecnologia do concreto	18
2.4.1 Resistência à compressão	20
2.4.2 Trabalhabilidade	21
2.4.3 Durabilidade	22
2.5 Eficiência e produtividade	23
2.5.1 Concreto misturado em obra	23
2.5.2 Centrais dosadoras de concreto	24
2.6 Variáveis que influenciam na resistência do concreto	25
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>28</b>
3.1 Planejamento experimental	28

<b>3.2 Variáveis do experimento</b>	<b>28</b>
3.2.1 Variáveis dependentes	29
3.2.2 Variáveis independentes	29
3.2.3 Variáveis interdependentes	30
<b>3.3 Locais de realização do experimento</b>	<b>30</b>
<b>3.4 Ensaios executados e propriedades avaliadas</b>	<b>31</b>
3.4.1 Procedimentos adotados pelas centrais de concreto	31
3.4.2 Consistência pelo abatimento do tronco de cone	31
3.4.3 Moldagem e cura dos corpos de prova	32
3.4.4 Resistência à compressão	32
<b>3.5 Etapas de realização</b>	<b>32</b>
<b>3.6 Análise e tratamento dos dados</b>	<b>35</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>36</b>
4.1 Abatimento	36
4.2 Resistência à compressão	37
4.2.1 Moldagem in loco	37
4.2.2 Moldagem remota	41
4.2.3 Dados históricos	45
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>47</b>
5.1 Conclusões	47
5.2 Sugestões para trabalhos futuros	49
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil, maior gerador de empregos do país, atingiu no final de 2019 o maior nível de atividade dos últimos sete anos, conforme pesquisa realizada pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) com 483 indústrias da construção. A melhora do setor é devida, especialmente, à retomada do mercado imobiliário e quedas recorrentes da taxa básica de juros, que tornaram a impulsionar a criação de novos empreendimentos (VEJA, 2019, 2020).

Em consequência do aumento de obras há também uma demanda cada vez maior pelo concreto que, por sua vez, é peça fundamental para o sistema construtivo mais difundido no Brasil, segundo Santos e Oliveira (2008), o sistema do concreto armado. Porém, apesar de haver significativa oferta deste produto no mercado, especialmente através das centrais dosadoras de concreto, cada vez mais o cliente que empreende no ramo da construção civil busca um produto de qualidade elevada e alta eficiência com o propósito de aumentar a produtividade e os lucros sobre o serviço prestado (REGATTIERI; MARANHÃO, 2011).

Uma maneira de obter tais resultados em um mercado tão acirrado, de acordo com Werner, Nierwinski e Bortolotto (2019), é através da redução dos custos de produção onde, neste cenário, o controle tecnológico do concreto é responsável por certificar que o resultado pretendido pelo cliente - resistência à compressão, em especial - será alcançado. Além disso, a Norma Brasileira determina padrões

mínimos acerca das propriedades de uma mistura de concreto nos estados fresco e endurecido.

Atualmente, em muitos países, a produção do concreto é pré-misturada, realizada por centrais dosadoras, a fim de tirar proveito de uma grande vantagem: melhores condições de controle de produção nas usinas de concreto do que nos canteiros de obra que, por sua vez, tendem a ser cada vez menores e mais congestionados. Além disso, ao levar em consideração o porte e o tipo de uma obra, nem sempre o custo despendido com o controle tecnológico do concreto é vantajoso pois demanda maior controle e supervisão dos materiais e operações, impactando economicamente no orçamento previsto para com o empreendimento (NEVILLE, 2016).

Na sequência do presente estudo, a fim de estudar e comparar o atual processo de moldagem dos corpos de prova de concreto padronizados pelas normas em vigor, será verificado um método alternativo capaz de manter o comportamento esperado do concreto após a fase endurecida, bem como simplificar estas etapas constantemente realizadas dentro da série de atividades que são executadas em uma empresa fornecedora de concreto pré-misturado.

### **1.1 Problema de pesquisa**

As Normas Brasileiras referentes ao tema concreto preveem uma série de requisitos para a execução do concreto dosado em central, que englobam desde etapas como a de armazenamento dos materiais até a etapa de aceitação e recebimento do concreto. Tais etapas incluem a coleta de amostras para moldagem dos corpos de prova, que, por sua vez, nem sempre são acondicionados e transportados de maneira adequada dentro do canteiro de obras. Sendo assim, poderia um método de moldagem de corpos de prova alternativo ser viável tecnicamente se implementado no controle de qualidade interno de uma empresa fornecedora de concreto usinado?

## **1.2 Objetivos**

A seguir encontram-se, respectivamente, os objetivos geral e específicos do trabalho.

### **1.2.1 Objetivo geral**

Analisar as propriedades físicas e mecânicas do concreto usinado comparando o método de moldagem usual com a moldagem remota de corpos de prova.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

O presente trabalho terá como objetivos específicos:

- a) analisar a influência de ambos métodos de moldagem nas propriedades mecânicas do concreto endurecido;
- b) avaliar a viabilidade técnica ao implementar a moldagem remota de corpos de prova no controle de qualidade do concreto;
- c) comparar, através da análise estatística das propriedades mecânicas do concreto, a influência dos operadores responsáveis pela amostra;
- d) observar a influência do transporte entre ambientes nas propriedades físicas do concreto no estado fresco.

## **1.3 Justificativa da pesquisa**

Ao considerar a construção civil como um setor de grande impacto na economia do país e na sociedade, apesar dos movimentos cíclicos de mercado, em geral os cenários dentro dos canteiros de obra não costumam divergir tanto entre si. Desse modo, eventuais problemas relativos ao fornecimento de materiais, execução, compatibilização, mão de obra e, sobretudo, a constante corrida para atender ao cronograma e prazo de entrega do empreendimento são situações comuns dentro dessa rotina.

Porém, por mais agitado que um ambiente de obra possa ser, determinados procedimentos requerem cautela e organização por parte dos profissionais que interagem neste meio, com destaque às etapas de concretagem e especialmente no que diz respeito ao controle de qualidade da mesma. A coleta da amostra e posterior moldagem dos corpos de prova do concreto descarregado pelos caminhões betoneira exigem, segundo a Norma Brasileira, equipamentos e técnicas essenciais para garantia de que as propriedades da amostra coletada serão fiéis às da respectiva estrutura (ABNT, 1998; ABNT, 2015).

Em virtude disso, a pesquisa pretende determinar, através de um procedimento semelhante ao que se encontra em vigor, quais as implicações em transferir a moldagem de corpos de prova de um ambiente que em situações normais é capaz de apresentar características adversas [moldagem *in loco*; na obra] para um ambiente de controle mais rigoroso [moldagem remota; em laboratório].

#### **1.4 Estrutura do trabalho**

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos. O primeiro capítulo introduz conceitos gerais sobre o assunto e identifica o problema e a justificativa da pesquisa, bem como descreve os objetivos geral e específicos pretendidos com a mesma e, ainda, apresenta a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo será abordada uma revisão bibliográfica acerca do concreto como material estrutural, sua composição, evolução e a importância da tecnologia e do controle de qualidade na sua fabricação.

O programa experimental realizado está descrito no capítulo três, que apresenta os procedimentos executados em ambos os métodos de moldagem estudados pela pesquisa (moldagem remota e *in loco*).

O quarto capítulo traz os resultados obtidos com base nos ensaios realizados, assim como as suas respectivas análises e discussões. Por fim, no capítulo cinco, são feitas as considerações finais com relação ao trabalho.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo irá tratar a respeito do concreto como material estrutural, sua relação com o desenvolvimento da ciência dos materiais e a importância do mesmo para o crescimento econômico através da exploração das inúmeras propriedades que a tecnologia do concreto e o devido controle de qualidade são capazes de prover ao material.

### 2.1 Concreto: passado e futuro

Desde a Idade da Pedra, o homem – até então dito “das cavernas” –, é obrigado a utilizar de materiais presentes na natureza para suprir suas necessidades básicas e sobreviver. Suas moradias dependiam meramente da ação do tempo ou de ferramentas rudimentares para que as rochas fossem escavadas e os abrigassem (PINHEIRO; CRIVELARO, 2016). Com o passar dos séculos e o surgimento das primeiras civilizações, os produtos que antes eram utilizados da maneira como eram encontrados na natureza passaram a ser aperfeiçoados pelo homem, que os adaptou e modelou de acordo com padrões mais exigentes de durabilidade, resistência e aparência (BAUER, 2019).

Nas primeiras construções apenas pedras eram utilizadas para vencer vãos e cargas elevadas, fazendo com que fosse preciso aperfeiçoar esse sistema para um de mais fácil moldagem e confecção, que foi através da união do barro (de mais fácil trabalhabilidade) às pedras (de resistência elevada). E, após a difusão do uso desse material, novamente surge a necessidade de aperfeiçoá-lo, formando então um ciclo

descrito por Bauer (2019) onde “melhores materiais possibilitam melhores resultados e melhores técnicas, e estas, por sua vez, demandam materiais ainda melhores”.

Na prática, é difícil estimar a origem exata do concreto utilizado nas estruturas, uma vez que o material passou por diversos aprimoramentos ao longo de milhares de anos, de forma que os mais diferentes tipos de matérias primas foram empregadas para constituí-lo, assim como diferentes sistemas construtivos e as mais variadas técnicas adotadas pelo homem (KAEFER, 1998).

Porém, de acordo com Helene e Andrade (2010), foi a partir da descoberta do concreto de cimento Portland no final do século XIX e a constante evolução do material no século seguinte que ficaram evidentes as novas formas de projetar e construir estruturas, tornando o material de tamanho valor para as pessoas que o seu consumo no mundo é inferior apenas ao consumo de água.

Pedroso (2009) afirma que a capacidade plástica do concreto em seu estado fresco, aliada à sua alta resistência após o estado endurecido, são as características que tornam esse material especial, fazendo com que o mesmo seja capaz de ser modelado em diferentes formas e tamanhos e ainda apresentar uma resistência similar à das rochas naturais.

De acordo com Isaia (2011), a difusão do intenso uso do concreto se deu a partir da reconstrução dos países devastados após o término da Segunda Guerra Mundial, especialmente em função de suas propriedades e versatilidade quando combinados com o uso de armaduras de aço, possibilitando a construção de estruturas com maiores vãos e alturas, capazes de resistir à esforços de tração e compressão, simultaneamente.

De fato, a evolução do concreto tem sido muito mais significativa ao longo dos últimos 100 anos, superando qualquer expectativa relacionada à projetos e construções. Entretanto, apesar de ser o mais recente material estrutural no campo da Engenharia, não quer dizer que o mesmo tenha interrompido sua constante evolução, pois ainda é uma tarefa impossível definir um limite para o material.

Algumas características como aumento de durabilidade, recuperação das estruturas e maior compreensão sobre as reações químicas e mecânicas fazem parte dos atuais desafios do concreto contemporâneo, de modo que investir em pesquisas, projetos e construções tende a trazer retorno e expertise acerca do material e tirar o maior proveito possível de seu elevado desempenho (KAEFER, 1998; HELENE; ANDRADE, 2010).

## **2.2 Concreto *versus* economia**

O setor da construção civil sempre obteve um espaço de destaque junto a economia do país, de forma que seu crescimento é refletido em uma maior participação de empresas formais no Produto Interno Bruto (PIB) setorial e no avanço do emprego formal, com carteira assinada. Portanto, estimular o investimento cria um ciclo virtuoso de geração de empregos formais de qualidade, além da melhoria na prestação de serviços à sociedade onde: o fomento à infraestrutura é capaz de aumentar a competitividade da economia; a habitação e saneamento oferecem dignidade e qualidade de vida aos cidadãos; o setor da construção civil, se estimulado, é capaz de abranger 62 outros segmentos da indústria (CBIC, 2020).

