

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DO CONCRETO UTILIZADO PARA
CONCRETAGEM DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS**

**ANALYSIS OF THE PROPERTIES OF CONCRETE USED FOR CONCRETING
STRUCTURAL ELEMENTS**

Caroline Maiza Dapper¹

Djeison Spies Reis²

Elisa Cristina Trebien³

Givanildo Martins de Quadros⁴

Jackson Luis Bartz⁵

Resumo:

Os problemas recorrentes em estruturas de concreto, tais como redução da durabilidade e resistência mecânica, geralmente têm origem em falhas durante o processo de concretagem, especialmente nas etapas de lançamento e adensamento. Este estudo, com objetivo de analisar a variação de resistência à compressão quando o concreto é lançado de Acima da altura permitida de dois metros. Um único traço de concreto foi utilizado para a concretagem, tornando a altura o principal fator de influência nos resultados. Os resultados indicaram que, para uma altura de lançamento entre dois e quatro metros, os valores de resistência à compressão foram inferiores em comparação com outros casos, sugerindo que o lançamento de concreto de alturas mais elevadas pode resultar em uma perda de resistência à compressão. A análise visual dos testemunhos extraídos também revelou a ausência de vazios relacionados a falhas na concretagem. Essas descobertas destacam a importância de considerar cuidadosamente a altura de lançamento durante o processo construtivo para otimizar a resistência e durabilidade do concreto em estruturas.

Palavras-chave: altura de lançamento; Resistência mecânica; Concreto.

Abstract:

¹ Engenheira Civil pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Professora de Curso Superior e Servidora Pública na Prefeitura Municipal de Vista Gaúcha. Mestrado em Modelagem

Matemática pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ.

² Engenheiro Civil, Centro Universitário FAI – UCEFF Itapiranga;

³ Engenheira Civil, Mestrado Profissional em Tecnologia e Gestão da Inovação pela Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Brasil (2021) Professor Colaborador da Unidade Central De Educação FAI Faculdade.

⁴ Engenheiro Civil pela Universidade Comunitária da Região de Chapecó - UNOCHAPECO, Professor e Coordenador de Curso Superior. Graduado, como duas especializações: Estudos Sociais e da Religião pela Universidade do Oeste de Santa Catarina -UNOESC e Espaços Celebrativo/Litúrgico e arte Sacra pela Faculdade Jesuíta de Filosofia e Teologia - FAJE. Mestrado Profissional em Políticas Sociais e Dinâmicas Regionais pela Universidade Comunitária da Região de Chapecó – UNOCHAPECO

⁵ Graduação em Engenharia Mecânica - UFSM; Especialização em Logística Empresarial - FGV; Especialização em Engenharia de Segurança no Trabalho. (Carga Horária: 664h) – FAHOR.

Recurrent issues in concrete structures, such as reduced durability and mechanical strength, often stem from failures during the concreting process, especially in the stages of pouring and compaction. This study investigated the effects of compression strength variation when concrete is poured from above the allowed height of 2 meters. A single concrete mix was used for concreting, making height the primary influencing factor in the results. The findings indicated that, for a pouring height between 2 and 4 meters, compression strength values were lower compared to other cases, suggesting that pouring concrete from greater heights may result in a loss of compression strength. Visual analysis of extracted samples also revealed the absence of voids related to concreting failures. These findings underscore the importance of carefully considering pouring height during the construction process to optimize the strength and durability of concrete in structures.

Keywords: pouring height; Mechanical strength; Concrete

Introdução

Um dos componentes mais utilizados nas construções é o concreto, pela sua alta versatilidade e emprego, podendo ser denominado como concreto simples, concreto armado e concreto protendido, onde tem evoluído constantemente para atender as demandas do mercado. (Borges, 2022).

Devido ao seu alto emprego, o concreto, como outros elementos construtivos, é regido por normas que estabelecem requisitos e procedimentos a serem seguidos para que todos os elementos sejam seguros. No caso concreto estabelece sua resistência mínima, agregados a serem atualizados e suas respectivas dosagens (Sperandio; Carelli, 2019).

E com os avanços tecnológicos do concreto, torna-se comuns estruturas cada vez mais arrojadas, exigindo mais a cada dia do controle de qualidade dos elementos cimentícios, não permitindo falhas básicas no descumprimento de algum parâmetro estipulado por norma na produção, transporte e lançamento do concreto (Jorge, 2022).

Onde elementos estruturais como fundações profundas, pilares com pé direito duplo, exigem certo cuidado ao serem executados, pois o lançamento inadequado do concreto nestes elementos gera uma maior possibilidade de ocorrência de manifestação patológica, à medida que as técnicas aplicadas não sejam as definidas e exigidas por norma. (Antunes, 2022).

A compreensão dessa relação é fundamental para garantir a durabilidade e a integridade estrutural das construções de concreto. Envolvendo a avaliação das variações na resistência à compressão em diferentes alturas de lançamento, proporcionando dados sobre as práticas ideais para a colocação de concreto, visando

aprimorar a qualidade geral e o desempenho das estruturas de concreto (Trombetta; Carelli, 2019).

Devido ao montante de propriedades que esses elementos estruturais dependem, o aprimoramento das propriedades técnicas do concreto apresenta muitas vantagens e é uma alternativa para quem procura um diferencial no mercado de trabalho do setor. Desenvolver novos concretos já se tornou uma necessidade na indústria da construção e os cuidados com o mesmo também, uma vez que se possui diversas normas para seguir. Diante disso, Christ *et al* (2019) afirmam que o uso de técnicas corretas se faz necessário e é primordial a fim de garantir tais propriedades.

Diante do exposto, qual a influência do lançamento inadequado de concreto em elementos estruturais, não respeitando a altura máxima exigida por norma.

O Concreto

O concreto normatizado pela NBR 6118/2023 – Projeto de estruturas de concreto, é um material composto por cimento, água, agregados (como areia, pedra britada, entre outros) e em alguns casos aditivos químicos, utilizado na construção civil para formação de estruturas em edifícios, pontes, barragens, entre outros (Couto *et al.*, 2013).

