

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COECI – COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

PEDRO GUILHERME BENVENUTTI

**RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO EM CONTATO COM UM MEIO
SATURADO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO
2019

PEDRO GUILHERME BENVENUTTI

**RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO EM CONTATO COM UM MEIO
SATURADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, do curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Toledo.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Savaris.

TOLEDO

2019



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Toledo
Coordenação do Curso de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de Nº 209

Resistência à compressão do concreto em contato com um meio saturado

por

Pedro Guilherme Benvenuti

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 11:10 h do dia **12 de Junho de 2019** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

Prof. Dr. Fulvio Natércio Feiber
(UTFPR – TD)

Prof. Dr. Carlos Eduardo Tino Balestra
(UTFPR – TD)

Prof Dr. Gustavo Savaris
(UTFPR – TD)
Orientador

Visto da Coordenação
Prof. Dr. Fulvio Natércio Feiber
Coordenador da COECI

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me concedido saúde, força e discernimento para superar as dificuldades durante este processo.

A minha família, em especial aos meus pais Amarildo e Josiane Benvenuti pelo amor, confiança e incentivo, dando o suporte necessário para realização desta conquista.

A minha companheira, colega e namorada Luiza, pelo carinho e apoio em todos os momentos da graduação.

A esta instituição, ao seu corpo docente, aos servidores e colaboradores, por propiciar um ambiente agradável e favorável a nossa formação. Um agradecimento especial ao meu orientador Gustavo, pela paciência e empenho durante este trabalho, e por ser um profissional sempre dedicado ao ensino e aprendizado dos seus alunos.

Aos amigos e amigas, colegas de trabalho e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação, me animando e encorajando nos momentos que mais precisei.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, a minha eterna gratidão.

RESUMO

BENVENUTTI, Pedro Guilherme. **Resistência à compressão do concreto em contato com um meio saturado**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Bacharelado em Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Toledo.

Este trabalho avalia a resistência à compressão do concreto quando aplicado em contato com um meio saturado, um exemplo desse cenário é obtido em estacas aplicadas em fundações. Para isto, foi proposto um programa experimental em que o concreto estivesse inserido em um protótipo que garantisse o contato desse material com o meio saturado durante um período de cura de 28 dias. Foram moldados 12 corpos de prova de concreto, sendo seis destes colocados em contato com um meio saturado, e os demais, denominados corpos de prova de controle, imersos em tanque com água e cal, onde realizaram sua cura como previsto na NBR 5738 (ABNT, 2015). Após os 28 dias, e retirada as amostras de seus respectivos ambientes de cura, foi realizado o ensaio de compressão axial com a utilização de uma prensa hidráulica em todos os corpos de prova, a fim de comparar os resultados obtidos entre eles e analisar o comportamento do concreto com cura efetuada em ambientes distintos quando submetido a esforços axiais. O concreto utilizado para confecção dos corpos de prova obteve uma certa proporcionalidade entre os seus elementos na sua produção e não sofreu grandes perdas de resistência. Através dos resultados, concluiu-se que a produção de um concreto com um fator água/cimento menor, esperando que ele utilize a água do meio saturado como uma água de amassamento, não é a saída de ideal para um cenário similar ao apresentado no trabalho. A alternativa, nesse caso, é a aplicação de um concreto que tenha coesão entre os seus elementos na sua produção e que não necessite de uma interferência do meio inserido no seu ganho de resistência.

Palavras-chave: Concreto. Relação água/cimento. Corpos de prova. Resistência. Ensaio de Compressão Axial. Solo Saturado.

ABSTRACT

BENVENUTTI, Pedro Guilherme. **Compressive strength of concrete released in saturated medium.** 2019. Graduation Final Work. Bachelor Degree in Civil Engineering – Federal University of Technology – Toledo.

This work evaluates the compressive strength of concrete when applied in contact with a saturated medium, an example of this scenario is obtained in stakes applied in foundations. For this, an experimental program was proposed in which the concrete was inserted in a prototype, guaranteeing the contact of this material with the saturated medium during the period of 28 days, until the cured state was reached. Twelve concrete specimens were molded, six of which were placed in contact with a saturated medium, and the others, called control test bodies, immersed in a tank with water and lime, where they were cured as foreseen by NBR 5738 (ABNT , 2015). After the 28 days, and withdrawal of the samples from their respective environments of cure, the axial compression test was done using a hydraulic press on all specimens in order to compare the results obtained between them and to analyze the behavior of the concrete with cure performed in distinct environments when subjected to axial stress. The concrete used to make the test specimens obtained a certain proportionality between its elements in its production and did not suffer great losses of resistance. From the results, it can be concluded that the production of a concrete with a smaller water/cement factor, expecting it to use the water of the saturated medium as a kneading water, is not the ideal output for a scenario similar to that presented in the work. The alternative, in this case, is the application of a concrete that has cohesion between its elements and that does not require interference of the inserted medium on strength gain.

Keywords: Concrete. Water/cement ratio. test specimens. Strength. Axial Compression. Saturated medium.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Influência do diâmetro do corpo de prova sobre a resistência do concreto quando a razão (altura/diâmetro) é igual a 2.....	17
Figura 2 – Ascensão capilar do solo.....	18
Figura 3 - Visualização da ocorrência de água no subsolo	19
Figura 4 - Visualização esquemática do protótipo	21
Figura 5 - Disposição dos corpos de prova de controle no interior do tanque de água e cal.....	24
Figura 6 - Início da saturação do material arenoso	25
Figura 7 - Disposição dos corpos de prova durante os 28 dias.....	26
Figura 8 - Prensa hidráulica de compressão em laboratório da empresa de engenharia	27
Figura 9 - Tabela para cálculo do fator de redução da resistência obtida através do ensaio de compressão axial	27
Figura 10 - Corpos de prova do Traço 3, a esquerda o corpo de prova que se manteve no interior do protótipo e ao lado direito um corpo de prova de controle.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Traço em massa, quantidade em kg de material utilizado e traço em volume do concreto produzido	20
Tabela 2 - Características dos agregados utilizados	20
Tabela 3 - Resumo das dimensões dos corpos de prova, das forças máximas aplicadas, o fator de redução de cada amostra e sua resistência a compressão	29
Tabela 4 - Valores calculados para verificação por Outliers	30
Tabela 5 - Resumo do teste T de Student	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	JUSTIFICATIVA	10
1.2	OBJETIVOS	11
1.2.1	Objetivo geral.....	11
1.2.2	Objetivos específicos.....	11
1.3	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
2.1	CONCRETO	12
2.2	CARACTERÍSTICAS E PROPORÇÕES DOS MATERIAIS CONSTITUINTES	13
2.3	CURA DO CONCRETO.....	14
2.4	PARÂMETROS DE ENSAIO – ENSAIO DE RESISTENCIA A COMPRESSÃO AXIAL	16
2.5	ESTACAS ESCAVADAS E A VARIAÇÃO DO NÍVEL D'ÁGUA NAS ESCAVAÇÕES.....	17
3	MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1	MATERIAIS	20
3.2	MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA.....	22
3.3	ENSAIO DE COMPRESSÃO AXIAL	26
3.4	MÉTODO DE ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO.....	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
4.1	VERIFICAÇÃO ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS	29
4.2	ANÁLISE DOS RESULTADOS ENTRE OS CORPOS DE PROVA EM DIFERENTES AMBIENTES DE CURA.....	30
5	CONCLUSÃO	32
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	32
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

O concreto é um material amplamente utilizado no mundo, especificamente na indústria da construção civil, e seu consumo no mundo é superado apenas pelo uso da água por habitante ao ano. Esse material pode ser encontrado nos mais diversos locais e exercendo inúmeras funções no âmbito da construção, aplicando seu uso em simples edificações ou até em obras mais complexas (PEDROSO, 2009).