Uma vez que é possível relacionar o desenvolvimento econômico do país ao próprio desenvolvimento do setor da construção civil, materiais como cimentos e concretos também têm seu consumo diretamente afetado (TIMERMAN, 2014). Estima-se que, a cada ano, 25 bilhões de toneladas de concretos são produzidas no mundo, o que significa um consumo per capita de 3,8 toneladas de concreto. Além disso, se comparado ao consumo de todos os outros materiais construtivos (madeira, aço, plástico e alumínio), ainda são produzidas duas vezes a quantidade de concreto em relação à soma destes outros materiais, de acordo com a Cement Sustainability Initiative (WBCSD, 2009).

## **2.3 Concreto de cimento Portland**

De acordo com Pedroso (2009) e Lisboa, Alves e Melo (2017) podemos encontrar concreto em basicamente todos os lugares, pois o mesmo está presente em casas de alvenaria, edifícios, pontes, rodovias, usinas hidrelétricas e nucleares, entre outros.

Um princípio importante do concreto é que o mesmo é composto por duas fases distintas: a primeira refere-se às horas iniciais após a hidratação e mistura do aglomerante aos agregados, período em que é possível moldar o concreto e adensa-lo em fôrmas de diferentes dimensões e geometrias. E, após a reação irreversível entre a água e o cimento, na segunda fase, o concreto encontra-se endurecido em uma peça única, atingindo elevada resistência mecânica e ótimo desempenho estrutural (HELENE; ANDRADE, 2010).

Apesar do concreto não ser tão resistente ou tão duro quanto o aço, há pelo menos três razões principais que tornam o concreto tão difundido no cenário global segundo Mehta e Monteiro (2014). A primeira delas refere-se à excelente resistência à águas agressivas em comparação ao aço e a madeira, tornando o seu uso intenso tanto em ambientes industriais quanto naturais. O segundo ponto relevante para a volumosa utilização do concreto refere-se a sua capacidade plástica no estado fresco que permite obter peças de diferentes geometrias e dimensões através do auxílio de fôrmas que, após o endurecimento da mistura, podem ser removidas e reaproveitadas. A grande oferta e facilidade de se obter os materiais constituintes aliadas ao baixo custo dos mesmos podem ser citados como terceiro ponto favorável à utilização do concreto.

### **2.3.1 Definição e composição**

A mistura entre água e cimento Portland resulta em uma pasta que, para dar origem ao concreto, precisa ainda ser acrescida de agregados de dimensões diversas - usualmente nomeados agregado graúdo e miúdo. Além disso, o material

pode conter ainda aditivos, adições minerais, fibras, pigmentos e agregados especiais que são de uso cada vez mais comum (NEVILLE; BROOKS, 2013).

O primeiro passo para a produção de um concreto com características de desempenho estabelecidas é uma cautelosa seleção prévia dos materiais que irão constituir a mistura. A dosagem do concreto ocorre de maneira a encontrar a melhor composição entre os materiais selecionados para que a produção do mesmo atenda os requisitos impostos. Tal prática costuma ser gratificante, uma vez que os efeitos atrelados às práticas de dosagem do concreto costumam interferir diretamente no custo final da mistura bem como em propriedades importantes (MEHTA; MONTEIRO, 2014). Os autores afirmam ainda que:

O objetivo geral da dosagem do concreto pode, portanto, ser resumido em selecionar os componentes adequados entre os materiais disponíveis e determinar a combinação mais econômica que produzirá o concreto com certas características mínimas de desempenho (MEHTA; MONTEIRO, 2014, p. 354).

### **2.3.1.1 Cimento Portland**

Os cimentos, de maneira mais ampla, são materiais com características adesivas e coesivas capazes de unir fragmentos minerais em forma de uma única unidade compacta, porém, essa definição abrange todo e qualquer tipo de material cimentício. O calcário é um dos principais componentes dos cimentos que são utilizados na área da construção e possuem a capacidade de reagir e endurecer inclusive quando submersos em água, sendo denominados como cimentos ou aglomerantes hidráulicos (NEVILLE, 2016).

A produção do cimento Portland, comercializado no mundo inteiro, atualmente acontece através da mistura entre um material cálcico e argila, composta basicamente por sílica e alumina, que são moídos até a obtenção de um pó fino o suficiente para então misturá-los em composições adequadas e aquecê-los em forno rotativo a uma temperatura aproximada de 1400°C. Esse processo funde os materiais na forma de clínquer (esferas de 3 a 25 mm compostas basicamente por óxido de cálcio, sílica e alumina) que, após resfriado, recebe certa quantia de sulfato

de cálcio (gipsita), para então serem moídos novamente até a finura adequada do cimento Portland (NEVILLE; BROOKS, 2013).

### **2.3.1.2 Agregados**

A qualidade dos agregados utilizados em uma mistura de concreto, segundo Neville (2016), está intrinsecamente ligada às propriedades finais do mesmo. Uma vez que 75% do volume de um concreto corresponde aos agregados, características indesejadas dos mesmos se tornam mais relevantes e capazes inclusive de limitar a resistência, durabilidade e desempenho estrutural da mistura. Além disso, por razão dos agregados serem mais baratos do que o cimento, economicamente se torna vantajoso ter o maior volume possível de agregados incorporados à mistura.

Outro aspecto positivo são as características físicas, térmicas e químicas dos agregados quando acrescentados ao concreto pois apresentam maior durabilidade e estabilidade de volume do que a pasta de cimento (NEVILLE; BROOKS, 2013). Conforme Mascolo (2012), as propriedades do concreto no estado fresco também são afetadas uma vez que textura, formato, tamanho e granulometria dos grãos influenciam na quantidade de pasta presente no concreto e, conseqüentemente, no teor de argamassa do traço.

### **2.3.1.3 Aditivos e adições minerais**

Além dos materiais tradicionais componentes do traço do concreto que são cimento, água e agregados, a aplicação de aditivos químicos e adições minerais nas misturas têm se tornado cada vez mais populares. Quando incorporados esses materiais no concreto de maneira correta, as propriedades do mesmo tendem a desempenhar melhor através de ganhos de plasticidade, sem alteração da relação água cimento e, como resultado, ocorre também o ganho de resistência (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

No caso das adições minerais, segundo Dal Molin (2011), vantagens como a redução do volume de extração de matérias-primas utilizadas na indústria da construção civil, a incorporação de resíduos siderúrgicos, que não possuem um descarte adequado no meio ambiente, na composição de cimentos e concretos e, ainda, a preservação dos recursos naturais limitados, são capazes de reduzir o impacto ambiental causado por esse setor. Além disso, em um contexto técnico, as adições minerais quando parte da composição do concreto produzem melhores características como: menor porosidade e diminuição do calor de hidratação, responsável por fissuras de origem térmica.

Já os aditivos químicos, em um cenário contemporâneo, são parte indispensável na composição do concreto, pois proporcionam características únicas à mistura que, por sua vez, pode ser de consistência seca ou até autoadensável. Em geral, estes produtos são classificados conforme a sua função, que pode ser: incorporar ar, reduzir água, retardar o tempo de pega, inibir a corrosão ou as reações álcali-silica, reduzir a retração e/ou permeabilidade, dentre outros (HARTMANN *et al.*, 2011).

### **2.3.2 Classificações e tipos**

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR 8953 (ABNT, 2015), estabelece parâmetros para classificação dos concretos em função da sua consistência, resistência à compressão axial e massa específica. O valor da resistência à compressão característica do concreto ( $f_{ck}$ ), que representa a probabilidade de 95% dos corpos de prova atingirem a resistência, é estabelecido conforme o engenheiro projetista e pode ser classificado em dois grupos, conforme o Quadro 1

Quadro 1 - Classificação do concreto segundo a classe de resistência à compressão

<b>Grupo I</b>	<b><math>f_{ck}</math> (MPa)</b>	<b>Grupo II</b>	<b><math>f_{ck}</math> (MPa)</b>
C20	20	C55	55
C25	25	C60	60
C30	30	C70	70
C35	35	C80	80
C40	40	C90	90
C45	45	C100	100
C50	50		

Fonte: NBR 8953 (ABNT, 2015, p. 2).

A NBR 8953 (ABNT, 2015) permite também classificar o concreto quanto à sua classe de consistência, estimada através do ensaio de abatimento pelo tronco de cone, e indica ainda o tipo de uso mais recorrente de cada classe, conforme ilustrado pelo Quadro 2:

Quadro 2 - Classificação do concreto segundo a classe de consistência

<b>Classe</b>	<b>Abatimento (mm)</b>	<b>Aplicações típicas</b>
S10	$10 \leq A < 50$	Concreto extrusado, vibroprensado ou centrifugado
S50	$50 \leq A < 100$	Alguns tipos de pavimentos e de elementos de fundações
S100	$100 \leq A < 160$	Elementos estruturais com lançamento convencional do concreto
S160	$160 \leq A < 220$	Elementos estruturais com lançamento bombeado do concreto
S220	$\geq 220$	Elementos estruturais esbeltos ou com alta densidade de armadura

Fonte: NBR 8953 (ABNT, 2015, p. 3).

A Norma estabelece ainda a classificação do concreto quanto à sua massa específica, dividindo o material em três grupos, conforme Quadro 3 (ABNT, 2015):

Quadro 3 - Classificação do concreto segundo a massa específica

<b>Classificação</b>	<b>Massa Específica, <math>\rho</math> (kg/m<sup>3</sup>)</b>
concreto leve (CL)	$\rho < 2000$
concreto normal (C)	$2000 \leq \rho \leq 2800$
concreto pesado ou denso (CD)	$\rho > 2800$

Fonte: NBR 8953 (ABNT, 2015, p. 2).

Por fim, além dos conceitos e divisões implícitos nas normas técnicas referentes ao tema concreto, é possível identificar na vasta bibliografia ainda que os autores abordem inúmeros outros tópicos além do concreto convencional, comumente utilizado. Helene e Andrade (2010), por exemplo, mencionam inovações tecnológicas neste ramo por sua vez denominadas como concreto de ultra-alta resistência, alto desempenho, translúcido, reforçado com fibra de vidro, com fibra de aço, concreto autolimpante, concreto de pós reativos, entre muitos outros.

## 2.4 Qualidade e tecnologia do concreto

Segundo Neville e Brooks (2013) e Recena (2017), manter um rigoroso controle de qualidade sobre a execução das misturas de concreto não é recomendado somente para que os parâmetros exigidos por Norma sejam atingidos, mas também para que seja viável economicamente para quem o produz. Além disso, o controle de qualidade empregado no concreto não se restringe somente à etapa de produção, visto que outras causas estão intrinsecamente relacionadas ao surgimento de manifestações patológicas nas estruturas, tendo como exemplo os processos de dosagem, mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura.

O objetivo do controle de qualidade é medir e controlar a variação dos componentes da mistura e das operações que afetam a resistência ou uniformidade do concreto, ou seja, proporcionamento, mistura, lançamento, cura e ensaios (NEVILLE; BROOKS, 2013, p. 331).

Para Helene e Terzian (1992), qualidade pode ser entendida como a compilação entre aspectos de resistência adequada, funcionalidade, condições de habitabilidade, vida útil, baixo custo e preço acessível. Investir em qualidade para obter retorno no médio e longo prazo tende a ser mais vantajoso do que o lucro

imediatos, visto que induz a um maior domínio sobre os produtos, processos e serviços.

Outra perspectiva abordada por Neville (2016) é de que quanto menor for a diferença entre as resistências mínima e média do concreto, menor será o consumo de cimento, e a ferramenta capaz de controlar esse desvio padrão é o controle de qualidade executado através da seleção de materiais e execução da mistura. Nesse aspecto, é importante determinar individualmente os diversos fatores capazes de influenciar na mistura do produto para investigar se, ao adotar medidas que reduzam as interferências, a produção do mesmo será viável economicamente.