É um material considerado durável, resistente à compressão e tração, além de possuir boa aderência com a armadura de aço utilizado na construção de estruturas de concreto armado. Pode ser produzido de diversas formas, com diferentes resistências e características específicas para atender às necessidades de cada obra. Seu estudo e aprimoramento são constantes, com o objetivo de oferecer soluções inovadoras e sustentáveis para a construção civil (Moraes; Lopes, 2010).

Segundo Neville (2015), o cimento Portland o mais utilizado na construção civil, constitui apenas um quarto do montante do concreto, sendo o responsável por dar resistência ao conjunto, tendo ainda variações que indicam seu uso. Onde três quartos do concreto são os agregados sendo um dos fatores responsáveis pela resistência e desempenho do mesmo, tendo que exigir uma certa qualidade para atingir os resultados esperados.

Como os agregados tem uma relação direta com a resistência, espera-se além da qualidade, uma boa homogeneidade e dosagem dos mesmos, tendo em vista o ponto econômico uma maior quantidade de agregados e um menor teor de cimento é mais vantajosa, tendo que analisar o custo benefício em relação ao concreto fresco e endurecido desejado (Boaretto, 2017).

A mistura do concreto pode ser executada de forma manual e mecânica, sendo ela a junção de elementos com aglomerantes, agregados, aditivos e água, resultando em uma pasta homogênea (Branco; Pieretti, 2012).

Propriedades Do Concreto Fresco

Conforme Bauer (2008), o concreto fresco é a mistura de agregados juntos a uma pasta de cimento e vazios de ar, sendo essa pasta composta por grãos de cimento e água, ainda podendo os vazios de ar sendo bolhas isoladas ou interligadas, sendo considerado fresco até quando se inicia sua pega.

A pega por sua vez é definida como o enrijecimento do concreto, perdendo sua consistência plástica, causada pela perda de água tanto no processo de cristalização como de evaporação, sendo possível ainda estender esse tempo de pega com a incorporação de aditivos químicos (Corrêia; Souza, 2014).

A plasticidade determina a coesão dos componentes do concreto, onde a falta de coesão entre a pasta de cimento e do agregado causa a separação e a segregação, podendo ser causada por motivos como a movimentação brusca vibrando-o excessivamente, no lançamento ou transporte (Oliveira, 2014).

Conforme Sperandio e Carelli (2019), a consistência do concreto, está relacionada ao estado da fluidez da mistura, determinados a partir da relação entre cimento e seus agregados, tendo assim sua trabalhabilidade garantida, podendo ser classificado como úmido, plástico ou fluido.

Onde a trabalhabilidade é determinada pela força necessária para causar certa deformação, já estabelecida por vários métodos e aparelhos feitos para verificar os vários fatores que irão influenciar no concreto (Benetti, 2007).

O ensaio de abatimento do concreto (*slump test*), um dos métodos mais utilizado em obras e laboratórios para a verificação rápida das características do concreto fresco, analisado assim a fluidez do concreto (Margarida; Junklaus, 2018).

Conforme a NBR 16889/2020 - Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone ao posicionar o conjunto *slump test* sobre uma superfície plana livre de vibrações, se faz necessário preenchimento em três camadas iguais adensando cada camada com vinte e cinco golpes uniformemente distribuídos, após a retirada do molde e aferido o abatimento do concreto, determinando a diferença de altura entre o molde e o corpo de prova.

Sendo ainda nesta etapa que são retirados os corpos de prova, formas cilíndricas metálicas preenchidas com concreto tendo que as adensar para retirar os vazios presentes, para assim não comprometer a amostra, retirando corpos de prova para posterior realização de ensaios. (Margarida; Junklaus, 2018).

Propriedades do Concreto Endurecido

Considera-se concreto endurecido a partir do momento em que o ponto de pega termina, sendo um elemento que está em constante evolução, onde sua qualidade poderá variar dependendo dos cuidados tomados na escolha dos materiais a dosagem correta e o manuseio do concreto fresco (Bauer, 2008).

As principais características do concreto no estado endurecido são: resistência mecânica, que dependerá da sua preparação e de sua idade, a durabilidade e impermeabilização, que dependerá do ambiente que o concreto será exposto como a ação do tempo e agentes químicos (Oliveira, 2014).

Uma das mais importantes propriedades do concreto é a resistência mecânica, que exerce influência direta sobre as propriedades do concreto endurecido, dando uma visão da sua qualidade e ainda uma previa das suas qualidades como impermeabilidade, modulo de elasticidade e resistência ao tempo (Neville, 2015).

A resistência é dada pela capacidade de o concreto resistir a tensões de ruptura, aonde o corpo de prova será considerado rompido mesmo que não apresente fissuras visíveis, mas acontecendo a perda das tensões ocasionadas por fissuras internas (Trombetta; Carelli, 2019).

Ensaio de compressão determinará a resistência mecânica de um determinado corpo de prova, verificando se o mesmo atingiu a resistência mínima estipulada, sendo o mesmo realizado com a utilização de uma prensa podendo ser manual, hidropneumática ou pneumática. (Benetti, 2007).

A absorção de água é descrita como o quanto de água um elemento poroso pode absorver, sendo a absorção determinada pela diferença de massa do elemento seco e o mesmo após certo tempo submerso (Miranda Junior, 2018)

O estudo e a verificação da absorção de água se torna imprescindível, pois a mesma está diretamente ligada a durabilidade do concreto, ou ação de outros elementos nocivos, sendo assim quanto menor a permeabilidade do concreto maior será a durabilidade (Bauer, 2008).

Sendo assim quanto menor a quantidade de vazios presentes no concreto, menor será sua absorção, aumentando ainda sua durabilidade e sua resistência. Os ensaios de absorção deverão seguir todos os procedimentos listados na NBR 9778/2009 – Argamassa e concreto endurecidos – Determinação de absorção de água, índice de vazios e massa específica (Oliveira, 2014).