Segundo a Federación Iberoamericana de Hormigón Premisclado (FIHP), estima-se que o consumo de concreto no mundo é de 11 bilhões de toneladas por ano, resultando em um consumo médio de 1,9 tonelada de concreto por habitante. Além disso, o fato do concreto ser um material difundido de tal maneira, de acordo com Pedroso (2009), se deve a sua fácil produção e manuseio em estado fresco, e, quando em estado endurecido, seu ganho de resistência semelhante à de rochas naturais.

Devido a sua grande utilização em vários elementos construtivos (edifícios, pontes e barragens, por exemplo), um controle tecnológico se torna essencial. Com isso, são realizadas análises da resistência a compressão do concreto em diferentes ambientes, a fim de prever o comportamento desse material. Dessa forma, é possível obter segurança na execução e aplicação desse componente estrutural (NEVILLE; BROOKS, 2013).

A princípio, considera-se a resistência do concreto como a propriedade determinante da sua eficácia, porém, outras características também devem ser levadas em conta, tais como: durabilidade, impermeabilidade e estabilidade do volume. Contudo, uma boa resistência à compressão proporciona, em um aspecto geral no canteiro de obra, a impressão de um concreto de qualidade, por estar diretamente ligada à estrutura da pasta de cimento (NEVILLE; BROOKS, 2013).

Nos componentes sólidos do concreto existe uma relação inversa entre resistência e porosidade. Como o concreto é um material multifásico, a porosidade de cada elemento que constitui o concreto pode ser um fator limitante para a sua resistência. Desta forma, a porosidade na matriz da pasta de cimento e na zona de transição da interface entre a matriz e o agregado graúdo normalmente determinam a resistência característica do concreto produzido após o seu tempo de cura. A relação água/cimento está diretamente ligada à porosidade da pasta de cimento e da zona de

transição da interface, portanto, é o principal fator a ser analisado durante a produção do concreto (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

Segundo Teixeira (1993), estacas escavadas por um trado mecânico e concretadas “in loco” são de grande sua utilização no Brasil, isso se deve a vantagens que este tipo de fundação proporciona, tais como: baixo custo, ausência de vibração em sua instalação e flexibilização do seu comprimento, o que possibilita ainda a visualização do subsolo atravessado pela escavação.

Entretanto, durante a execução deste tipo de estacas, podem ocorrer alguns contratemplos na etapa de escavação. Um deles é a elevação do nível do lençol freático, classificado como um dos mais comuns (MARTINS et al., 2010).

Nas fundações que enfrentam esse fenômeno, o solo que se encontra ao redor da estaca corre o risco de entrar em estado de saturação, o que ocasionaria uma interação entre o concreto e o solo saturado na estaca durante o seu tempo de cura. Visto isso, torna-se primordial o conhecimento do efeito que resultaria a elevação do lençol freático, pois este pode causar efeitos negativos na estrutura do concreto, diminuindo suas características de resistência.

Diante dessa problemática, este trabalho visa simular um ambiente em que o concreto esteja em contato direto com um tipo de solo saturado, a fim de realizar uma análise do comportamento deste material após a sua formação e obtenção de resistência. Além disso, será efetuado o experimento com 3 misturas de concretos diferentes, em que cada uma possuirá sua relação água/cimento característica.

1.1 JUSTIFICATIVA

Quando empregado em fundações profundas, um exemplo de estacas escavadas, o concreto encontra-se em um ambiente confinado, onde realiza contato com o solo da região, podendo ocasionar mudanças em relação ao seu comportamento e suas características. Isso se deve ao fato de seu lançamento na região escavada ser quando o concreto encontra em seu estado fresco, com isso, suas reações físico-químicas que conduzem o concreto ao seu estado enrijecido acontecem no interior desta região, podendo sofrer influência do ambiente inserido.

Diante disso, realizou-se um estudo de efeito comparativo entre amostras de concreto que obtiveram a hidratação do cimento em um ambiente de cura controlado, previsto pela norma NBR 5738 (ABNT, 2015), e amostras de concreto que sofreram o

seu endurecimento em um ambiente que se obtivesse contato com o meio saturado desde o início de suas reações. O intuito deste processo foi a verificação e análise da influência do meio saturado no comportamento do concreto e seu desempenho em relação a sua resistência a compressão.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é avaliar se há perda de resistência à compressão do concreto quando empregado em estacas que encontram-se em contato direto com um meio saturado.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a influência da relação água/cimento quando o concreto é aplicado em meio saturado;
- Desenvolver um protótipo de simulação da condição de um meio saturado em torno da estaca de concreto;

1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Estudo de comportamento do concreto lançado em meio saturado, através de experimento adaptado para simular um ambiente similar ao encontrado em campo, aproximando-se ao de fundações do tipo estaca escavada. Realizado o ensaio de compressão axial, tendo assim a resistência a compressão do concreto, e com isso, analisando e comparando os resultados obtidos entre as amostras que sofreram a sua hidratação e endurecimento em ambientes distintos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONCRETO

Segundo Almeida (2002), o concreto é um resultado de uma mistura em quantidades racionais de aglomerante cimento, dos agregados graúdos e miúdos, sendo empregado em construções em todo o mundo. Após esta etapa, o concreto necessita obter plasticidade suficiente para que seja manuseado, transportado e lançado em fôrmas, adquirindo coesão e resistência com o passar do tempo, resultantes de reações que se processam entre o aglomerante e a água.

Um bom concreto pode ser definido como uma mistura entre cimento, agregados e água que possui um desempenho satisfatório em seu estado endurecido e em seu estado fresco. Neste, deve ser possível seu adensamento e transporte até o local em que será depositado, não ocorrendo segregação em sua mistura. Já no estado endurecido, o comportamento ideal consiste em obtenção de resistência à compressão (NEVILLE; BROOKS, 2013).