De acordo com Helene (2005), pelo fato de, no Brasil, não haver um consenso de como devem ser realizados os procedimentos de dosagem das misturas de concreto, cada pesquisador é induzido a desenvolver seu próprio método de dosagem que, por vezes, são confundidos e impossibilitam uma análise mais aprofundada, no entanto, apesar da diversidade, alguns aspectos de dosagem são comuns à todos. Estes estudos são realizados sempre de modo a obter uma mistura econômica, capaz de atender a uma série de requisitos previamente estabelecidos, que podem ser de maior ou menor complexidade e irão depender do nível de conhecimento de quem solicitou o estudo bem como da dificuldade do trabalho a ser executado. De modo geral, as propriedades esperadas são a resistência mecânica, trabalhabilidade, durabilidade e deformabilidade.

Antes da execução de um traço de concreto determinados fatores costumam ser rigorosamente ponderados. Atrelado juntamente às solicitações mínimas esperadas de um projeto de dosagem, costumam estar os custos da mistura. Logo, quando existe a concorrência entre os fornecedores dos materiais, o que apresentar melhor preço tende a ser escolhido. Para tanto, é imprescindível que os custos a serem analisados compreendam o projeto total, estudado macroscopicamente. Na maior parte dos casos, o corte de custos relacionados à projetos de dosagem estão relacionados a quantidade de cimento Portland - material mais caro - que será empregado na mistura, sendo este frequentemente substituído por materiais

pozolânicos ou resíduos cimentícios como escória de alto-forno e cinzas volantes (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Para Recena (2017) somente é possível realizar um cálculo de dosagem após a determinação de três parâmetros que são: relação água/cimento, teor de água sobre materiais secos e teor de argamassa. Desta forma, tais parâmetros influenciam, direta ou indiretamente, tanto em características objetivas, de fácil mensuração, do concreto (densidade, porosidade, absorção, permeabilidade, entre outros) como em características mais subjetivas (trabalhabilidade e durabilidade) que em geral estão atreladas à aspectos culturais de determinadas regiões ou convencionais de cada equipe de trabalho.

#### **2.4.1 Resistência à compressão**

Segundo Helene e Terzian (1992), independente do método de dosagem utilizado, a resistência de uma estrutura estará intrinsecamente ligada à resistência mecânica dos materiais de construção que foram empregues. A propriedade que melhor qualifica uma mistura de concreto é a sua resistência à compressão que, por sua vez, possui comportamento extremamente sensível a quaisquer fatores externos, resultando em variações de resistência e, conseqüentemente, de qualidade. Tais influências podem ser decorrentes dos mais diversos fatores, que não necessariamente são exclusivos das propriedades dos materiais constituintes da dosagem do concreto, mas também de sua produção, transporte, lançamento, adensamento e cura.

A razão pela qual a resistência à compressão do concreto é interessante para a engenharia de estruturas de acordo com Jacintho e Giongo (2005) é que as demais propriedades estão relacionadas. O concreto apresenta vazios em seu interior, em função da arrumação da pasta de cimento com os agregados, e estes costumam ser a porta de entrada para que os agentes agressivos ajam na deterioração do material de tal modo que sua durabilidade fique comprometida. Portanto, é possível afirmar que propriedades como impermeabilidade e resistência das pastas estão mutuamente relacionadas através da porosidade capilar do

material, que é controlada pela relação água/cimento e pelo grau de hidratação (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Para Recena (2017), Neville (2016) e Mehta e Monteiro (2014), apesar de diversos fatores influenciarem na resistência final do concreto, as ferramentas utilizadas para elaboração das dosagens costumam levar em consideração apenas dois fatores que são a relação água/cimento e o grau de adensamento (teor de ar incorporado). Desta forma, fica estabelecido que a resistência à compressão de uma mistura de concreto é inversamente proporcional à sua relação água/cimento.

#### **2.4.2 Trabalhabilidade**

Um concreto trabalhável é aquele cujo a mistura é capaz de ser facilmente adensada. Porém, essa pode ser uma descrição rasa para referir-se à uma propriedade importante do concreto considerando que a trabalhabilidade pode ser relativa a diferentes ocasiões, geometrias, fôrmas e equipamentos, por exemplo. Uma vez que o grau de adensamento de um concreto é capaz de influenciar em sua resistência, é de fundamental importância que a consistência da mistura seja adequada para realizar as etapas de transporte, lançamento, adensamento e acabamento de maneira facilitada, sem que ocorra a segregação dos materiais. Portanto, para peças estruturais, o concreto deve apresentar fluidez e coesão, que referem-se, respectivamente, à capacidade de mobilidade e à resistência à exsudação e à segregação (NEVILLE, 2016; GUIMARÃES, 2005).

A trabalhabilidade do concreto, enquanto em seu estado fresco, é capaz de alterar tanto o custo quanto a qualidade final de um projeto. Ao imaginar uma situação onde o lançamento e o adensamento do concreto estão comprometidos, em razão de uma trabalhabilidade limitada, efeitos colaterais como perda de resistência, durabilidade e aparência do concreto serão evidentes, além da elevação do custo para manipulação do concreto. Deste modo, apenas conhecer os procedimentos de dosagem do concreto não é o suficiente, uma vez que princípios básicos também devem ser seguidos. De um modo geral tais considerações envolvem i) uma consistência que não seja superior à necessária para facilitar as

etapas de aplicação, compactação e acabamento; ii) um correto proporcionamento entre os agregados do traço; e iii) a utilização de aditivos, pois toda a água não prevista no projeto de dosagem que for acrescentada ao traço é responsável pela perda de desempenho do mesmo (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

### **2.4.3 Durabilidade**

Para que o projeto de uma estrutura de concreto seja idealizado é indispensável que o ambiente onde a mesma estará inserida seja conhecido, tendo em vista a capacidade de impactar consideravelmente a vida útil do material que, em situações normais possui excelente durabilidade (LIMA, 2005). Para Neville (2016) um concreto considerado durável é aquele capaz de resistir aos processos de deterioração dos quais estará sujeito durante o tempo pelo qual foi especificado, desempenhando ainda suas funções previstas de resistência e utilização. As causas para uma durabilidade deficiente do concreto estão atreladas a três fatores que podem ser físicos, químicos ou mecânicos e, além disso, podem ocorrer de forma interna ou externa no material.

Em geral, as estruturas de concreto não costumam apresentar em seus traços de dosagem o parâmetro durabilidade como essencial ao serem projetadas para uso em ambientes não agressivos. Esse fato é resultado de que, através da relação água/cimento adotada, não somente a resistência à compressão especificada será atendida, mas também os parâmetros de durabilidade esperados. Porém, certas situações e ambientes adversos - geralmente relacionados a ataques químicos de sais e águas ácidas ou sulfatadas -, são capazes de reduzir a vida útil do concreto, exigindo um maior rigor em relação à sua durabilidade. Desta forma, acaba sendo exigido do concreto uma relação água/cimento menor do que a que seria necessária para que apenas sua resistência mecânica fosse alcançada (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

## **2.5 Eficiência e produtividade**

De acordo com Teixeira (2009), a indústria da construção representa forte estímulo à economia brasileira através do encadeamento produtivo e estabilização de renda e empregos. Em um mercado aquecido como o contemporâneo, cada vez mais o nível de concorrência aumenta, bem como a exigência por parte dos consumidores. Logo, um dos maiores desafios encontra-se em alinhar uma gestão de custos eficiente à uma maximização da produção sem perda de eficiência e produtividade.

O gerenciamento da produção, tendo em vista os critérios estabelecidos de competitividade, possibilita melhor analisar os produtos e a demanda do mercado e, com isso, os sistemas produtivos são impactados diante de tal planejamento e controle. Logo, a necessidade de ampliar o desempenho das organizações referente à qualidade e produtividade tem crescido (ANTUNES JUNIOR; KLIPPEL, 2006; OLIVEIRA; BRITO; BEZERRA, 2012).

### **2.5.1 Concreto misturado em obra**

Apesar da maior parte do volume de concreto consumido atualmente ser produzido pelas centrais dosadoras, ditas concreteiras, há situações em que essas empresas demonstram pouco interesse no fornecimento do material, especialmente em obras distantes ou quando o volume de concreto é pequeno, tornando inviável o uso de um caminhão betoneira para tal atividade. Nestes casos a produção do concreto necessita ser realizada dentro do canteiro de obras, através do emprego de betoneiras de queda livre (RECENA, 2017). Em períodos de economia desaquecida, quando há menor demanda pelo concreto pré-misturado, segundo Recena e Pereira (2011) é possível obter os serviços de concretagem inclusive para menores volumes de concreto, porém, do contrário, tal contratação se torna mais dispendiosa, especialmente quando envolve a necessidade de bombeamento do material.

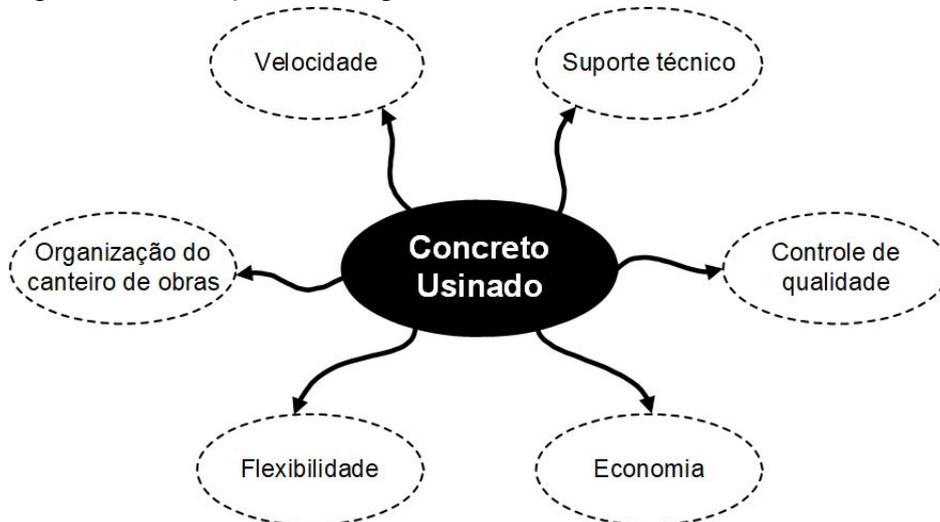
### **2.5.2 Centrais dosadoras de concreto**

O concreto fornecido a partir de centrais é denominado pré-misturado e, além de ser amplamente utilizado, possui inúmeras vantagens quando comparado aos métodos tradicionais. Dentre estes, dois pontos interessantes citados por Neville e Brooks (2013) referem-se ao controle de qualidade rigoroso e consequente redução da variabilidade e a otimização do canteiro de obras, não necessitando de centrais de dosagem e estoque de materiais.

A Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem (ABESC, 2007) diz ainda que a necessidade de racionalizar o canteiro de obras e os custos do empreendimento aliada à constante busca pela qualidade final do produto fazem do concreto pré-misturado um material cada vez mais consolidado no país e destaca vantagens relacionadas à diminuição do número de operários e consequentes encargos sociais nas obras, à eliminação dos desperdícios de agregados e cimento dentro do canteiro, a uma maior agilidade e produtividade da equipe e, conseqüentemente, uma redução do custo total da obra.