Elementos Estruturais

Vigas, pilares, treliças, tirantes entre outros, são alguns dos elementos que compõem as estruturas de concreto armado, sendo denominados de elementos estruturais básicos, ainda divididos em outras duas categorias as superestruturas e infraestruturas (Leet; Uang; Gilbert, 2010).

As superestruturas, são compostas por elementos que estão acima do nível do solo, em construções de concreto armado são compostas basicamente por três elementos; pilares, vigas e lajes, sendo estes os elementos que recebem e deslocam todas as cargas para a infraestrutura da edificação, tendo assim que serem executadas seguindo todas as normas vigentes (Bastos, 2006).

Já as infraestruturas, são elementos de fundação das edificações que recebem e distribuem as cargas no terreno, sendo os mais comuns sapatas e estacas, sendo escolhida a infraestrutura mais adequada para cada situação, onde solos com baixa

capacidade de suporte são recomendadas fundações profundas como estacas (Campos, 2015).

Manifestações Patológicas

Podem ser definidas pela degradação ocorridas nas edificações, sendo elas geradas durante a execução, concepção ou o envelhecimento da estrutura, onde as mais comuns ocasionadas no concreto são; fissuras, permeabilidade e a segregação (Bauer, 2008).

As fissuras são as mais visíveis e mais fácil de ocorrer no concreto, por inúmeros motivos, sendo a falta de resistência do concreto, sobrecargas, retrações entre outras, podendo estas levarem a futuras manifestações patológicas mais graves como a corrosão das armaduras, comprometendo diretamente a resistência da estrutura (Corrêia; Souza, 2014).

A permeabilidade irá influenciar diretamente na vida útil do concreto, pois se é muito permeável em elementos estruturais causara danos diretos ao concreto e sua armadura, pela passagem de líquidos e gases pelos poros do concreto (Branco; Pieretti, 2012).

Há vários fatores que podem levar ao concreto segregar, podendo ser no seu transporte, em seu lançamento e adensamento, sendo estes, lançamento inadequado e a má vibração, os principais causadores desta manifestação patológica, com a queda do material causa a separação dos elementos constituintes do concreto, pois as massas destes elementos são distintas (Nascimento, 2012).

Sendo ainda a má vibração responsável pelo surgimento de vazios nas estruturas, conhecidas como bicheiras, causando fragilidade e em alguns casos danos irreversíveis comprometendo toda a estrutura sendo necessário sua avaliação para determinar os danos, verificando ainda se são reparáveis ou se necessitam ser rompidos e executados novamente, aumentando gastos e influenciando ainda no cronograma da obra (Araujo, 2020).

Classificação da Pesquisa

A presente pesquisa teve cunho exploratório e experimental, ou seja, foram realizados ensaios de inspeção visual, resistência a compressão axial e testes de absorção de umidade para determinar suas propriedades.

Local da Pesquisa

A pesquisa foi realizada nas dependências do Laboratório de Materiais da Construção Civil (LMCC), da UCEFF Itapiranga.

Método

Após a definição do traço padrão, 1:2,65:2,75 com relação água/cimento de 0,57 com 1,5% de aditivo que é baseado no estudo de **Traços de concreto para obras de pequeno porte** de Barboza e Bastos (2008), para a maior assertividade dos resultados, foram realizados testes preliminares para identificar a resistência do traço de concreto sendo estes os dados obtidos como padrão para a comparação com os dados retirados do protótipo.

Com a determinação do traço de concreto foram separados os materiais necessários para a confecção do concreto seguindo os parâmetros estipulados. Todos os materiais estavam secos conforme exigência e com isso foram pesados e adicionados todos a betoneira na seguinte ordem:

- a) Adicionar todo o agregado graúdo com 80% de água e agitar por 1 minuto;
- b) Adicionar todo o cimento e bater por mais 1 minuto;
- c) Adicionar todo o agregado miúdo e os 20% restantes da água e agitar por mais 3 minutos dando o tempo de batimento.

Essa sequência, é realizada conforme estabelecida pela NBR 12655/2022 – Concreto de cimento Portland – preparo, controle, recebimento e aceitação – procedimento, para a mistura dos mesmos, conforme processo descrito.

Com a obtenção do concreto foi realizado o *slump test* regido pela NBR 16889/2020 - Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone para determinação de seu abatimento, vendo assim se o mesmo se encaixa na classe S100 onde o abatimento deve se encontrar entre 100 e 160 mm, respeitando a

NBR 8953/2015 – Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência.

Com os dados do *slump test* pode se dar sequência e assim concretar os corpos de prova seguindo a NBR 5738/2016 - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, onde o molde é preenchido com 2 camadas sendo adensado as camadas com 12 golpes uniformemente distribuídos, retirando assim todos os vazios presente no corpo de prova, a fim de não comprometer a amostra diminuindo sua resistência e mascarando os testes.

Após 24 horas, é realizada a retirada dos corpos de prova dos moldes e as amostras seguem para o processo de cura, até a idade de realizar os testes de resistência a compressão axial, seguindo a NBR 5738/2016. Foram realizados testes de compressão aos 7 e 28 dias, para a determinação da resistência dos corpos de prova, sendo este teste realizados de acordo com a NBR 5739/2018 - Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, em prensa hidráulica de acionamento manual, com capacidade para 100 toneladas conforme figura 1.

Figura 1 - Prensa hidráulica de acionamento manual



Fonte: O autor (2023)

Sendo ainda moldados os corpos de prova para ensaios de absorção de água determinados pela NBR 9778/2009 – Argamassa e concreto endurecidos –

Determinação de absorção de água, índice de vazios e massa específica, sendo este teste realizado tanto no traço padrão quanto nas amostras retiradas do protótipo. Esse ensaio consiste em deixar submerso a amostra por 24 horas em água, efetuar sua pesagem, secar em estufa por no mínimo 24 horas a uma temperatura de 105 °C e pesar novamente.