Em relação aos esforços e tensões axiais aplicadas no concreto, o comportamento do concreto depende de alguns fatores, sendo considerado os fatores de produção do concreto, local de disposição, a forma em que ocorreu as reações físico químicas após a sua produção, fatores que vão além do tipo de tensão exercida. Mehta e Monteiro (2008) citam que a combinação de fatores que influenciam na porosidade da massa de concreto determina como esse material se comporta. Esses fatores compreendem materiais que estabelecem o traço do concreto, o grau de compactação e as condições de cura. No que diz respeito à resistência do concreto, a relação água/cimento é o fator com maior influência na resistência à compressão, pois afeta a porosidade da matriz da argamassa e do cimento, interferindo na zona de transição da interface entre a matriz e o agregado graúdo. Devido ao estudo entre a matriz e a zona de interface ser impraticável no canteiro de obra, a determinação da resistência a compressão axial acaba sendo um parâmetro para as demais resistências do concreto devido a sua fácil determinação. Com isso, mesmo que o resultado da resistência real do concreto venha das interações complexas entre todos os elementos que compõem o concreto, para um melhor entendimento, leva-se em conta três fatores principais na determinação da

resistência, sendo eles: características e proporções dos materiais, condições de cura e os parâmetros de ensaio (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

2.2 CARACTERÍSTICAS E PROPORÇÕES DOS MATERIAIS CONSTITUINTES

A caracterização e proporção dos materiais são essenciais para que o concreto adquira qualidade e atinja sua resistência, porém, não são os únicos fatores a serem considerados. Neville e Brooks (2013) citam em seu livro a análise do fator água/cimento e porosidade com auxílio da Lei de Abrams, pois ela abrange este assunto indicando que a resistência à compressão do concreto é inversamente proporcional à relação água/cimento, além disso, a relação de agregados com o cimento é outro fator a ser considerado.

De acordo com Tutikian e Helene (2011), em 1918, Duff Abrams realizou mais de 50.000 experimentos e através deles, Abrams chegou em uma formulação (Equação 1) que define a consequência da relação água/cimento na resistência do concreto, conhecida pela Lei de Abrams:

$$f_c = \frac{k_1}{k_2^{a/c}} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

- f_c : Determina a resistência do concreto em certa idade;
- k_1 e k_2 : Constantes empíricas;
- a/c : Representa a relação água/cimento do concreto.

A resistência de um sólido está totalmente ligada à sua porosidade, pois se o sólido possui um índice de vazios alto, isto colabora com que haja perda de resistência à compressão. Na pasta de cimento hidratada, há a possibilidade de ocorrência de alguns tipos de vazios em sua matriz, compreendendo-se em vazios capilares, e vazios oriundos dos espaços interlamelares da estrutura C-S-H. Os vazios capilares representam a maior influência nos espaços não ocupados na pasta de cimento, dado que são influenciados pelo fator água/cimento do concreto, eles caracterizam-se pelos espaços não preenchidos pelos componentes sólidos na microestrutura da pasta de cimento hidratada. Isto ocorre pois na hidratação do cimento, ocorre que os espaços originalmente ocupados pela água e pelo cimento, passam a ser preenchidos pelos produtos de hidratação destes componentes, e devido a diferença de volume entre o

cimento e o produto de sua hidratação, ocorre um aparecimento de vazios capilares. (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

Silva e Libório (1999), relatam que há duas formas de intervenção na porosidade da pasta, são elas: a adoção de uma relação do fator água/cimento mais baixa ou um processo de cura de longa duração, adequada a cada tipo de estrutura em que será adotado.

Outro fator que pode influenciar na resistência do concreto é a condição de preparo do concreto. Para se alcançar e manter uma dada resistência à compressão do concreto, assegurar a qualidade e a uniformidade do cimento, da água e dos agregados disponíveis podem ser fatores determinantes na resistência final do concreto (HELENE; TARZIAN, 1992).

Para que o traço de concreto possa ser definido, as características da mistura e onde ele será empregado são fatores a serem considerados inicialmente, pois as condições de exposição, tamanho e formato dos elementos de construção, são fatores que influenciam na definição da mistura. As características devem refletir a necessidade da estrutura, e uma vez definidas as proporções, pode ser quantificado a partir dos dados do local em campo onde será inserido. O primeiro passo na dosagem da mistura é a seleção da proporção apropriada de materiais para sua durabilidade e para as forças necessárias (KOSMATKA et al, 2002).

2.3 CURA DO CONCRETO

O termo cura do concreto, segundo Mehta e Monteiro (2008), é um conjunto de fatores que proporcionam a hidratação completa do cimento, como a umidade, o tempo e a temperatura, estimados após o lançamento do concreto em formas ou fundações. Iserhard (2000) define a cura como um processo que consiste em propiciar ao concreto um ambiente favorável para o desenvolvimento das reações químicas necessárias, através da retenção ou fornecimento de umidade em temperaturas adequadas. Portanto, a cura do concreto está diretamente ligada à porosidade do concreto e conseqüentemente à sua resistência.

Existem três condições climáticas fundamentais que podem gerar problemas no concreto durante o seu tempo de hidratação do cimento, sendo elas: altas temperaturas, baixas temperaturas e a baixa umidade, todas elas intensificadas pela ação do vento. O controle da cura no concreto é essencial, pois caso não ocorra o

processo de cura de forma ideal, irão surgir patologias provenientes do aumento da temperatura, umidade e índice pluviométrico, por isso, devem ser tomadas as devidas precauções para isolar o concreto desses efeitos (VALIN JR; CORREA ALVES 2016).

Almeida (2002) afirma que uma cura satisfatória necessita de uma contínua hidratação do cimento por um longo período de tempo e, também, que as condições do ambiente onde o concreto é inserido sejam favoráveis a isso (tanto no teor de umidade, quanto na temperatura do ambiente). Além disso, quando é obtido um concreto em ambiente de confinamento – como em uma estaca escavada – não se pode garantir que o local onde é realizado o preenchimento da estaca seja favorável a cura ideal, pois podem ocorrer complicações no resultado final de resistência deste concreto em seu estado endurecido.

Para Inzerhard (2000), a umidade do ambiente no sistema de cura influencia de forma direta no conteúdo real de água na pasta de cimento. Pinheiro, Muzardo e Santos (2014) disponibilizam informações que indicam como o ambiente influencia no desenvolvimento do concreto, estas informações descrevem alguns problemas de deformação que o concreto pode sofrer devido ao ambiente em que está inserido. Os processos de retração, expansão, deformação imediata, fluência e deformação térmica são ocasionados pelas características do entorno do concreto. Entre essas, deve-se atentar para dois problemas que podem acarretar danos a estrutura de concreto de uma fundação do tipo estaca escavada, pois o meio em que o concreto está inserido pode haver componentes que gerem esse tipo de problema, sendo a retração química e expansão do concreto possíveis defeitos no concreto.

Pinheiro, Muzardo e Santos (2014) explicam que o processo de retração química é um fenômeno que ocorre no período de hidratação do cimento, quando a água não-evaporável presente no interior da estrutura do concreto se contrai, causando diminuição do volume da parte interna da estrutura. Outro fenômeno possível de ocorrer no concreto é a expansão, que ocorre geralmente em peças localizadas em ambientes submersos. Nesse processo é causado um aumento do volume do concreto, ocasionando em problemas para a estrutura em ambientes confinados (fundações profundas, por exemplo). Esses dois problemas podem, eventualmente, ocorrer em estacas escavadas, quando dispostas em contato com solo totalmente saturado, ou até no mesmo nível do lençol freático.