A origem do concreto dosado em central, de acordo com Regattieri e Maranhão (2011), deu-se em razão da necessidade que as obras de infraestrutura apresentam de um grande volume de concreto em um espaço curto de tempo, de forma que o material possua ainda a mínima variabilidade de resistência mecânica possível. Além disso, a carência de mão de obra treinada, e a falta de espaço nos canteiros para armazenamento de matérias primas são gargalos que os concretos produzidos em central são capazes de superar. As principais vantagens de se adotar o concreto dosado em central (usinado) são ilustrados conforme a Figura 1:

Figura 1 - Principais vantagens do concreto dosado em central



Fonte: Adaptado pelo autor com base em Regattieri e Maranhão (2011, p. 504).

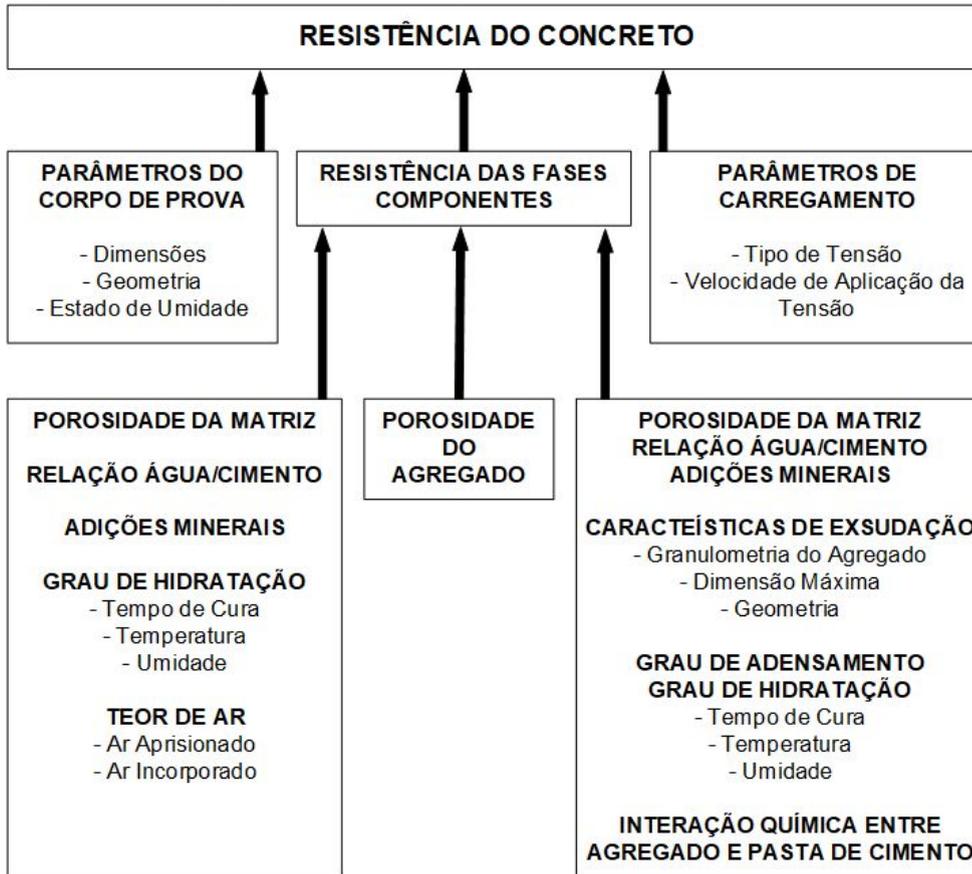
## 2.6 Variáveis que influenciam na resistência do concreto

Como já mencionado, a resistência do concreto endurecido em uma determinada idade, aliado a uma trabalhabilidade que possibilite a execução de determinada estrutura, são os requisitos mais exigidos a partir da dosagem dos diferentes traços de concreto (MEHTA; MONTEIRO, 2014; NEVILLE, 2016). Para que um concreto seja considerado adequado, a NBR 12655 (ABNT, 2015) estabelece parâmetros de preparo, controle, recebimento e aceitação dos concretos de cimento Portland (misturados em obra, pré-misturados ou pré-moldados), bem como os devidos procedimentos que o envolvem, incluindo, portanto, a resistência à compressão do concreto.

Neville (2016) diz ainda que, independentemente do ensaio realizado, os resultados obtidos devem ser analisados estatisticamente e que o simples fato de um resultado ser maior do que outro não implica em uma diferença significativa, podendo ser decorrentes de uma aleatoriedade natural. A variabilidade da resistência à compressão do concreto pode ser consequência de diversos fatores e, dentre estes, encontram-se a variação entre os materiais constituintes da mistura, mudanças na produção e no lançamento do concreto, a inconstância na coleta da amostra, e também, a variabilidade referente ao próprio ensaio (NEVILLE; BROOKS,

2013). A Figura 2 ilustra alguns fatores capazes de influenciar na resistência mecânica do concreto:

Figura 2 - Relação dos fatores que influenciam na resistência do concreto



Fonte: Adaptado pelo autor com base em Mehta e Monteiro (2014, p. 69).

Porém, não somente aos materiais componentes do concreto se deve a sua variabilidade de resistência. Todas as etapas que envolvem o ensaio de resistência à compressão precisam ser normalizadas, desde a moldagem dos corpos de prova até sua ruptura. O Quadro 4 apresenta diversos fatores capazes de influenciar na resistência final do concreto, bem como o seu respectivo percentual de efeito sobre o resultado (HELENE; TERZIAN, 1992):

Quadro 4 - Relação dos fatores que influenciam na resistência do concreto

Causas da Variação		Efeito Máximo no Resultado (%)
Materiais	Variabilidade da resistência do cimento	± 12
	Variabilidade da quantidade total de água	± 15
	Variabilidade dos agregados (principalmente miúdos)	± 8
Mão-de-obra e Equipamentos	Variabilidade do tempo e procedimento de mistura	- 30
	Ausência de aferição de balanças	- 15
	Mistura inicial, sobre e subcarregamento, correias, etc.	- 10
Procedimentos de ensaio	Coleta imprecisa	- 10
	Adensamento inadequado	- 50
	Cura (efeito considerado a 28 dias ou mais)	± 10
	Remate inadequado dos topos dos corpos de prova	- 30 (concavidade)
		- 50 (convexidade)
	Ruptura (velocidade de carregamento)	± 5

Fonte: Helene e Terzian (1992, p. 135).

## **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Neste capítulo será tratado o programa experimental da pesquisa realizada de maneira a envolver as variáveis levantadas, bem como os procedimentos que implicam nas propriedades finais de concretos pré-misturados (usinados) entregues por uma concreteira da região do Vale do Taquari, de modo que os objetivos do trabalho sejam atingidos.

### **3.1 Planejamento experimental**

De acordo com Ribeiro e Caten (2011), o projeto de experimentos, por meio de conceitos estatísticos, busca potencializar o planejamento, execução e análise de um experimento, de maneira que uma ordem estruturada de procedimentos e ensaios traduzam os objetivos pré estabelecidos pelo pesquisador. Desta forma, quando realizado de maneira correta, possibilita que ajustes sejam feitos com o propósito de maximizar o desempenho do produto, processo ou serviço prestado que, posteriormente, serão avaliados por sua qualidade e operação.

### **3.2 Variáveis do experimento**

Para melhor análise e compreensão do programa experimental, fez-se necessária a definição de variáveis de estudo. Estas foram divididas em variáveis i) dependentes, ou de resposta, que permitiram quantificar características de qualidade de um produto ou serviço; ii) independentes, ou explicativas, capazes de

influenciar e controlar as variáveis dependentes e; iii) intervenientes, ou não controláveis, que podem alterar as variáveis dependentes e/ou independentes.

### **3.2.1 Variáveis dependentes**

Visando a análise das das propriedades físicas e mecânicas entre dois diferentes métodos de moldagem para concretos produzidos em central de dosagem, como variáveis de resposta apresentadas para pesquisa foram estabelecidas:

- a) abatimento da mistura;
- b) resistência à compressão, aos 28 dias.

A resistência à compressão do concreto em geral é a propriedade mais apreciada do material e costuma apresentar uma noção abrangente sobre a qualidade do mesmo. Outra propriedade importante do concreto refere-se à sua consistência, obtida através do ensaio de abatimento pelo tronco de cone, realizado com a intenção de averiguar a plasticidade do concreto em dois momentos distintos, que foram durante a concretagem, no canteiro de obras, e após alguns instantes, com a amostra do concreto fresco já em laboratório.

### **3.2.2 Variáveis independentes**

Estabelecidas as variáveis dependentes, a etapa seguinte foi estabelecer as variáveis de controle (independentes), que são fatores fundamentais para ocorrência ou causa das respostas esperadas para o experimento. O programa experimental contou com as seguintes variáveis independentes, bem como seus respectivos níveis analisados:

- a) ambiente – 2 níveis: obra e laboratório;
- b) habilidade – 2 níveis: motorista/operador e laboratorista;
- c) tempo de mistura e transporte – 1 nível: entre 30 e 150 minutos;
- d) traço de dosagem – 3 níveis: classes C25, C30 e C35.

Com a finalidade de analisar as variações das propriedades do concreto foram definidos dois ambientes com características distintas: o canteiro de obras e o laboratório de controle tecnológico. Além disso, a intenção de testar dois métodos de moldagem dos corpos de prova implicou em dois operadores com graus de conhecimento e habilidade diferentes para a realização do ensaio na obra e no laboratório, que foram, respectivamente, o motorista operador do caminhão betoneira e um laboratorista responsável por exercer as atividades de um laboratório de concreto. As variáveis traço de dosagem e tempo de mistura/transporte foram definidas conforme o andamento da pesquisa e representam os traços mais utilizados nas obras e o tempo realizado pelo caminhão desde o carregamento até o momento da descarga.

### **3.2.3 Variáveis interdependentes**

São as variáveis não controláveis e que correspondem ao erro do experimento e conseqüentemente da pesquisa. São constituídos por:

- a) fatores climáticos;
- b) caminhões betoneira.

Visto que parte do programa experimental ocorreu em canteiros de obras, e parte em um ambiente com condições ligeiramente mais moderadas (laboratório), variáveis intervenientes como temperatura e umidade relativa não foram controladas. Além disso, os caminhões betoneira utilizados ao longo do experimento foram selecionados pela empresa conforme a disponibilidade e, portanto, apresentaram características distintas como capacidade (volume do balão) e potência (rotações por minuto) capazes de influenciar na mistura do concreto.

### **3.3 Locais de realização do experimento**

Uma vez que o objetivo geral da pesquisa envolveu analisar as variações das propriedades físicas e mecânicas entre concretos de mesmo lote através da comparação entre dois métodos de moldagem, foi imprescindível para a realização do trabalho que houvesse a distinção entre os locais onde as amostras foram

ensaiadas inicialmente. Desta forma, ocorreram primeiramente as moldagens em campo - *in loco* -, nos canteiros de obras, que foram selecionados de acordo com a disponibilidade da empresa para os traços de dosagem mais comercializados. Após, o segundo método (moldagem remota), foi realizado em laboratório e, para isso, a amostra ainda fresca foi transportada imediatamente para o Laboratório de Tecnologias da Construção (Latec), da Univates.

### **3.4 Ensaios executados e propriedades avaliadas**

Para a execução do programa experimental e, conseqüente, avaliação das variáveis de resposta da pesquisa, todos os procedimentos adotados seguiram de acordo com as Normas Técnicas, previamente estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Contudo, uma vez que o objetivo da pesquisa envolve procedimentos alternativos aos que encontram-se em vigor, ainda em revisão pela comissão técnica, estes serão realizados conforme descrito ao longo do trabalho.

#### **3.4.1 Procedimentos adotados pelas centrais de concreto**

A NBR 7212 (ABNT, 2012) estabelece requisitos para empresas que produzem concretos usinados e prestam serviços de concretagem, bem como nos casos em que o executante do empreendimento dispõe de central de concreto no canteiro de obras, prevendo requisitos para a execução das misturas de concreto que englobam desde as etapas de estocagem dos insumos até os critérios finais para aceitação ou rejeição do produto.