Após a moldagem do traço padrão e a análise dos dados aos 28 dias de cura, pode-se dar início a colocação do cano de PVC com 6 metros de comprimento e 100 milímetros de diâmetro. Esse cano de PVC, está neste trabalho, representando uma estaca para fundações, sendo fixando-o na parede para posterior lançamento do concreto. A fixação ocorreu com parafusos e cinta metálica ao longo de sua extensão sendo o mesmo concretado com o mesmo traço utilizado para a execução do traço padrão, conforme a figura 2.

Figura 2 - Fixação do tubo de PVC



Fonte: O autor (2023)

A mistura dos materiais para a elaboração do concreto para a concretagem do protótipo foi realizada na betoneira com capacidade de 120 litros, do laboratório de Engenharia Civil da UCEFF de Itapiranga-SC, sendo seguida a ordem de materiais definida pela NBR 12655/2022, conforme traço padrão.

Realizada a mistura dos materiais o concreto foi posto em carrinho de mão para realização da concretagem do protótipo, sendo este processo realizado duas vezes para concretagem total do protótipo tendo um intervalo de 5 minutos entre o

lançamento da primeira e segunda parte do concreto. Para tanto, este foi transportado por cerca de 200 metros até o local destinado a concretagem do protótipo, sendo o concreto misturado novamente de forma manual para homogeneizar a mistura, já que a mesma sedimenta com a vibração do transporte.

O lançamento se deu de forma manual, com a utilização de pá para o enchimento do balde para assim lançá-lo no protótipo, o mesmo teve ajuda de um funil para o lançamento não sendo realizado a vibração do protótipo, assemelhando-se a situações encontradas em obras onde na maioria dos casos se dispensa a vibração de elementos como estacas e pilares, conforme a figura 3.

Figura 3 - Lançamento de concreto



Fonte: O autor (2023)

A altura total de lançamento foi de 6 metros, para assim verificação da influência da altura no lançamento de concreto, sendo está limitada pela NBR 14931/2023 - Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibras —

Requisitos, determinado assim parâmetros e definindo formas para não ocorrência da segregação.

Para tanto, este concreto foi mantido dentro do cano por 21 dias, para que o mesmo estivesse completamente seco para a retirada assim não comprometendo na integridade das amostras. com a idade de 21 dias após a concretagem foi retirado o protótipo da parede baixando até o chão. O processo de retirada do protótipo deu-se com a amarração da ponta do protótipo com corda, após foi retirada as cintas metálicas que a mantinham fixada a parede, com o protótipo livre foi feito o tombamento da mesma lentamente até o chão para não comprometer o concreto em seu interior.

O desmolde se deu com o corte do cano de PVC com utilização da serra mármore ajustando a altura do disco de corte para não atingir o concreto, após a retirada do mesmo foi executada inspeção visual, para verificação da integridade do concreto e as possíveis manifestações patológicas causada pelo lançamento do concreto a mais de 2 metros de altura como a NBR 14931/2023 delimita.

Com o desmolde e a inspeção visual deu-se início a marcação das distancias de corte dos corpos de prova, onde cada corpo de prova necessita possuir 20 centímetros de comprimento (altura) a fim de realizar posterior rompimento. Essa marcação foi realizada ao longo dos 6 metros de comprimento do protótipo. Após a demarcação da distancias iniciou-se o corte dos corpos de prova, com a utilização da serra mármore sendo o disco resfriado com água.

Com o termino do corte dos corpos de prova os mesmos foram armazenados no Laboratório de Materiais da Construção Civil, da UCEFF Itapiranga, para o termino da secagem aos 28 dias, para rompimento.

Com a idade de 28 dias foram rompidos os corpos de prova retirados do protótipo, onde as duas extremidades dos corpos de prova foram retificadas para assim ter uma superfície plana a fim de não comprometer os resultados do rompimento, feito a retifica dos mesmos em uma retifica semi-manual da marca Stuhlert Maq, conforme figura 4.

Figura 4 - Retifica semianual



Fonte: O autor (2023)

Os rompimentos dos corpos de prova foram realizados em prensa hidráulica de acionamento manual, com capacidade para 100 toneladas conforme figura 1 (supracitada), sendo rompido corpos de prova ao longo de todo o protótipo, seguindo a NBR 5739/2018. Todos os ensaios de resistência a compressão seguiram sua moldagem de acordo com a NBR 5738/2016 e seu rompimento conforme 5739/2018

Já, para análise da absorção de umidade, o ensaio foi feito conforme a NBR 9778/2009 – Argamassa e concreto endurecidos – Determinação de absorção de água, índice de vazios e massa específica (Figura 5), permanecendo em tanque, com água até a idade de ensaio.

Figura 5: Corpos de prova imersos em água para teste de absorção de umidade.



Fonte: do autor 2023

Para este ensaio foram moldados 6 corpos de prova quando realizado o traço padrão para verificação da absorção de água e retirado amostras ao longo do protótipo sendo a figura 5 (supracitada) referenciando as respectivas alturas de retirada dos corpos de prova para realização dos testes, vendo se a quantidade de vazios não seria elevada desqualificando o mesmo, e retirado corpos de prova ao longo do protótipo para verificação se os índices de vazios sofreriam alguma alteração.

Resultados e Discussão

Após a realização de todos os ensaios, a fim de contemplar todos os objetivos propostos, tem-se os resultados de resistência a compressão axial do concreto padrão rompido aos 28 dias para avaliação da resistência.

O traço padrão, será a referência para comparação posterior aos resultados obtidos do rompimento dos corpos de prova do protótipo, tomando como base a NBR 7215/2019 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Para tanto, após os rompimentos aos 28 dias de cura dos corpos de prova do traço padrão realizado respeitando a altura para execução, foi determinada uma resistência média de 21,45 MPa.