2.4 PARÂMETROS DE ENSAIO – ENSAIO DE RESISTENCIA A COMPRESSÃO AXIAL

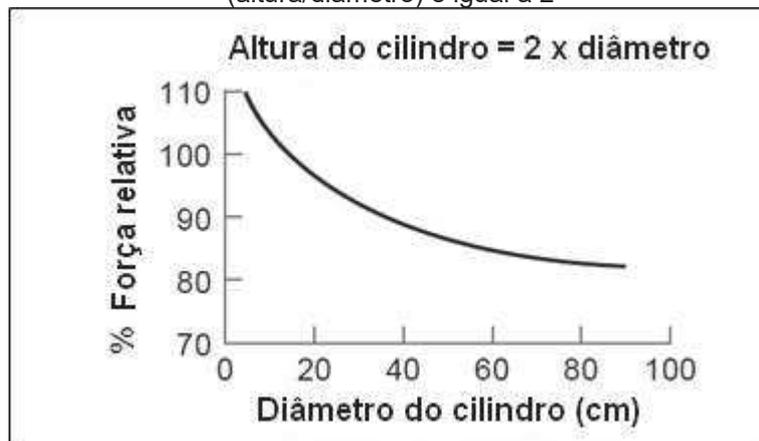
O concreto é um material muito explorado em carregamentos que resultam em compressão por possuir configurações resistentes a esse tipo de esforço (NEVILLE; BROOKS, 2013). Segundo Almeida (2002), a característica mais importante a ser analisada no concreto é a resistência à compressão simples. Ainda, o autor cita que esse parâmetro é determinado em corpos de prova padronizados para possibilitar que resultados de diferentes concretos possam ser comparados. Diante disso, são realizados ensaios para determinação desse indicador, sendo o principal deles o ensaio de resistência à compressão axial.

O resultado do ensaio de resistência à compressão é influenciado por vários fatores, dentre os quais estão: dimensões e tipo do corpo de prova, velocidade de carregamento durante o ensaio, temperatura, umidade e capeamento do corpo de prova. Diante desse fato, sabe-se que o ensaio de resistência à compressão axial deve seguir procedimentos padronizados, a fim de atender resultados eficientes (NUNES, 2005).

Quadros (2014) afirma que na prática, o módulo de elasticidade e a resistência à tração não são fatores que preponderam decisões, principalmente no canteiro de obras. O autor cita o exemplo da retirada das formas de lajes e vigas, sendo executada quando o valor de resistência à compressão do concreto é atingido, desconsiderando os prováveis efeitos de deformação e fissuras que possam surgir nas estruturas pois o concreto quando adquirir o seu enrijecimento e sua completa hidratação, mantém a sua forma e suas propriedades quando realizado a desforma.

Para Mehta e Monteiro (2008), a determinação da altura e do diâmetro dos corpos de prova que serão ensaiados estão associados diretamente aos resultados de resistência obtidos, pois quanto maior essa relação, menor será a resistência encontrada. Fixando a relação altura/diâmetro igual a dois, é realizada outra análise apenas do diâmetro da amostra, resultando em uma relação inversa entre o tamanho do diâmetro do corpo de prova e sua resistência, apresentada na Figura 1.

Figura 1 - Influência do diâmetro do corpo de prova sobre a resistência do concreto quando a razão (altura/diâmetro) é igual a 2



Fonte: Mehta e Monteiro (2008) Apud Concrete Manual, U.S. Bureau of Reclamation, pp.574-575. (1975), traduzido por Benvenuti

A NBR 5739 (ABNT, 2018) leva em consideração a relação da altura pelo diâmetro, utilizando-se de um fator de redução na determinação da resistência à compressão quando realizado o ensaio de compressão axial em amostras de concreto.

2.5 ESTACAS ESCAVADAS E A VARIAÇÃO DO NÍVEL D'ÁGUA NAS ESCAVAÇÕES

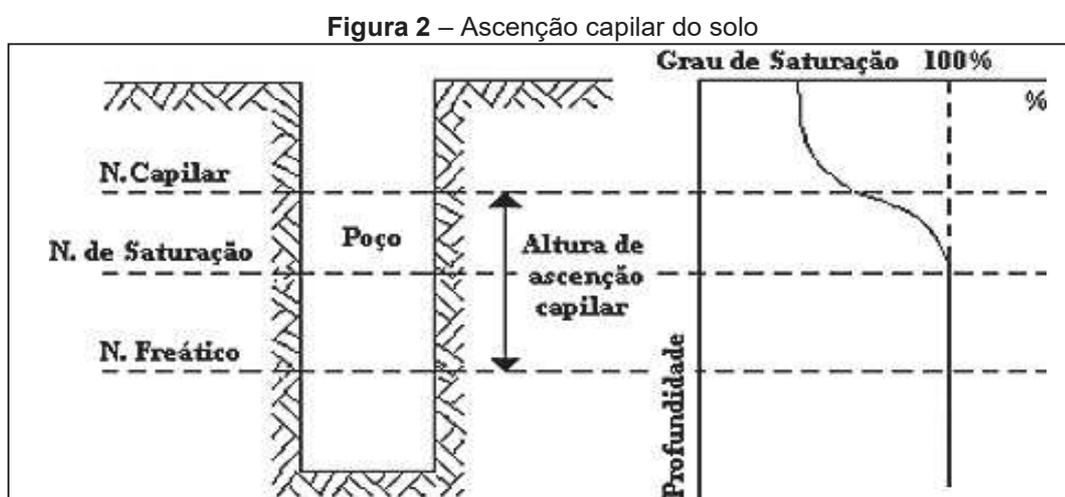
De acordo a NBR 6122:2010 – Projeto e execução de fundações, fundações profundas são definidas como elementos estruturais que transmitem carga da estrutura ao terreno pela sua base, suportando através de sua resistência de ponta, ou transmitem as cargas da estrutura ao terreno ao longo de seu fuste, e suportam os esforços solicitados através da resistência lateral. São compreendidas como profundas, as fundações do tipo estacas, tubulões e caixões.

Resende e Martins (2014) definem as estacas escavadas como aquelas executadas por uma perfuração direta ou retirada de material do terreno, e após um desses procedimentos, são concretadas. As estacas escavadas com trado mecânico realizam escavação utilizando um trado helicoidal que perfura e retira o material excedente até a profundidade desejada, e quando atingido esta profundidade, realiza-se o processo de concretagem da estaca.

Segundo Joppert Jr (2007), devido ao fato da escavação feita por trado helicoidal mecânico não utilizar nenhum revestimento no momento da escavação, a profundidade das estacas é limitada ao nível do lençol freático. Resende e Martins

(2014), esclarecem que não é recomendada a execução das estacas em espessas camadas saturadas devido ao risco de estrangulamento do fuste durante a fase da concretagem.

Pelo fenômeno da capilaridade, as partículas de água se elevam em relação ao nível do lençol freático, através dos interstícios de pequenas dimensões deixados por pequenas partículas do solo, ocasionando a saturação do solo presente acima do nível d'água (MARANGON, 2008). A Figura 2 apresenta um esquema explicativo de como o ambiente pode se comportar, expondo o nível do lençol freático e o grau de saturação acima dele.



Fonte: Marangon (2008)

Outro fenômeno que pode ocasionar problemas para o dimensionamento de estacas escavadas mecanicamente, é a variação do nível da água subterrânea. A elevação do lençol freático acontece principalmente devido às mudanças climáticas ao longo do ano. Dessa forma, em períodos de estiagem, o nível d'água sofre um rebaixamento, e em períodos chuvosos, a altura da lâmina d'água se encontra em uma posição elevada (MARANGON, 2008). A Figura 3 representa como se comporta o nível da água mesmo depois de efetuada a concretagem da estaca.