#### **3.4.2 Consistência pelo abatimento do tronco de cone**

Antes de iniciarem as moldagens dos corpos de prova de concreto foi realizada a aferição do abatimento do concreto através do tronco de cone "*slump test*", conforme especificado pela NBR NM 67 (ABNT, 1998), em ambos os ambientes de moldagem, conforme especificado no programa experimental.

### 3.4.3 Moldagem e cura dos corpos de prova

Após a coleta da amostra durante o processo de descarga do caminhão betoneira, os corpos de prova foram moldados, tanto na obra como no laboratório, seguindo as especificações da NBR 5738 (ABNT, 2015) e, posteriormente à cura inicial e desmoldagem, todos os exemplares foram submetidos ao mesmo processo e condições de cura.

### 3.4.4 Resistência à compressão

Tendo como principal variável dependente do experimento a resistência à compressão, os exemplares das amostras de concreto coletadas foram compostos por três corpos de prova, sendo três exemplares por lote de concreto, totalizando nove corpos de prova para cada mistura que, aos 28 dias de idade, foram submetidos aos métodos de ensaio da resistência à compressão axial conforme pré estabelecido pela NBR 5739 (ABNT, 2018). A Figura 3 relaciona o tamanho do lote analisado e suas respectivas divisões entre variáveis (ambiente e moldador).

Figura 3 - Exemplo de um lote de concreto analisado



Fonte: Do autor (2020).

### 3.5 Etapas de realização

Tendo em vista que a pesquisa pretendeu avaliar dois procedimentos de moldagem distintos e, conseqüentemente, as influências de tais métodos nas propriedades mecânicas do concreto, foi necessária a preparação inicial das fôrmas cilíndricas de dimensões 10cm de diâmetro por 20cm de altura, que consistiram nos exemplares de concreto moldados, através da aplicação de óleo desmoldante.

A pesquisa experimental teve início após organizados os equipamentos e ferramentas necessários para a realização dos ensaios e uma vez que fosse assegurada a disponibilidade de acompanhamento à obra confirmada pela empresa. A obra, o traço de concreto e o motorista operador do caminhão betoneira foram selecionados de maneira aleatória desde que a mesma oferecesse razoável volume de concreto consumido, fossem comercializados com frequência, e capazes de realizar os procedimentos de moldagem, respectivamente, permitindo desta forma uma melhor amostragem de dados.

Uma vez que o caminhão betoneira era carregado, dosado e dava início ao transporte do concreto até a obra, foram registrados o tempo que o mesmo levava até o destino bem como o instante em que cada método de moldagem ocorreu. Além disso, variáveis interdependentes como temperatura e umidade relativa do ar foram observadas através de equipamento adequado e de acordo com a média relativa do dia, respectivamente.

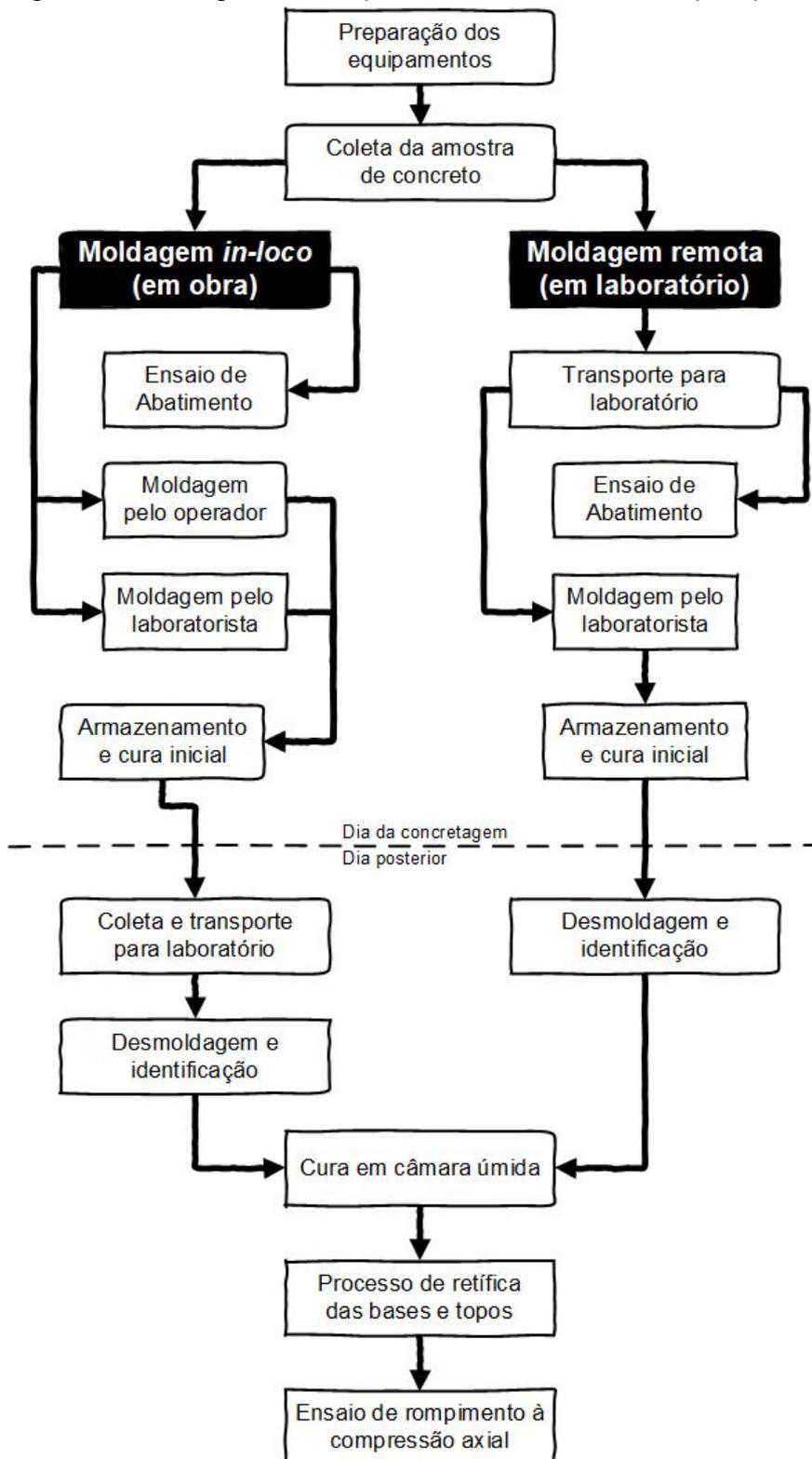
A partir do início da descarga do material, com base na experiência profissional do motorista, a amostra foi coletada aproximadamente no meio do lote de concreto, levando em consideração os parâmetros estabelecidos pela NBR NM 33 (ABNT, 1998). Foi respeitado o volume necessário, com devida margem de segurança, para a moldagem dos corpos de prova e a repetição do ensaio de *slump*. A coleta do concreto foi realizada diretamente no fluxo contínuo da calha do caminhão betoneira, e armazenada em recipiente impermeável e com capacidade térmica.

Imediatamente após a coleta da amostra de concreto a mesma foi homogeneizada com o auxílio de uma concha metálica na intenção de tornar a amostra uniforme e, ao motorista do caminhão betoneira, foi solicitado a realização do procedimento de moldagem de três corpos de prova como usualmente está acostumado a proceder, compondo assim o primeiro exemplar do lote. Na sequência, o laboratorista da empresa responsável pelo fornecimento do concreto moldou também um exemplar, que foi armazenado junto no canteiro de obras. E, por fim, o restante da amostra foi transportado o mais brevemente possível para o Latec, onde novamente a amostra passou pelo processo de homogeneização manual e consecutiva moldagem, estabelecendo desta forma o terceiro exemplar do lote de concreto, onde cada exemplar foi composto por três corpos de prova, a fim de minimizar a variabilidade dos resultados.

Posteriormente, respeitado o tempo de cura inicial de 24h, todos os exemplares, de cada lote de concreto moldado nas obras, foram coletados e transportados para o laboratório, onde eram desmoldados, identificados e submetidos ao processo de cura em câmara úmida. Durante o transporte os exemplares foram devidamente acomodados em caixas rígidas a fim de minimizar eventuais vibrações e impactos decorrentes desta etapa.

Aos 28 dias de idade os corpos de prova foram retirados da cura para preparação das bases e topos e encaminhados para os ensaios de compressão. A Figura 4 traça um fluxograma das atividades executadas durante o programa experimental:

Figura 4 - Fluxograma dos processos realizados na pesquisa



Fonte: Do autor (2020).

### **3.6 Análise e tratamento dos dados**

Após o levantamento dos dados do programa experimental para as moldagens remota e *in loco*, bem como para os dados de abatimento do concreto no estado fresco, foram coletados ainda dados referentes aos moldadores que participaram do programa, a fim de se obter mais informações. Todos os resultados obtidos foram tabulados e tratados estatisticamente com o auxílio do *software* Minitab, sendo realizada análises de variância (ANOVA) a um grau de confiança de 95%.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

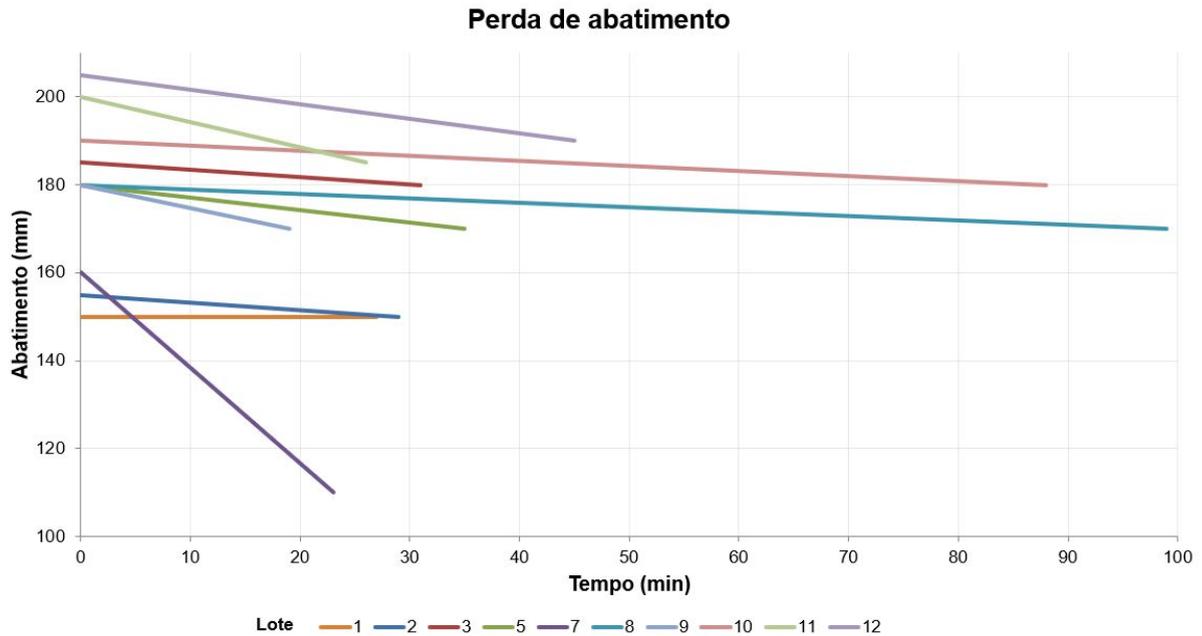
O capítulo a seguir apresenta a análise e discussão dos resultados obtidos a partir de ambos os métodos de moldagem abordados ao longo do programa experimental descrito no capítulo anterior. Primeiramente são analisados os resultados dos ensaios no estado fresco e, após, são apresentados os resultados de resistência à compressão e os respectivos comparativos entre as moldagens realizadas em campo (moldagem *in loco*) e em laboratório (moldagem remota).