Para investigar a interferência da fluidez do concreto na resistência a compressão axial, é apresentado ao resultado de abatimento do traço padrão, o qual teve um abatimento de 100 milímetros, se enquadrando dentro da NBR 8953/2015 – Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência, conforme Figura 6.

Figura 6 - Ensaio de abatimento do tronco de cone



Fonte: O autor (2023).

Diante da análise do abatimento – 100 mm – e dos resultados da resistência a compressão axial aos 28 dias, é possível afirmar que o concreto apresenta dados compatíveis ao que a norma NBR 8953/2015 – Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência, sendo acima de 20 MPa classificando o concreto dentro de padrões esperados para elementos estruturais, com lançamento convencional do concreto.

Ainda sendo obtidos os dados de absorção de água para o traço padrão, após 24 horas de imersão em água o traço apresentou uma absorção média de 6,35%, percebendo assim uma absorção padrão em ambas as amostras representada no gráfico 2.

Percebe-se, portanto, que o concreto padrão, apresentou também uma absorção dentro dos padrões desejados que conforme a NBR 9778/2009 – Argamassa e concreto endurecidos – Determinação de absorção de água, índice de vazios e massa específica, não pode ser maior que 10%, ou seja, abatimento, resistência a compressão axial e absorção estão em acordo com o especificado em norma e determinado para fins de uso estrutural.

No estudo base os resultados foram semelhantes com uma pequena diferença apenas em decorrência dos materiais utilizados, que variam do estudo base como o cimento que no estudo base foi utilizado o CP II-F-32 já o adotado foi o CP-IV-32-RS, sendo a resistência do estudo aos 28 dias de 25 MPa, já quanto a resistência do traço feito teve resistência média de 21,45 MPa.

Ainda, para o estudo do protótipo, os resultados iniciais começam com a inspeção visual apresentada na figura 7. Pode-se perceber que houve segregação entre os 2 e 4 metros de altura do protótipo, sendo este um dos motivos da diminuição da resistência entre este intervalo, constatando em uma mesma amostra a presença de agregados graúdos em uma extremidade e na outra extremidade a falta dos mesmos.

Sendo esta segregação causada tanto pelo lançamento em altura não respeitando os 2 metros estipulados pela NBR 14931/2023 - Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibras — Requisitos, com a exsudação também constatada na fase de inspeção visual.

Figura 7 - Constatação de segregação





Fonte: O autor (2023).

A inspeção visual é um ensaio não destrutivo que é aplicado em qualquer tipo de componente e utilizado para fins de registros. É um ensaio simples, e muito utilizado, além de fazer parte direta ou indiretamente de qualquer trabalho executado. Realiza-se a observação da peça pelos olhos do operador e com registros fotográficos, tendo isso como um parâmetro para verificar mudanças dos corpos de prova em estudo ou do material estudado, no caso aqui, do protótipo (Mazer, 2012).

Toda estrutura de concreto, se possível, precisa passar por inspeções depois de finalizada a fim de identificar problemas e ou bicheiras. Os resultados obtidos podem tanto indicar se há necessidade de intervenções quanto liberar para fabricação Araujo (2020). Neste caso, a inspeção visual foi possível uma vez que estrutura estava exposta, o que não se faz possível quando a estrutura estiver enterrada.

Ainda na inspeção visual constatou-se sinais de exsudação pela presença do aditivo na parte inferior do protótipo, tendo isto ocorrido pela diferença de densidade dos líquidos após o início da pega do concreto, sendo este outro fator interferente dos resultados obtidos no topo do protótipo, podendo ser constatado pela diferença de tonalidade entre a parte inferior e superior, representadas na figura 8.

Figura 8 - Constatação de exsudação e rachaduras



Fonte: O autor (2023).

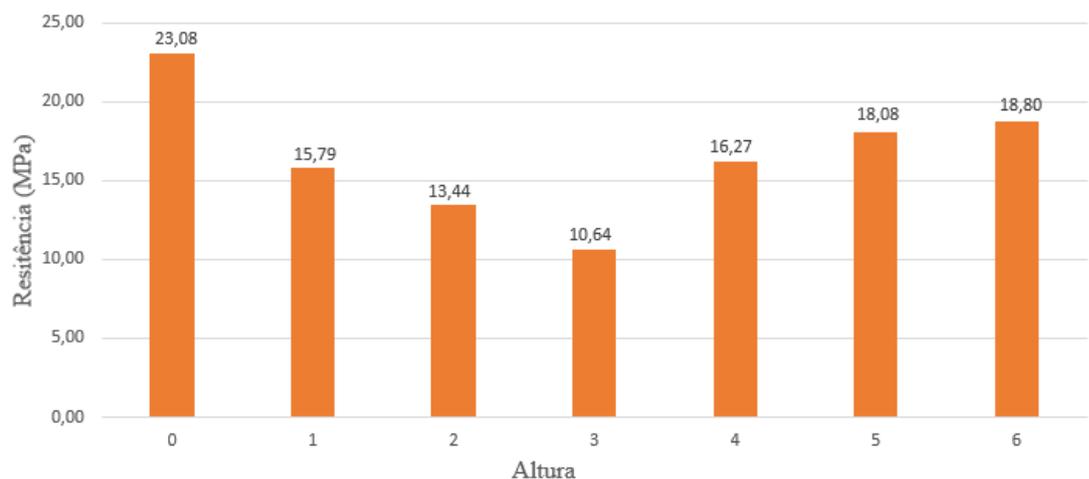
A exsudação pode ser considerada uma espécie de segregação, onde uma parte da mistura migra para a superfície do concreto recém-lançado, que é consequência da

incapacidade dos componentes do concreto de reter toda a água de amassamento que foi adicionada à mistura (Fonseca, 2010; Neville; Brooks, 2013).