Figura 3 - Visualização da ocorrência de água no subsolo



Fonte: Marangon (2008)

A fim de evitar esta falha no dimensionamento de uma fundação do tipo estaca escavada, a norma NBR 6484 – Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio (ABNT, 2001) recomenda que no momento da realização da sondagem do local da edificação, caso haja um sinal de saturação do solo ou um aumento aparente de umidade do solo retirado da perfuração do trado, seja interrompido o processo de perfuração e seja iniciada a visualização da extrapolação da água do local perfurado, sendo realizadas leituras em um intervalo de cinco minutos, durante o período mínimo de quinze minutos. Caso haja brotamento na região do furo, faz-se necessário a drenagem desta água do local até a sua retirada total. A norma também preconiza que, após o tempo mínimo de doze horas, seja retirado o revestimento, realizando-se uma nova medição do nível d'água até a profundidade em que o furo se estende.

Com isso, como o nível da água depende principalmente das mudanças climáticas, no momento da perfuração da estaca escavada há a possibilidade de esta não ser concretada em contato com solo saturado ou estar acima do lençol freático, porém, o ambiente é capaz de se alterar até a hidratação final do concreto, podendo interferir no período de cura deste e no ganho de resistência do mesmo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Segundo Gonsalves (2001), a pesquisa experimental é definida quando um fenômeno é produzido de maneira controlada a fim de relacionar a teoria com a prática, exigindo observação sistemática dos resultados. A partir disso, o presente trabalho fundamentou-se em definir a resistência à compressão do concreto em contato com o meio saturado, simulando a condição de uma estaca escavada em solo saturado, e para isto foi utilizada uma dosagem de concreto convencional empregado em fundações na região de Toledo (PR).

3.1 MATERIAIS

O traço utilizado para a produção do concreto foi obtido através de uma empresa que realiza trabalhos em fundações na região de Toledo (PR). O traço utilizado e as quantidades de agregados utilizados são apresentados na Tabela 1. O cimento utilizado para a produção do concreto foi o Cimento CP II Z-32 da fabricante Votorantin, e os agregados foram cedidos pela empresa CBMO Engenharia Ltda. A areia utilizada era oriunda do leito do rio da cidade de Guaíra – PR e a brita utilizada foi do tipo basáltica. As características de ambos os agregados constam na Tabela 2.

Tabela 1 - Traço em massa, quantidade em kg de material utilizado e traço em volume do concreto produzido

	Cimento	Areia	Brita	a/c
Traço (Kg)	1	2,46	2,86	0,65
Traço utilizado (kg)	10	24,6	28,6	6,5
Traço (m³)	1,00	2,50	3,03	0,65

Fonte: Autoria própria (2019)

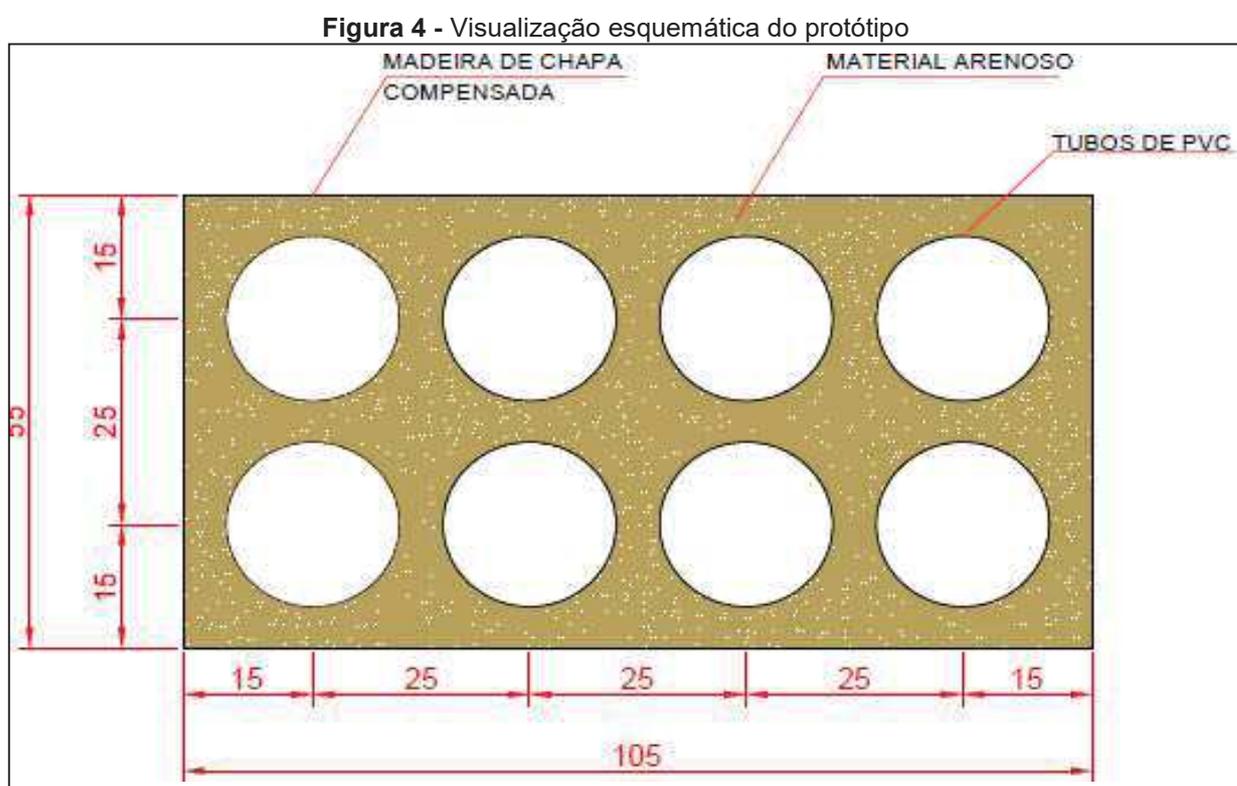
Tabela 2 - Características dos agregados utilizados

	Cimento	Areia	Brita
Massa específica seca (g/cm³)	3,2	2,78	2,59
Massa unitária seca (g/cm³)	1,42	1,4	1,34
Módulo de finura (mm)		3,08	
Diâmetro máximo (mm)		1,19	19

Fonte: Autoria própria (2019)

Para que fosse garantido o contato do concreto com o meio saturado, desde o início de seu processo de endurecimento, foi confeccionado um protótipo que

viabilizasse este ambiente durante o período de 28 dias. Na Figura 4 é possível observar um esquema de como foi idealizado o protótipo. Esse objeto consistiu em uma caixa de madeira que em sua base foram depositados 8 tubos de PVC de 200mm de altura e 100 mm de diâmetro, estes serviram como fôrmas para a moldagem dos corpos de prova de concreto. Nas paredes internas dos tubos de PVC, foi utilizado um óleo para posterior desmolde das amostras de concreto. Dentre esses tubos, 2 tubos foram utilizados para teste, tendo sido retirada a amostra de concreto do interior do protótipo 24 horas após a sua moldagem, para que se tivesse conhecimento do formato que o corpo de prova de concreto tivesse disposto, visto que, poderia ter ocorrido um estrangulamento do seu diâmetro e com isso não estivesse em um formato apropriado para posterior ensaio de compressão axial. Os outros 6 corpos de prova inseridos no protótipo, ficaram no interior do protótipo durante o período de cura de 28 dias. O ensaio de compressão axial foi realizado apenas nos 6 corpos de prova que passaram o tempo de cura completo no interior do protótipo. No espaço entre os moldes foi inserido um material arenoso e, após realizada a moldagem das amostras, o material arenoso foi saturado. É possível uma melhor visualização do protótipo preparado para o início do processo de moldagem na Figura 5.