### 4.1 Abatimento

Para os lotes de concreto analisados, os resultados obtidos para os ensaios de consistência realizados em ambos os ambientes que a pesquisa contemplou (obra e laboratório) são apresentados na Figura 5. Ao tomar o primeiro ensaio de consistência, realizado no canteiro de obras ao instante 0min, como referência, é possível perceber uma tendência de perda de consistência da mistura até a respectiva repetição do ensaio, já em laboratório, para todas as amostras. A perda de consistência para as amostras ensaiadas apresentaram valores na faixa de 3% a 8% de variação para quase a totalidade dos lotes estudados, com exceção apenas do Lote nº 7, que apresentou uma perda acentuada de consistência, próxima a 45%. Tal fato pode ser explicado pelo traço do concreto em questão possuir aditivo superplastificante em sua composição, capaz de elevar o abatimento da mistura por

um período curto de tempo e prover fluidez à mistura, porém, em contrapartida, apresenta maior perda de abatimento (POLESELLO, 2012).

Figura 5 - Perda de abatimento entre os ensaios



Fonte: Do autor (2020).

## 4.2 Resistência à compressão

Os resultados de resistência à compressão axial dos exemplares de concreto ensaiados são analisados de duas maneiras distintas, das quais, primeiramente, são comparados os resultados dos dois exemplares moldados (por dois moldadores diferentes) e armazenados inicialmente em um mesmo local (canteiro de obras), e, após, são comparados os resultados dos dois exemplares moldados pelo mesmo moldador, porém em dois ambientes diferentes (canteiro de obras e laboratório), conforme os itens 4.2.1 e 4.2.2, respectivamente.

### 4.2.1 Moldagem *in loco*

As análises de variância apresentadas nas tabelas 1, 2 e 3, para as classes de resistência C25, C30 e C35, respectivamente, mostram o percentual de significância entre as moldagens realizadas por dois profissionais diferentes, sob as mesmas condições de ambiente.

Tabela 1 - Análise de variância entre moldadores para a classe de resistência C25

<b>Fonte da variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>MQ</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor-P</b>
Moldador	2	98,48	49,24	1,68	0,240
Erro	9	264,21	29,36		
Total	11	362,69			

Fonte: Do autor (2020).

Sendo:

**GL:** Graus de liberdade;

**SQ:** Soma de quadrados;

**MQ:** Médias quadradas;

**Valor F:** Valor calculado de F;

**Valor-P:** Para efeito **significativo** da fonte (Valor-P < 0,050)

Para efeito **não significativo** da fonte (Valor-P ≥ 0,050)

Tabela 2 - Análise de variância entre moldadores para a classe de resistência C30

<b>Fonte da variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>MQ</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor-P</b>
Moldador	4	52,43	13,108	3,01	0,044
Erro	19	82,75	4,355		
Total	23	135,18			

Fonte: Do autor (2020).

Tabela 3 - Análise de variância entre moldadores para a classe de resistência C35

<b>Fonte da variação</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>MQ</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor-P</b>
Moldador	4	61,30	15,33	1,39	0,267
Erro	25	276,46	11,06		
Total	29	337,76			

Fonte: Do autor (2020).

Para uma confiança de 95%, o efeito significativo entre os moldadores ficou constatado apenas para a classe C30, que apresentou, um valor muito próximo para o limite de significância analisado de 5%.

Uma vez que o efeito do moldador foi considerado significativo para os resultados da análise de variância realizada para esta classe de resistência, a análise de Tukey foi aplicada com a intenção de identificar os níveis de agrupamento entre os moldadores, porém, diferentemente do esperado, esta apresentou um único agrupamento, conforme os valores apresentados na Tabela 4.

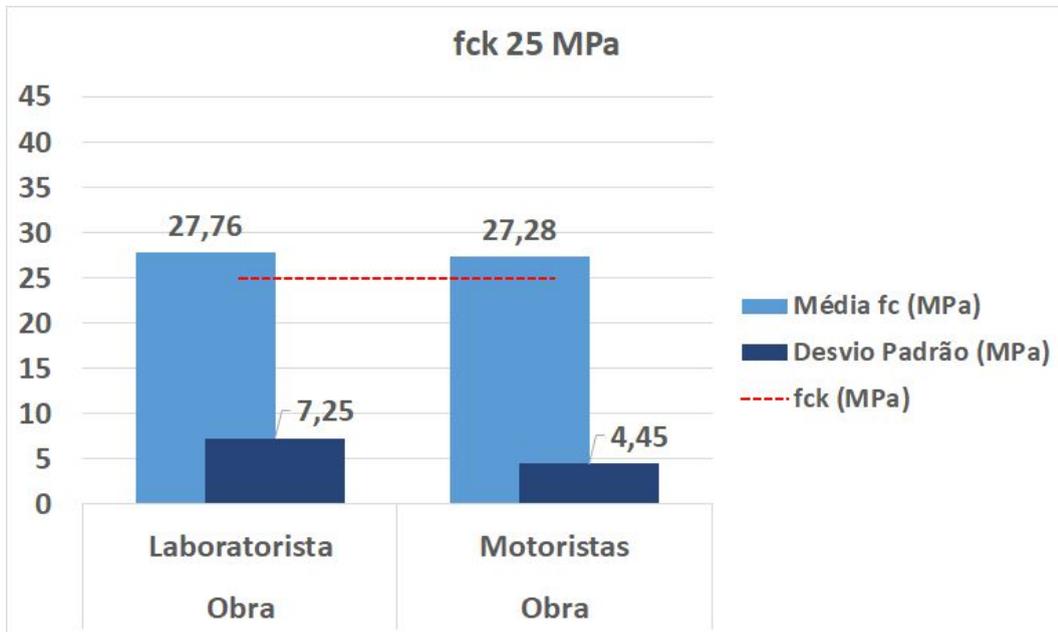
Tabela 4 - Análise de Tukey, traço C30

<b>Moldador</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Agrupamento</b>
C	3	33,83	A
H	3	32,65	A
Laboratorista	12	31,23	A
F	3	29,51	A
B	3	28,83	A

Fonte: Do autor (2020).

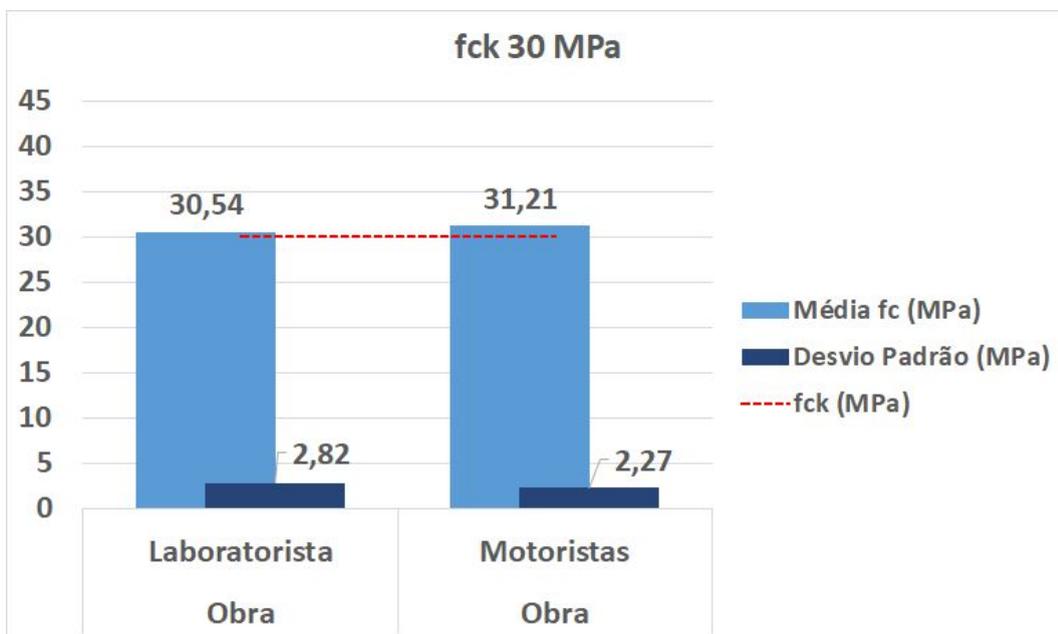
As Figuras 6 a 8 ilustram, para os exemplares moldados em obra, um comparativo entre as médias e os desvios padrões entre as moldagens feitas pelo laboratorista e os demais moldadores (motoristas operadores dos caminhões betoneira) do programa experimental, de acordo com as classes de resistência estudadas.

Figura 6 - Médias e desvios padrões, fck 25 MPa



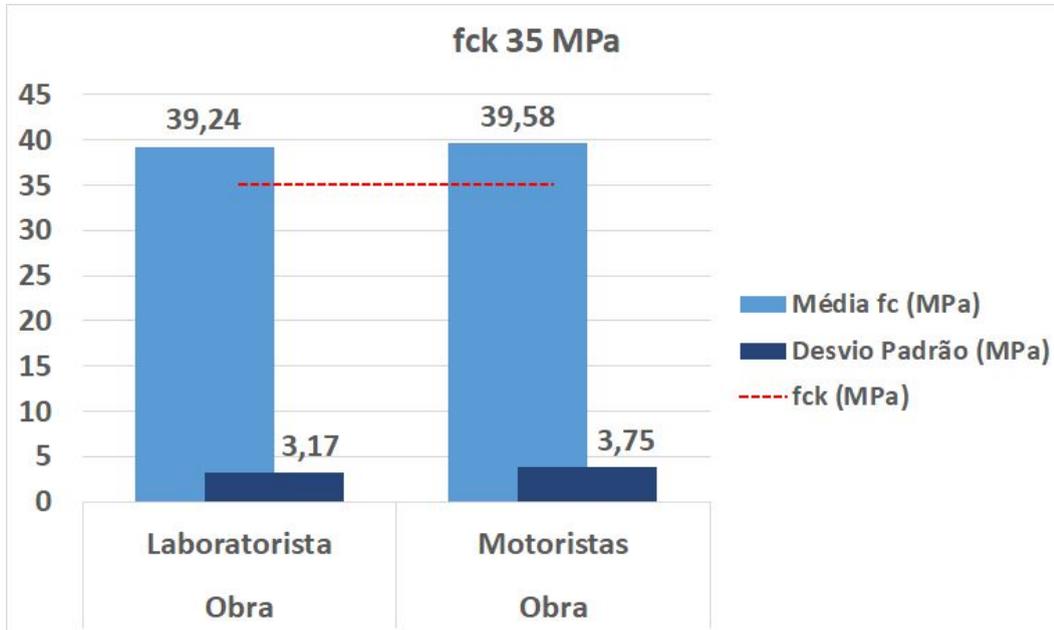
Fonte: Do autor (2020).

Figura 7 - Médias e desvios padrões, fck 30 MPa



Fonte: Do autor (2020).

Figura 8 - Médias e desvios padrões, fck 35 MPa



Fonte: Do autor (2020).

As médias, para todas as comparações realizadas, mostraram-se semelhantes tanto para a moldagem realizada pelo laboratorista, quanto pelos demais moldadores. Já o desvio padrão, por sua vez, apresentou uma discrepância elevada entre as moldagens da classe de resistência C25.

#### 4.2.2 Moldagem remota

A Tabela 5 mostra a análise de variância realizada para os exemplares que compararam as resistências dos corpos de prova moldados em dois ambientes (obra e laboratório), procedimento denominado moldagem remota. A análise foi feita considerando, além do fator ambiente, a resistência à compressão característica do concreto ( $f_{ck}$ ), bem como a combinação entre os dois fatores.