Ainda, segundo o que afirma Ambrozewicz (2012), a exsudação se dá pela tendência de a água do amassamento vir à superfície, podendo causar um concreto poroso e menos resistente à compressão, o que corrobora com os resultados apresentados nesse estudo.

Com a idade de 28 dias, os corpos de prova retirados do protótipo para os testes de resistência a compressão axial, apresentam resultados médios conforme gráfico 1.

Gráfico 1 – Resistência a compressão axial média do protótipo



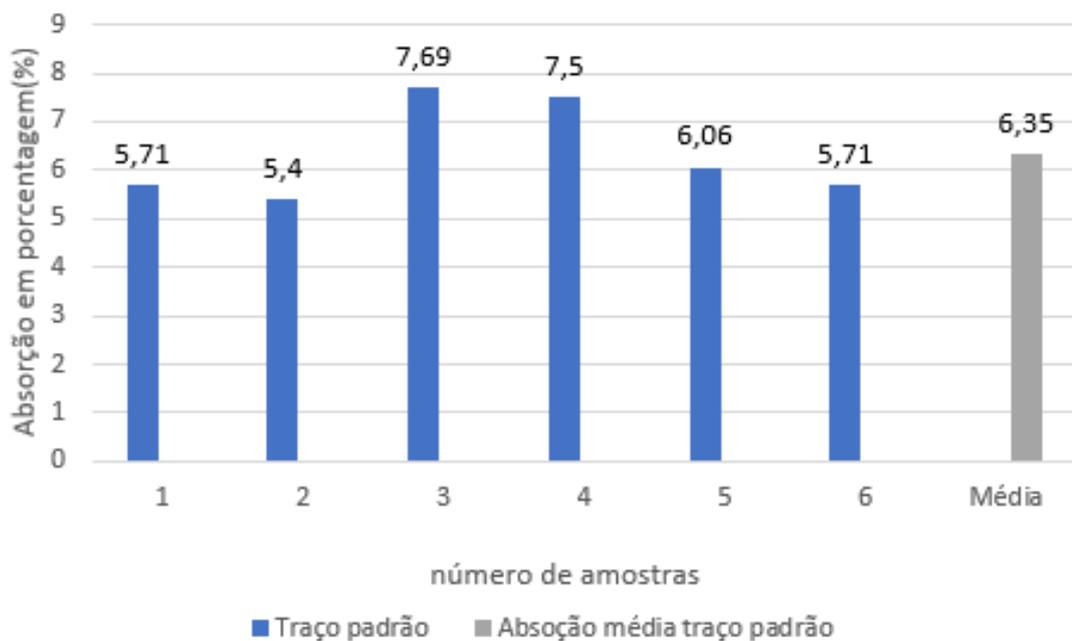
Fonte: O autor (2023)

Percebe-se aqui, que os resultados mais próximos do padrão estão entre 0 e 1 m, e entre 5 e 6 m, evidenciando assim, que no meio do protótipo houve a segregação dos materiais e acarretou em resistências mais baixas, como representado na figura 7 (supracitada). Segundo o que afirma Perius (2009), um dos principais agentes que causam a segregação do concreto, pode ser a diferença existente entre as dimensões dos agregados, forma dos grãos e as diferentes massas específicas dos materiais presentes no mercado. Contudo, Perius (2009) e Ambrozewicz (2012), afirmam que tal fenômeno acontece, principalmente, durante o transporte e lançamento do concreto,

deixando certo componente da mistura em determinado ponto da massa, o que faz com que a mesma perca sua homogeneidade.

Ainda, para Campos (2015), as estacas constituem parte da fundação da obra, com o intuito de suportar toda a carga da estrutura, e dando apoio à construção para que não aconteçam recalques caso o solo venha ceder, ou seja, deve-se tomar cuidado com o processo de concretagem a fim de evitar que ela venha a ter manifestações patológicas que a prejudiquem, ou mesmo que tenha problemas ao decorrer de sua estrutura.

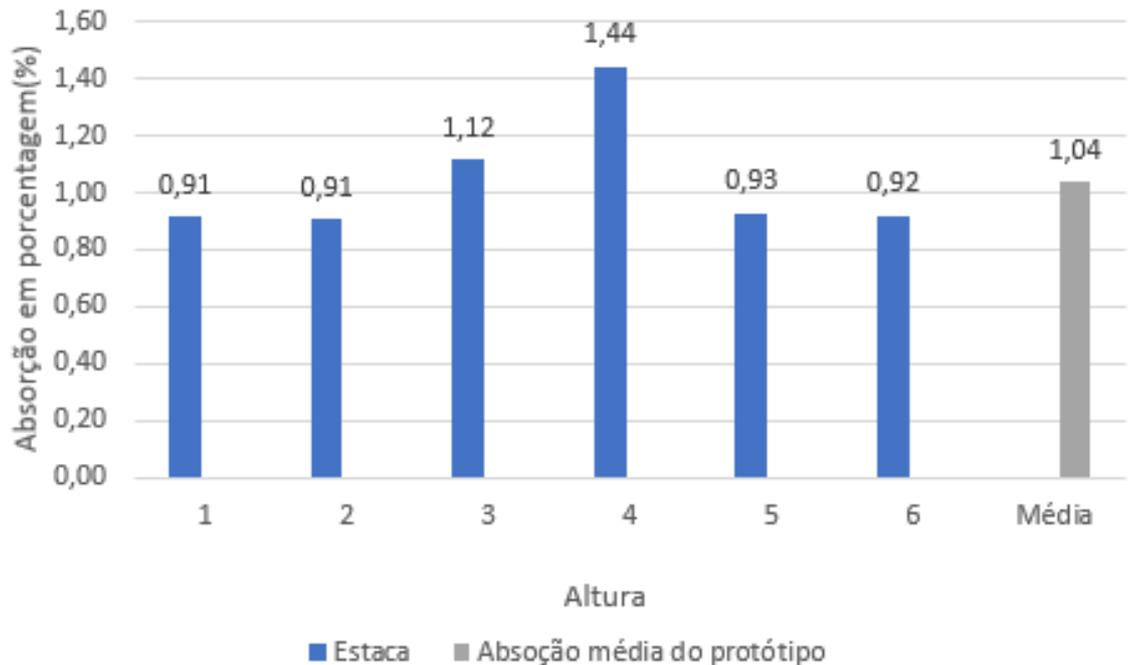
Gráfico 2 - Absorção de umidade traço padrão