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 5 - Disposição dos materiais no interior do protótipo



Fonte: Autoria própria (2019)

3.2 MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA

Foram produzidos aproximadamente 22 litros de concreto para a moldagem dos corpos de prova, com as dimensões de 200mm de altura e 100mm de diâmetro. Foram realizadas duas condições de cura para as amostras de concreto, e produzidos 6 corpos de prova para cada condição. A primeira condição foi a no interior do protótipo produzido, sendo esta condição que simulou um ambiente de contato do concreto com o meio saturado durante o período de cura, e a outra condição na qual a cura foi realizada no interior de um tanque com água e cal (Figura 5). Ambas as situações analisadas estavam localizadas no Laboratório de Estruturas da universidade.

Os corpos de prova que obtiveram a sua cura imersos no tanque com água e cal, foram moldados em fôrmas metálicas e posteriormente imersos no tanque, como prevê a NBR 5738 (ABNT,2015), tendo assim, um ambiente controlado. Estas amostras serão chamadas de corpos de prova de controle, e terão a sua nomenclatura

pela abreviação CPC, pois forneceram dados que serviram de referência para os resultados obtidos com os corpos de prova que atingiram a cura no interior do protótipo.

O processo de moldagem dos corpos de prova de controle foi realizado conforme os procedimentos previstos na NBR 5738 (ABNT, 2015). Para a moldagem desses elementos foram utilizadas fôrmas metálicas com 100 (cem) milímetros de diâmetro e 200 (duzentos) milímetros de altura. Realizou o adensamento manual, tendo sido preenchido as amostras em duas camadas, e utilizando-se de uma haste metálica, cada camada recebeu 12 golpes de adensamento, seguindo as instruções da norma citada anteriormente.

Após essa etapa, os corpos de prova passaram por um período de 24 horas de cura inicial no interior das fôrmas metálicas e, em seguida, foi realizado o desmolde das amostras. Após o procedimento de desmolde, os corpos de prova foram imersos no interior do tanque com água e cal durante o período de 27 dias, totalizando os 28 dias de cura do concreto. Concluído esse tempo, as amostras foram retiradas do tanque e transportadas até o local onde foi realizada a retífica dos materiais de concreto e realizado o ensaio de compressão axial para medir a resistência dos elementos.

Figura 5 - Disposição dos corpos de prova de controle no interior do tanque de água e cal



Fonte: A autoria própria (2019)

Juntamente com a moldagem dos corpos de prova de controle, realizou-se a confecção das amostras inseridas no interior do protótipo, as quais terão a abreviação de CPP. As fôrmas de PVC continham a dimensão de 100 (cem) milímetros de diâmetro e 200 (duzentos) milímetros de altura, portanto, foram seguidos os mesmos procedimentos de moldagem e adensamento dos corpos de prova de controle, conforme a NBR 5738 (ABNT, 2015). Duas amostras foram retiradas do interior do protótipo após 24 horas da moldagem para verificar se as amostras estariam em condições, em relação ao seu formato e tamanho, para posterior realização do ensaio de compressão axial. A desforma das respectivas amostras ocorreu logo após a moldagem dos corpos de prova, visto que, o processo das reações físico químicas do concreto se iniciam durante o período de cura inicial de 24 horas e está sendo analisado o comportamento do concreto em meio saturado desde o início de seu tempo de cura.

Após a retirada das fôrmas dos elementos curados no interior do protótipo, iniciou-se o lançamento de água para saturação do material arenoso, observado na Figura 6, realizado de maneira gradual até que o nível de água atingisse o topo da camada de areia, garantindo a saturação de todo o material arenoso. Devido às perdas de água ocasionadas pela evaporação durante o período de cura, o protótipo foi preenchido esporadicamente, preservando o estado de saturação do material em todo o processo.

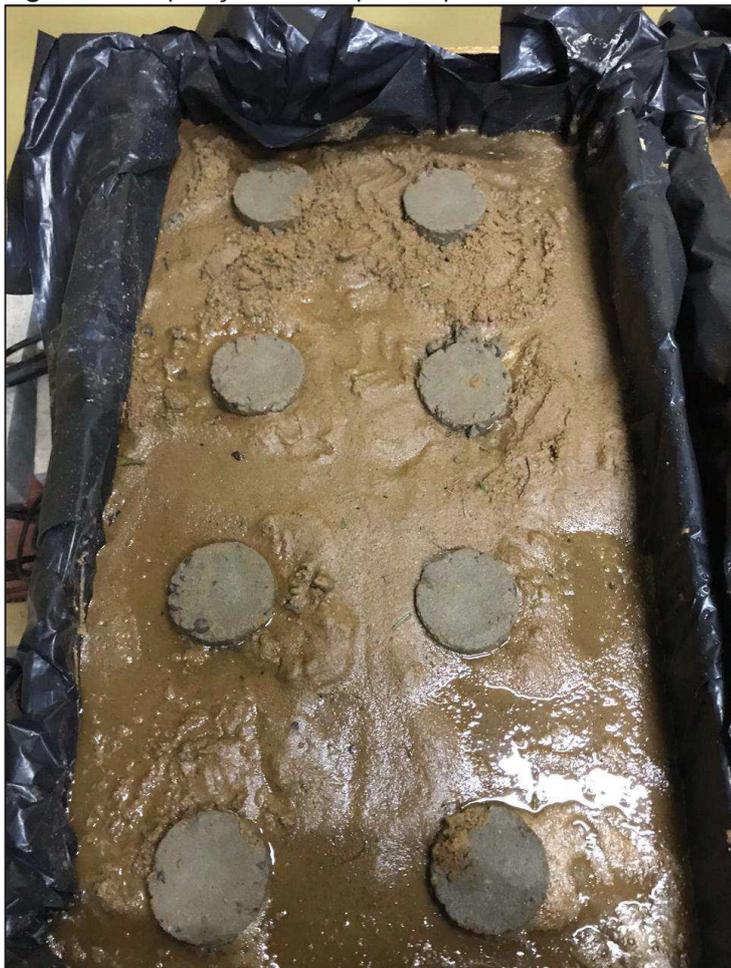
Figura 6 - Início da saturação do material arenoso



Fonte: Autoria própria (2019)

Os corpos de prova ficaram no interior da caixa durante o período de 28 dias em meio saturado, conforme a Figura 7, mesmo período dos corpos de prova de controle imersos no tanque com água. Em seguida, os elementos foram retirados do protótipo e levados até o laboratório, onde passaram pelo processo de retífica. Finalizados esses processos, todos os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de compressão axial.