Tabela 5 - Análise de variância entre ambientes e classes de resistência

Fonte da variação	GL	SQ	MQ	Valor F	Valor-P
fck	2	1048,98	524,49	31,77	0,000
Ambiente	1	35,72	35,72	2,16	0,146
fck * Ambiente	2	73,55	36,78	2,23	0,116
Erro	65	1073,07	16,51		
Total	70	2283,26			

Fonte: Do autor (2020).

Sendo:

**GL:** Graus de liberdade;

**SQ:** Soma de quadrados;

**MQ:** Médias quadradas;

**Valor F:** Valor calculado de F;

**Valor-P:** Para efeito **significativo** da fonte (Valor-P < 0,050)

Para efeito **não significativo** da fonte (Valor-P ≥ 0,050)

De acordo com a análise de variância realizada para estes exemplares, é possível identificar que os efeitos das diferentes classes de resistência são significativos, conforme esperado. Por outro lado, a variável ambiente se mostrou não significativa, mesmo quando analisada junto a cada classe de resistência.

A fim de analisar a tendência de agrupamento para as variáveis significativas apresentadas, a análise de Tukey foi realizada e, através das comparações entre as médias para os três níveis de resistência estudados na pesquisa, foram encontrados apenas dois níveis de agrupamento, sendo os concretos das classes C25 e C30 considerados iguais (TABELA 6), diferentemente do esperado, o que pode estar atrelado à variabilidade comum entre as diferentes cargas de concreto, aliado à uma baixa população de exemplares moldados para a classe de resistência C25, que, por sua vez apresentou uma média elevada. No entanto, para a mesma amostra de dados, quando comparada apenas em relação ao local de moldagem (obra e laboratório), é obtido um único nível de agrupamento, não possuindo diferença

significativa entre as médias (TABELA 7), em concordância com a análise de variância.

Tabela 6 - Análise de Tukey para as classes de resistência

<b>fck (MPa)</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Agrupamento</b>
35	30	37,07	A
30	29	29,72	B
25	12	28,43	B

Fonte: Do autor (2020).

Sendo:

**N:** número de exemplares

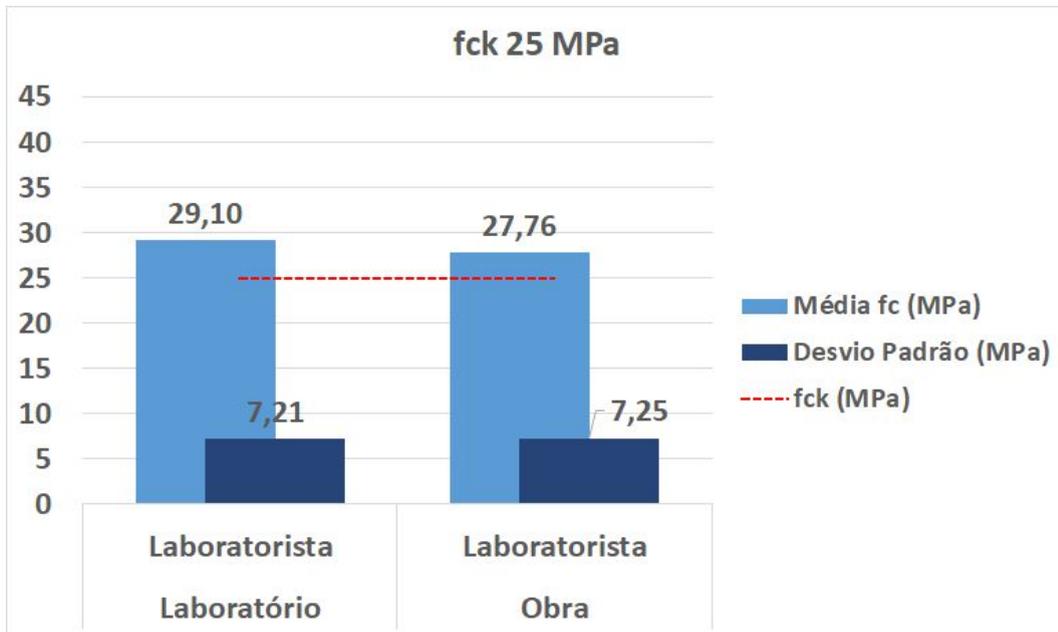
Tabela 7 - Análise de Tukey para os ambientes de moldagem

<b>Ambiente</b>	<b>N</b>	<b>Média</b>	<b>Agrupamento</b>
Obra	36	32,51	A
Laboratório	35	30,97	A

Fonte: Do autor (2020).

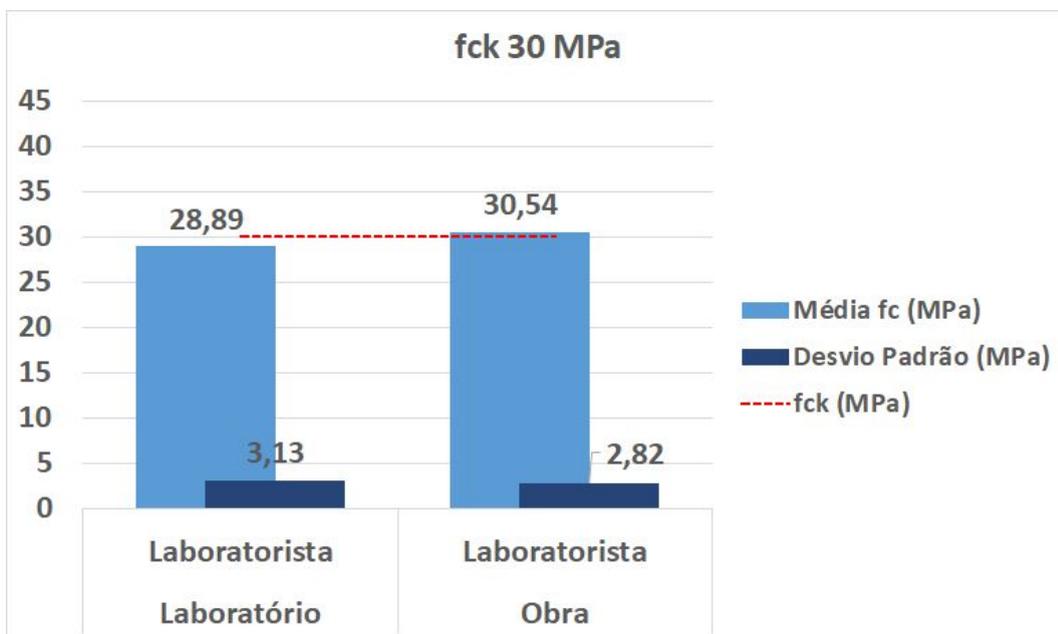
As Figuras 9 a 11 ilustram, para os exemplares moldados por um único moldador, um comparativo entre as médias e os desvios padrões obtidos entre as moldagens realizadas na obra e posteriormente em laboratório, de acordo com cada classe de resistência.

Figura 9 - Médias e desvios padrões, fck 25 MPa



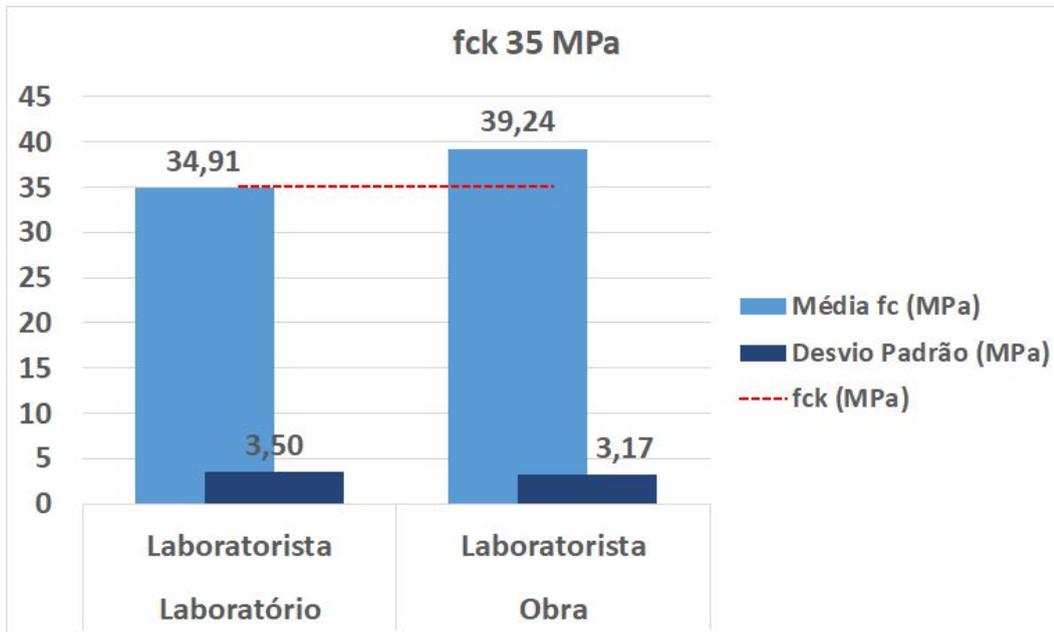
Fonte: Do autor (2020).

Figura 10 - Médias e desvios padrões, fck 30 MPa



Fonte: Do autor (2020).

Figura 11 - Médias e desvios padrões, fck 35 MPa



Fonte: Do autor (2020).

Na comparação entre os diferentes locais de moldagem utilizados no decorrer do programa experimental, o comportamento entre as médias e desvios padrão foi similar para as classes de resistência C30 e C35, apresentando queda para os valores referentes às moldagens realizadas em laboratório na ordem de -5,4 e -11,0% em relação às moldagens feitas no canteiro de obras. Já para a classe C25 o comportamento das médias foi inverso, apresentando crescimento da resistência à compressão para os exemplares moldados em laboratório no valor de 4,8%.

#### 4.2.3 Dados históricos

Além dos resultados levantados ao longo do programa experimental, optou-se por estender a análise entre os diferentes moldadores que participaram da pesquisa para o período de janeiro a outubro de 2020 utilizando o banco de dados disponibilizado pela empresa respeitando as mesmas variáveis de classe de resistência. Portanto, a Tabela 8 apresenta a análise da variância para os moldadores.

Tabela 8 - Análise de variância entre moldadores

Fonte da variação	GL	SQ	MQ	Valor F	Valor-P
fck (MPa)	2	7361,2	3680,62	121,90	0.000
Moldador	8	617,0	77,12	2,55	0,010
Erro	562	16969,1	30,19		
Falta de ajuste	15	681,1	45,41	1,52	0,091
Erro puro	547	16288,0	29,78	*	*
Total	572	25878,5			

Fonte: Do autor (2020).

Sendo:

**GL:** Graus de liberdade;

**SQ:** Soma de quadrados;

**MQ:** Médias quadradas;

**Valor F:** Valor calculado de F;

**Valor-P:** Para efeito **significativo** da fonte (Valor-P < 0,050)

Para efeito **não significativo** da fonte (Valor-P ≥ 0,050)

Diferentemente dos resultados apresentados pelo programa experimental, a série de dados ampliada apresentou um efeito significativo para os moldadores, assim como para as classes de resistência, como já era esperado. Tal fato pode ser explicado pela maneira como o programa experimental ocorreu, havendo o acompanhamento de um responsável pelo controle tecnológico do concreto durante as etapas de moldagem, implicando em comportamentos diferentes por parte dos moldadores durante a realização dos ensaios.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com base nas análises dos resultados obtidos a partir do programa experimental apresentado, que pretendeu avaliar principalmente a variabilidade entre as resistências à compressão de amostras de lotes de concreto moldados em dois lugares diferentes e comparar a moldagem realizada entre o laboratorista da empresa e os demais moldadores responsáveis pela condução e operação do caminhão betoneira, além de verificar a consistência do concreto em seu estado fresco antes e após ser submetido à uma etapa de transporte, são apresentadas as conclusões a seguir. Contudo, é importante ressaltar que as considerações apresentadas neste capítulo referem-se às variáveis características desta pesquisa, bem como à empresa fornecedora de concreto pré-misturado da região de Lajeado/RS que colaborou com a realização do trabalho.