Fonte: O autor (2023)

As amostras retiradas do protótipo ainda foram submetidas a testes de absorção de água para constatação da presença de vazios, sendo obtida a absorção média de 1,04%, representada a absorção de cada altura do protótipo comparado com amostras do traço padrão, no gráfico 3

Gráfico 3 - Absorção de umidade do protótipo



Fonte: O autor (2023)

Com base nos resultados obtidos para o ensaio de absorção de umidade é possível afirmar que todos os traços desenvolvidos nessa pesquisa atendem os padrões de até no máximo 10% de absorção, conforme a NBR 9778/2009 – Argamassa e concreto endurecidos – Determinação de absorção de água, índice de vazios e massa específica. Uma questão a perceber, é que segundo Ribeiro Pinto e Starling (2013) quanto maior a permeabilidade no concreto, menor sua durabilidade, ou seja, o concreto em estudo atende os padrões exigidos, apontando maior durabilidade na estrutura.

Pode-se determinar, portanto, que mesmo o concreto apresentando a mesma qualidade, em abatimento e traço, ao interpor a altura de 2 metros na hora da concretagem, são acarretados danos a estrutura, ou seja, grande presença de rachaduras, fragilidade na resistência a esforços devido a segregação ocorrida deste ponto, em relação as amostras retiradas nas demais alturas.

É diante deste contexto de má utilização ou não reutilização dos recursos de forma adequada, que deve se enquadrar também o engenheiro, sobretudo na tentativa de diminuir cada vez mais a lacuna que separa a realidade do ensino

tecnológico e a realidade da prática. Desse modo, o engenheiro deve orientar sua atividade visando a qualidade das obras em que trabalha (SOUSA *et al.*, 2016).

Corroborando com isso, Chaves (2017), afirma que o engenheiro civil é um dos profissionais envolvidos na execução de uma obra. Gerenciar uma obra é aplicar conhecimentos, habilidades e técnicas para que o projeto seja executado da melhor forma possível, ou seja, segundo Verdum (2018, p. 13) “As competências do engenheiro civil, dentro de um canteiro de obras, precisam ir além do saber teórico – técnico, da aplicação dos procedimentos normativos e da exatidão nas soluções arranjadas”.

Considerações Finais

Os resultados deste estudo podem ter implicações significativas nas diretrizes de construção, fornecendo informações valiosas para otimizar o processo de construção e garantir que as estruturas de concreto atendam aos requisitos de resistência necessários para enfrentar as demandas de carga e garantir uma vida útil eficaz.

Foi possível determinar a resistência a compressão axial do concreto frente ao método de concretagem determinando a queda de resistência do protótipo em relação ao traço padrão, onde o traço padrão – que não houve lançamento – apresentou resistência média de 21,45 MPa enquanto a média do protótipo foi de 16,59 MPa, sendo seu melhor resultado 23,08 MPa em 0,40 metros.

Quanto a absorção de umidade do concreto frente ao método de concretagem foi possível determinar que no traço padrão apresentou uma média 6,35% e no protótipo a média foi de 1,04% o que pode ser justificado pela forma de cura.

Pode-se afirmar que a altura do lançamento de concreto frente a especificação da NBR 14931/2023 - Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibras — Requisitos e parâmetros pré-estabelecidos tem influência direta em parâmetros como segregação, exsudação e resistência conforme apresentados nos resultados, ou seja, foram as manifestações patológicas encontradas a partir do ensaio de inspeção visual.

Sendo constatado com a análise dos resultados que a segregação e a exsudação ocorrida no decorrer do protótipo causaram a queda drástica da resistência verificando-se assim que diante dos padrões impostos este protótipo não atende aos requisitos o desqualificando como elemento estrutural, evidenciando a importância do controle de preparo, deslocamento e lançamento do concreto.

Portanto, é importante os resultados obtidos da avaliação visual que nos corpos de prova retirados não houve a presença de vazios, mas sendo muito comuns quando se faz o lançamento em altura, mais comuns em pilares que por vezes se dispensa a vibração para adensamento do mesmo.

Para trabalhos futuros e contribuição para os resultados, sugere-se a seguinte pesquisa, avaliação da incorporação de armadura de aço na estrutura, a fim de verificar a influencia no aparecimento de vazios.

Referências

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

____ **ABNT NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

____ **ABNT NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2023.

____ **ABNT NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2019.

____ **ABNT NBR 7680**: Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2015.

____ **ABNT NBR 8953**: Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.

____ **ABNT NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009.

_____ **ABNT NBR 12655:** Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibras — Requisitos. Rio de Janeiro, 2022.

_____ **ABNT NBR 14931:** Concreto de cimento Portland: preparo, controle e recebimento: procedimento. Rio de Janeiro, 2023.

_____ **ABNT NBR 16889:** Concreto: determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 2020.

AMBROZEWICZ, P. H. L. **Materiais de construção.** São Paulo: Pini, 2012.

Antunes, Nelson Mendes. **Comparação de cargas na fundação e quantitativo de aço e concreto de dois edifícios de 6 pavimentos construídos em: alvenaria comum versus structural glazing e drywall.** 2022. 37 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2022.

ARAUJO, A. Inspeção do concreto. **AEC Web.** Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/inspecao-garante-o-desempenho-adequado-de-estruturas-de-concreto/16047> > . Acesso em: 10 nov. 2023.

BARBOZA, Marcos R.; BASTOS, Paulo Sérgio. **Traços de concreto para obras de pequeno porte.** 2008. 8 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2008.