Figura 7 - Disposição dos corpos de prova durante os 28 dias



Fonte: Autoria própria (2019)

3.3 ENSAIO DE COMPRESSÃO AXIAL

Foi utilizada a prensa hidráulica (Figura 8) para realização do ensaio nos 12 corpos de prova de concreto produzidos. O resultado de carga máxima realizada pela prensa até o rompimento do concreto resultou na valoração exata da resistência a compressão do concreto, através da Equação 2:

$$f_c \text{ (MPa)} : \frac{F_d \text{ (KN)}}{\text{Área do corpo de prova (mm}^2\text{)}} \quad \text{(Equação 2)}$$

Figura 8 - Prensa hidráulica de compressão em laboratório da empresa de engenharia



Fonte: Autoria própria (2019)

Devido a moldagem dos corpos de prova serem feitas em formas de tubos de PVC no interior dos protótipos, não foi garantido uma uniformidade das dimensões das amostras, sendo assim, foi realizado a medição das dimensões de cada corpo de prova, e através desses valores, utilizado um fator de redução considerando a relação entre altura pelo diâmetro da amostra, previsto pela NBR:5739 (ABNT, 2018), visualizados na Figura 9, para realização do cálculo final da resistência a compressão das amostras. Os valores intermediários foram determinados através de interpolação linear, processo recomendado pela norma.

Figura 9 - Tabela para cálculo do fator de redução da resistência obtida através do ensaio de compressão axial

Relação h/d	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00
Fator de correção	1,00	0,98	0,96	0,93	0,86
NOTA Valores intermediários podem ser obtidos por interpolação linear, com aproximação de centésimos.					

Fonte: NBR:5739 (ABNT, 2018)

3.4 MÉTODO DE ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO

Para saneamento dos resultados obtidos, foi realizado a verificação dos resultados obtidos pelo método de Outliers, a fim de analisarmos os resultados obtidos de uma forma mais uniforme, sem que haja alguma nos produtos do ensaio.

Para análise estatística entre as resistências à compressão entre os concretos submetidos a ambientes de cura diferentes, os resultados foram submetidos à um método de verificação entre médias de dois grupos diferentes com base no Test T de Student, utilizando a ferramenta *Análise de dados* do programa computacional *Microsoft Excel*.

Neste teste, considera-se duas hipóteses, a hipótese nula (H_0), e se considerada demonstra igualdade estatística entre as médias das amostras, e se caso esta hipótese seja rejeitada, tem-se a hipótese alternativa (H_1), a qual demonstra diferença estatística entre as médias dos grupos analisados.

Para verificação se será considerada a nulidade das hipóteses, utilizou-se da relação entre o nível de significância da amostra e o valor-p obtido através do teste T de student. O nível de significância estatística utilizado (α) foi de 5%, este valor diz respeito a uma margem de erro tolerável que sustenta a rejeição da hipótese de nulidade. Calcula-se também o valor-p, sendo este o valor uma quantificação da probabilidade de se errar ao rejeitar H_0 . Se este valor for menor que o nível de significância, concluiu-se que o correto era rejeitar a hipótese de nulidade H_0 , aceitando assim a hipótese alternativa (H_1).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para determinação dos resultados do ensaio de compressão axial, foi realizado a medição da altura e do diâmetro de todos os corpos de prova, a fim de determinação do fator de redução de cada amostra, para enfim, calcular a resistência a compressão dos corpos de prova. Após realizada a medição, foi iniciado o ensaio de resistência a compressão, e através das forças resistidas de cada amostra, tem-se a resistência a compressão.

Na Tabela 3, constam as dimensões e resultados das amostras ensaiadas, sendo os corpos de prova de controle denominados através da abreviação CPC, e os corpos de prova inseridos no interior do protótipo representados pela abreviatura CPP. Os resultados demonstrados na Tabela 3 representam a resistência obtida (F_c) já considerada o fator de redução a partir da relação de altura e diâmetro das amostras.

Tabela 3 – Resumo das dimensões dos corpos de prova, das forças máximas aplicadas, o fator de redução de cada amostra e sua resistência a compressão

Traço (1:2,46:2,86:0,65)							
Corpo de prova	Diâmetro (d) (mm)	Área (mm ²)	Altura (h) (mm)	h/d	Força (KN)	Fator de redução	fc (MPa)
CPC	97	7389,8	189	1,95	16,87	0,996	22,74
CPC	98	7543,0	190	1,94	16,91	0,995	22,31
CPC	98	7543,0	183	1,87	16,16	0,989	21,19
CPC	97	7389,8	184	1,90	15,57	0,997	21,01
CPC	97	7389,8	190	1,96	15,63	0,992	20,98
CPC	96	7238,2	188	1,96	15,25	0,99	20,86
CPP	98	7543,0	177	1,81	15,68	0,985	20,48
CPP	98	7543,0	174	1,78	14,94	0,981	19,43
CPP	98	7543,0	169	1,72	14,54	0,975	18,79
CPP	99	7697,7	179	1,81	14,66	0,985	18,76
CPP	98	7543,0	171	1,74	13,45	0,979	17,46
CPP	97	7389,8	179	1,85	12,85	0,985	17,13

Fonte: Autoria própria (2019)

4.1 VERIFICAÇÃO ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos através da verificação Outliers são observados na Tabela 4, e comparados com os valores de resistência obtidos na Tabela 3. Através desta verificação, nota-se que não há nenhum valor fora do limite superior ou inferior, não havendo a necessidade de descarte de nenhum valor obtido.

Tabela 4 - Valores calculados para verificação por Outliers

Corpos de prova	C3	C3P
Fcm	21,7	19,02
Q1	21,1	17,72
Q3	22,5	20,06
IQR	1,5	2,34
Lim sup	23,8	22,53
Lim inf	19,5	15,52

Fonte: Aatoria própria (2019)

O cálculo do teste T de student para análise das médias de dois grupos considerou um nível de significância estatística $\alpha = 5,0\%$, e o resumo do teste é apresentado na Tabela 5. Como o valor-p foi menor que o nível de significância estatística, tem-se que as médias das resistências das amostras de concreto dos corpos de prova de controle são diferentes estatisticamente que a média das resistências das amostras inseridas no interior do protótipo.

Tabela 5 - Resumo do teste T de Student

	Corpos de prova de controle	Corpo de prova do protótipo
fcm (MPa)	21,51	18,67
Variância	0,64	1,54
Observações	6	6
Hipótese da diferença de média	0	
Grau de liberdade	9	
Stat t	4,707	
P(T<=t) uni-caudal	0,00055	
t crítico uni-caudal	1,833	
Valor-p (T<=t) bi-caudal	0,0011	
t crítico bi-caudal	2,262	

Fonte: Aatoria própria (2019)

4.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS ENTRE OS CORPOS DE PROVA EM DIFERENTES AMBIENTES DE CURA

Com os valores introduzidos na Tabela 3 (página 28), referentes às resistências obtidas dos corpos de prova aos 28 dias, é possível analisar o comportamento do concreto inserido em ambiente de contato com o solo saturado quando aplicado um esforço de compressão.

O concreto inserido no interior do protótipo sofreu uma redução de sua resistência média em 13% em relação aos corpos de prova de controle.

Logo após a desforma, observou-se que as características dos corpos de prova, que permaneceram no interior do protótipo durante os 28 dias, e estes apresentaram um pequeno rebaixamento em relação a sua altura inicial. Com isso, foi obtida uma não uniformidade dos corpos de prova, que, citada por Mehta e Monteiro (2008), além do ambiente de cura que as amostras foram inseridas, é outro fator influente na sua resistência a compressão. Na Figura 10 observa-se, da esquerda para a direita, um corpo de prova moldado no interior do protótipo e outro moldado em forma metálica, respectivamente.