### **5.1 Conclusões**

Para que fosse possível realizar o programa experimental proposto pela pesquisa, uma vez que o mesmo envolveu o transporte e posterior moldagem de uma amostra de concreto fresco, foi de fundamental importância que estas mantivessem as suas respectivas condições de plasticidade e consistência. Para isso, a utilização de um recipiente adequado foi imprescindível, sendo que nos ensaios de abatimento realizados primeiramente no canteiro de obras e repetidos posteriormente em laboratório, a perda de consistência da amostra em virtude do

transporte do material foi inferior à 10% para 90% dos lotes ensaiados, indicando a viabilidade de execução do processo de moldagem remota.

A partir dos resultados dos ensaios à compressão do concreto foi possível constatar para as moldagens *in loco*, no canteiro de obras, onde a variável alternante foi apenas o motorista operador do caminhão betoneira, amplitudes semelhantes, na ordem de 6,6, 6,5 e 6,4 MPa, para as resistências médias entre os exemplares das classes C25, C30 e C35, respectivamente. A realização do tratamento estatístico dos dados acabou por confirmar o efeito não significativo sobre a resistência à compressão do concreto entre os moldadores para as classes C25 e C35, entretanto, para a classe C30, o efeito do moldador foi significativo, apesar da análise de agrupamentos de médias (Tukey) indicar apenas um agrupamento.

Com relação aos resultados referentes às moldagens remotas (em dois ambientes), realizadas pelo laboratorista da empresa no canteiro de obras e, posteriormente, em laboratório, as amplitudes das resistências foram maiores e apresentaram, respectivamente, os valores de 14,5, 9,3 e 10,3 MPa para as classes C25, C30 e C35. Apesar da ordem de grandeza das amplitudes ter sido maior, a análise de variância dos exemplares constatou que, para cada classe de resistência, o efeito do ambiente nos resultados de resistência à compressão do concreto não foi significativo.

Em vista disso, com base nos resultados obtidos ao longo do programa experimental e as respectivas análises de variância para ambos os métodos de moldagem estudados, é possível afirmar que os resultados que são obtidos através da moldagem remota dos corpos prova não apresentam diferença significativa em relação àqueles moldados em obra, conforme o procedimento atualmente em vigor normatizado pela NBR 7212 (ABNT, 2012) e, portanto, podem representar uma prática viável tecnicamente para as empresas fornecedoras de concreto usinado.

Em relação aos resultados obtidos das moldagens realizadas pelos diferentes moldadores do programa experimental, é possível concluir dois comportamentos

distintos em que, ao analisar a série de dados da empresa, o efeito dos moldadores foi significativo sobre a resistência à compressão do concreto para os três traços analisados e, por outro lado, com base nos dados provenientes do programa experimental, apenas um dos traços apresentou influência significativa do moldador.

Por fim, uma vez que é possível tomar como confiáveis os dados obtidos a partir do processo de moldagem remota de corpos de prova, este pode ser utilizado como uma vantagem pelas empresas que produzem concreto pré fabricado, especialmente sob o ponto de vista econômico em consequência de, por exemplo, economizar em logística, em função da não necessidade de retornar à cada obra para a realização da coleta das amostras, moldagem padronizada por responsáveis pelo laboratório de controle tecnológico da empresa, prevenindo contra danos, perdas e/ou furtos das fôrmas, além de garantir que os corpos de prova serão submetidos aos processos de cura dentro do tempo correto.

## **5.2 Sugestões para trabalhos futuros**

Tendo em vista a crescente demanda pelo concreto usinado ao longo dos anos, bem como a necessidade cada vez maior de se realizar o devido controle tecnológico do material a fim de atestar a qualidade e segurança das estruturas, a moldagem remota de corpos de prova de concreto tem se tornado uma prática recorrente entre as concreteiras para controle interno dos produtos fornecidos. Contudo, por se tratar de uma prática recente, ainda em revisão pela ABNT, se tornam indispensáveis a realização de novos estudos acerca desse método para que se entenda mais sobre o assunto e, portanto, são sugeridos os seguintes temas para trabalhos futuros:

- a) avaliar o comportamento das propriedades físicas e mecânicas do concreto para diferentes traços de diferentes classes de resistência e abatimento a fim de obter-se mais dados sobre o tema;
- b) analisar aspectos econômicos entre os diferentes tipos de moldagem com a intenção de estabelecer qual o método mais vantajoso.

c) estipular faixas maiores de tempo e distância entre as moldagens *in loco* e remota com o intuito de analisar os efeitos climáticos sobre a perda de abatimento nas amostras de concreto fresco.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. J. O.; TUTIKIAN, B. F. Resistência Mecânica do Concreto. In: ISAIA, G. C. **Concreto**: ciência e tecnologia. São Paulo: IBRACON, 2011. Cap. 17. p. 615-651.

ANTUNES JUNIOR, J. A. V.; KLIPPEL, M. Estratégia de produção: conceituação, critérios competitivos e categorias de decisão. In: III Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 3., 2006, Resende. **Anais...** Resende: SEGeT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM. **Manual do concreto dosado em central**. São Paulo: 2007. Disponível em: <[www.abesc.org.br](http://www.abesc.org.br)>. Acesso em: 08 abr. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto — Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212**: Execução de concreto dosado em central — Procedimento. Rio de Janeiro: 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais — Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro: 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos — Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: 2005.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 33**: Concreto — Amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro: 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**: Concreto — Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: 1998.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Construção civil é a locomotiva do crescimento, com emprego e renda**. 2020. Disponível em: <https://cbic.org.br/construcao-civil-e-a-locomotiva-do-crescimento-com-emprego-e-renda/>. Acesso em: 02 jun. 2020.

DAL MOLIN, D. C. C. Adições Minerais. In: ISAIA, G. C. **Concreto**: ciência e tecnologia. São Paulo: IBRACON, 2011. Cap. 8. p. 261-311.

GUIMARÃES, A. T. C. Propriedades do Concreto Fresco. In: ISAIA, G. C. **Concreto**: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005. Cap. 16. p. 473-494.

HARTMANN, C. et al. Aditivos Químicos para Concretos e Cimentos. In: ISAIA, G. C. **Concreto**: ciência e tecnologia. São Paulo: IBRACON, 2011. Cap. 10. p. 347-380.

HELENE, P. Dosagens dos Concretos de Cimento Portland. In: ISAIA, G. C. **Concreto**: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005. Cap. 15. p. 439-472.

HELENE, P.; ANDRADE, T. Concreto de Cimento Portland. In: ISAIA, G. C. **Materiais de Construção Civil** e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010. Cap. 29. p. 905-944.

HELENE, P.; TERZIAN P. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto**. São Paulo: Pini, 1992.

ISAIA, G. C. A Evolução do Concreto Estrutural. In: ISAIA, G. C. **Concreto**: ciência e tecnologia. São Paulo: IBRACON, 2011. Cap. 1. p. 1-56.

JACINTHO, A. E. P. G. A.; GIONGO, J. S. Resistência Mecânica do Concreto. In: ISAIA, G. C. **Concreto**: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005. Cap. 20. p. 605-632.

KAEFER, L. F. **A Evolução do Concreto Armado**. São Paulo, 1998. Disponível em: <http://www.feb.unesp.br/lutt/Concreto%20Protendido/HistoriadoConcreto.pdf> Acesso em: 23 abr. 2020.

LIMA, M. G. Ação do Meio Ambiente sobre as Estruturas de Concreto. In: ISAIA, G. C. **Concreto**: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005. Cap. 24. p. 713-752.

LISBOA, E. S.; ALVES, E. S.; MELO, G. H. A. G. **Materiais de construção: concreto e argamassa**. 2. ed. Porto Alegre: SAGAH, 2017. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

MASCOLO, R. **Concreto usinado: análise da variação da resistência à compressão e de propriedades físicas ao longo da descarga do caminhão betoneira**. 2012. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedade e materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do Concreto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

OLIVEIRA, C. M. G.; BRITO, A. K. A.; BEZERRA, I. R. M. Análise do planejamento e controle de operações: um estudo de caso em uma fábrica de casas pré moldadas. In: XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 32., 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: ENEGEP, 2012.

PEDROSO, F. L. Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. **Concreto & Construção**, São Paulo, n. 53, 2009.

PINHEIRO, A. C. F. B.; CRIVELARO, M. **Materiais de Construção**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2016. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/>. Acesso em: 24 abr. 2020.

POLESELLO, E. **Avaliação da Resistência à Compressão e da Absorção de Água de Concretos Utilizados após o Tempo Máximo de Mistura e Transporte Especificado pela NBR 7212**. 2012. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

RECENA, F. A. P. **Dosagem e Controle da Qualidade de Concretos Convencionais de Cimento Portland**. 4. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2017.

RECENA, F. A. P.; PEREIRA, F. M. Produção e Controle de Concreto em Obras. In: ISAIA, G. C. **Concreto: ciência e tecnologia**. São Paulo: IBRACON, 2011. Cap. 15. p. 537-584.

REGATTIERI, C. E. X.; MARANHÃO, F. L. Produção e Controle de Concreto Dosado em Central. In: ISAIA, G. C. **Concreto: ciência e tecnologia**. São Paulo: IBRACON, 2011. Cap. 14. p. 501-536.

RIBEIRO, J. L. D.; CATEN, C. S. T. **Projeto de Experimentos**. Série Monográfica de Qualidade. Porto Alegre: PPGEP/UFRGS, 2011.

SANTOS, R. E.; OLIVEIRA, B. J. A armação do concreto no Brasil: história da difusão da tecnologia do concreto armado. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Belo Horizonte, v. 15, n. 16, p. 45-59, 2008.

TEIXEIRA, L. P. **A indústria de construção brasileira sob a ótica da demanda efetiva**. 2009. 270 f. Tese (Doutorado) - Curso de Economia Aplicada, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

TIMERMAN, J. Cimentos e concretos: sinônimos de desenvolvimento econômico sustentável. **Concreto & Construção**, São Paulo, n. 73, 2014.

VEJA. **Emprego e atividade na construção atingem o maior nível dos últimos 7 anos**. 2019. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/economia/emprego-e-atividade-na-construcao-atingem-o-maior-nivel-dos-ultimos-7-anos/>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

VEJA. **Com juro menor, PIB da construção civil tem maior nível desde 2013**. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/economia/com-juro-menor-pib-da-construcao-maior-nivel-desde-2013/>>. Acesso em: 16 abr. 2020.

WERNER, L.; NIERWINSKI, H. P.; BORTOLOTTI, M. S. Controle tecnológico de concreto: um estudo de caso da capacidade do processo com dados não normais. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, Bauru, v. 15, n. 1, p. 231-251, 1 mar. 2019. Disponível em: <<https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/2114>>. Acesso em: 25 abr. 2020.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **The Cement Sustainability Initiative: Recycling Concrete**. Washington, D. C.: 2009. Disponível em: <<https://www.wbcsd.org/pmtes>>. Acesso em: 11 maio 2020.



**UNIVATES**

R. Avelino Talini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil  
CEP 95914.014 | Cx. Postal 155 | Fone: (51) 3714.7000  
[www.univates.br](http://www.univates.br) | 0800 7 07 08 09