BASTOS, P. S. D. S. **Fundamentos do concreto armado.** Bauru, Agosto 2006. 92

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de construção.** 5. ed. Rio de Janeiro, 2008.

Branco, Caio Pérciles; Pieretti, Renato Aparecido. **Avaliação da resistência do concreto curado entre -5°C E 0°C.** 2012. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Concreto, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BENETTI, Rafael Kirchner. **Traços de concreto convencional com incorporação de aditivo acelerador de pega: análise da resistência nas primeiras idades.** 2007. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2007.

BOARETTO, Gabriel Otavio Figueiredo. **Estudo comparativo da substituição gradativa de agregado graúdo na forma lamelar pela forma cúbica nas propriedades do**

concreto. 2017. 54 f. TCC - Curso de Engenharia de Infraestrutura, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2017.

BORGES, Jacó Barreto Pinheiro. **Análise da resistência à compressão de traços populares de concreto com variação do tamanho do agregado graúdo e consistência**. 2022. 21 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

CAMPOS, João Carlos de. **Elementos de Fundações em Concreto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

CHAVES, T. J. **O papel do engenheiro civil como gestor de obras: aspectos técnicos, humanos e conceituais**. 2017. 89f. Projeto de graduação em engenharia civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2017.

CHRIST, Roberto *et al.* **Conceitos e Aplicações do Concreto de Ultra Alto Desempenho: Panorama Nacional e Internacional**. Economia e Sociedade, Porto Velho, volume especial, n. 1, p. 89-102, *semest.* 1, 2019.

COUTO, J. A. S., Carminatti, R. L., Nunes, R. R. A., & Moura, R. C. A. (2013). **O concreto como material de construção**. Caderno De Graduação - Ciências Exatas E Tecnológicas - UNIT - SERGIPE, 1(3), 49–58, Joaçaba, 2013.

CORRÊIA, Adailton Estevão; Souza, Dayane Priscila Bicalho de. **Avaliação da resistência a compressão do concreto através de testemunhos extraídos de construções na cidade Caratinga- MG**. 2014. 53 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, – Instituto Tecnológico de Caratinga, Caratinga, 2014.

FONSECA, G. C. **Adições Minerais e as Disposições Normativas Relativas à Produção de Concreto no Brasil**: Uma abordagem epistêmica. Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte, 2010. 106 p.

HOLANDA, Maria Júlia de Oliveira. **Técnicas preventivas e de recuperação de estruturas de concreto**. 2015. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Paraíba, Araruna, 2015.

JORGE, Jéssica Urzeda. **Monitoramento e controle da execução da estrutura de edifícios de parede de concreto com software POWER BI**. 2022. 11 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2022.

LEET, Kenneth M.; Uang, Chia-Ming; Gilbert, Anne M.. **Fundamentos da Análise Estrutural**. 3. ed. São Paulo: Amgh, 2010.

MARGARIDA, Rhogan Araújo; JUNKLAUS, Vitor Vechi. **Cumprimento da NBR 12655 no processo de recebimento do concreto usinado na grande Florianópolis**. 2018. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2018.

MAZER W. **Inspeção e ensaios em estruturas de concreto**. Monografia (Especialização em Patologia das construções) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

MIRANDA JUNIOR, Zilton Fabiano de. **Análise da absorção de água em concretos convencionais e em concretos produzidos com aditivos hidrofugantes: Levantamento de informações pela ótica dos mecanismos de transporte no concreto**. 2018. 135 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, 2018.

MORAES, Mayara Queiroz; LOPES, Rafaela Rocha. **Análise da contribuição de adições de microssílica e nanossílica na resistência à compressão de concretos convencionais**. 2010. 82 f. TCC - Curso de Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

NASCIMENTO, Phellipe Lopes Silva do. **A importância do controle tecnológico do concreto**. 2012. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do concreto**. 5. ed. São Paulo: Bookman Editora, 2015

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

Oliveira, Ana Luiza Alves de. **A influência do aditivo cristalizante nas propriedades do concreto fresco e endurecido**. 2014. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Brasília, 2014.

OLIVEIRA, Evandro Carrusca. **Comportamento de Misturas Ternárias Constituídas de Cimento Portland, Ardósia e Escória de Alto Forno Finamente Moídas e sem o uso de Aditivos Dispersantes**. 2017. 202 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Geotécnica, Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Núcleo de Geotécnica, Programa de Pós-Graduação em Geotécnica, 2017.

PADILHA, F.; CARNEIRO, L. R. S.; POGGIALI, F. S. J. Análise de manifestações patológicas em sistemas de paredes de concreto moldadas in loco. In: **XVI Congreso Latino-Americano de Patología de Construcción y XVIII de Control de Calidad en la Construcción**. 2021.

PERIUS, G. R. **Influência das Propriedades físicas de agregados reciclados sobre a retração por secagem em Concreto Auto adensável**. Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2009. 131 p.

RIBEIRO, C. C.; Pinto, J. D. S.; Starling, T. **Materiais de construção civil**. 4. ed. rev. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2013.

SOUSA, Flávio Correia de *et al.* **Desafios atuais para engenharia civil: drenagem e pavimentação em área urbana**. 2016.

SPERANDIO, G. S., & Carelli, J. M. (2019). **Definição de uma curva de correlação entre a resistência à compressão axial e o índice esclerométrico utilizando diferentes relações água/cimento**. *Conhecimento Em Construção*, 6, 73–88, Joaçaba, 2019

TROMBETTA, P. R.; CARELLI, J. A. (2019). **Avaliação da influência da altura de lançamento na resistência à compressão do concreto**. *Conhecimento Em Construção*, 6, 49–60. Joaçaba, 2019.

VERDUM, U. **Gestão de pessoas na construção civil: análise da qualidade de vida no trabalho, através de um estudo de caso em serviços de engenharia de instalações**. 2018. 79f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em engenharia civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS. 2018.