Devido aos dois ambientes onde as amostras foram inseridas serem saturados, temos os resultados de resistência dos corpos de prova com valores aproximados, porém, como observado na análise estatística das médias das resistências, foram classificados como diferentes estatisticamente. Isso mostra que o ambiente em contato com o meio saturado prejudicou o ganho de resistência das amostras inseridas no ambiente que simulou o contato do concreto com o meio saturado.

Figura 10 - Corpos de prova antes de serem rompidos, a esquerda o corpo de prova que se manteve no interior do protótipo e ao lado direito um corpo de prova de controle



Fonte: Autoria própria (2019)

5 CONCLUSÃO

Neste estudo experimental, foi analisado o comportamento do concreto ao ser empregado em meio saturado, verificando a melhor alternativa para ambientes com possíveis elevações do lençol freático ou fenômenos de capilaridade de água. A partir dos resultados do ensaio de compressão axial realizado em corpos de prova moldados em formas metálicas, e com processo de cura controlada, foi possível realizar uma comparação com corpos de prova moldados no interior de um protótipo de simulação de ambiente do concreto em contato com um meio saturado, que passaram o seu processo de cura no interior deste protótipo. Os resultados mostraram que, independentemente da quantidade de água que se encontra ao seu redor, o concreto não será influenciado positivamente para o seu ganho de resistência, mesmo estando em um ambiente de saturação próximo ao que se encontrou as amostras inseridas no tanque de água e cal.

O ambiente nele inserido não foi o ideal para durante o seu tempo de cura, porém, considerando algumas amostras isoladas, alcançou-se uma resistência próxima as amostras com a sua cura ideal, portanto, pode-se afirmar que um concreto com uma correta proporcionalidade de materiais pode resultar em um concreto com uma resistência a compressão satisfatório, sendo assim, constituindo-se em um elemento confiável para ser empregado no canteiro de obra. Descartando assim, a possibilidade do emprego de um concreto com falta de água, pois, usualmente em canteiros de obra, utiliza-se um concreto com falta de água de amassamento esperando que está água excedente na região escavada das estacas seja absorvida.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Avaliar o comportamento do concreto lançado em um solo predominante da região de Toledo – PR, e esteja em estado de saturação ou seco;
- Desenvolver e viabilizar um traço específico para situações em que o concreto será lançado em ambiente de saturação;
- Determinar a resistência característica do concreto empregado em um ambiente saturado com períodos mais longo de cura;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. C. **Concreto**. Agosto de 2002. Notas de Aula.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 53**: Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

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**: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12821**: Preparação de concreto em laboratório - Procedimento. Rio de Janeiro, 2009.

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 6122**: Projeto e execução de fundação. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484**: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2001.

ALVES, Marcelo Corrêa. **Teste t de Student**. Piracicaba: Proc Step, 2017.

GONSALVES, E. P. **Iniciação à pesquisa científica**. Campinas, SP. Alínea, 2001. 80 p.

HELENE, P; TARZIAN, P. **Manual de dosagem e controle de concreto**. Brasília: Pini, 1992.

ISERHAD, J. L. de F. **Contribuição ao estudo da viabilidade da cura do concreto por energia solar**. 164 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

JOPPERT JUNIOR, I. **Fundações e Contensões de Edifícios: qualidade total na gestão do projeto e execução**. [s.i]: Pini, 2007. 221 p.

KOSMATKA, STEVEN H.; KERKHOFF, BEATRIX; PANARESE, WILLIAM C. **Design and Control of Concrete Mixtures**, EB001, 14th edition, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, USA, 2002, 358 pages.

MARANGON, M. **Geotecnia de fundações**. 2018/3. Notas de Aula.

MARTINS, M; CARDOSO, I; SUZUKI, L; MILANI, I; COLLARES, G; DAI PRÁ, M. **Varição da profundidade do lençol freático em uma área de construção civil em Pelotas- RS**. Pelotas, RS: Congresso de Iniciação Científica, 2010. 4 p.

MEDEIROS, M. H. F. de et al. Resistência a compressão em testemunho de concreto: Influência do fator de esbeltez, diâmetro da amostra e método de extração. **Reec - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, [S.I.], v. 13, n. 1, p.240- 250, 29 mar. 2017. Universidade Federal de Goiás.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais**. 3. ed. São Paulo: Ibracon - Instituto Brasileiro de Concreto, 2008.

NEIVA, E. R.; ABBAD, G.; TRÒCCOLI, B. T. **Roteiro para Análise Fatorial de Dados**. Instituto de Psicologia e PPGA, Programa de Pós-Graduação em Psicologia Social, do Trabalho e Organizacional. Brasília: Universidade de Brasília – Unb, 2012.

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

NUNES, F. W. da G. **Resistência e módulo de elasticidade de concretos usados no rio de janeiro**. 2005. 110 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

PEDROSO, F. L. **Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem**. Revista Concreto e Construções, São Paulo: IBRACON, n. 53. Jan./Mar., 2009. Trimestral. ISSN 1809-7197.

PINHEIRO, L. M.; MUZARDO, Cassiane D.; SANTOS, Sadro P.. Características do Concreto: Capítulo 2. In: **Estruturas de concreto**. São Paulo: USP, 2014. p. 10-19.

PINTO, C. S. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 267 p.

QUADROS, P. A. **Estudo das correlações entre as propriedades mecânicas do concreto**. 2014. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

RESENDE, R. J.; MARTINS, M. Estudo comparativo de viabilidade dos principais tipos de fundações profundas. **Revista Pensar Engenharia**, Belo Horizonte, v. 2, n. 1, p.1-23, jan. 2014.

SILVA, C. B.; COSTA, D. W.; BASTOS, S. R. B. **Estudo de caso – Traços de concreto para uso em estruturas pré-moldadas**. São Carlos: Encontro Nacional de Pesquisa-projeto-produção em Concreto Pré-moldado. 2005. 8 p.

SILVA FILHO, L. C. P; HELENE, P. **Análise de Estruturas de Concreto com Problemas de Resistência e Fissuração**. Capítulo 32. In: Geraldo C. Isaia. (Org.). **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1 ed. São Paulo: IBRACON, 2011, v. 2, p. 1129-1174

SILVA, I; LIBÓRIO, J. **A estrutura porosa de pasta, argamassa e concreto de cimento Portland e sua influência na durabilidade do concreto**. Florianópolis: Congresso Brasileiro de Cerâmica, 1999. 11 p.

TEIXEIRA, C Z. **Comportamento de estacas escavadas em solos colapsíveis**. 1993. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.

TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. Dosagem dos Concretos de Cimento Portlando. In: ISAIA, Geraldo C.. **Concreto**. São Paulo: Ibracon - Instituto Brasileiro de Concreto, 2011. Cap. 12, p. 38.

VALIN JUNIOR, M; CORREA ALVES, D. H. Influência de diferentes climas urbanos na qualidade do concreto. **Revista Engenharia e Construção Civil**, Curitiba, v. 3, n. 1, p.42-56, jan. 2016.