

ANÁLISE DA ATUAÇÃO DO ADITIVO NA TRABALHABILIDADE E RESISTÊNCIA DO CONCRETO

ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF THE ADDITIVE ON THE WORKABILITY AND RESISTANCE OF THE CONCRETE

SOUZA, Amanda Moraes de¹; FREITAS, Brian Felipe Rodrigues de²; GUIMARÃES, Lucas Ferreira³; ARANHA, Márcio Barroso⁴; ANDRADE, Pedro Henrique Barbosa⁵; TENÓRIO, Helen Oliveira⁶

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a atuação do aditivo retardador de pega no concreto no estado fresco e endurecido, partindo do pressuposto de que muitas concreteiras, às vezes, não conseguem cumprir o prazo determinado por norma para o lançamento do concreto ou até mesmo na obra por conta de imprevistos internos, por isso perdem o tempo de lançamento. Essa análise foi feita por meio de pesquisa experimental com base na norma ABNT 16889 em que se realizou o ensaio de teste de *slump* no concreto no estado fresco, a fim de que se pudesse medir a resistência à compressão com base na norma ABNT NBR 5739 no estado endurecido, ensaiando três traços tendo um como referência a não adição de aditivo. A partir dos resultados, foi feita a análise com base nas normas citadas anteriormente e fundamentado em autores renomados no assunto. Todo o ensaio do concreto no estado fresco e endurecido foi realizado no laboratório da Faculdade Unida de Campinas. Com os resultados obtidos no concreto no estado fresco pode-se perceber que o aditivo retardador de pega cumpriu com a sua finalidade, pois ele retardou a pega do traço até o tempo de 60 minutos ensaiado.

PALAVRAS-CHAVE: Aditivo retardador de pega. Concreto no estado fresco e endurecido. Tempo de pega.

ABSTRACT

The present study aims to analyze the performance of the retardant additive of picking on concrete in the fresh and hardened state. Starting from the point where many concrete companies sometimes fail to meet the standard deadline for the release of the concrete or even in the work on account of internal unforeseen events they lose the time of release. This analysis was carried out by means of experimental research, where based on the standard ABNT 16889 the test of slump in the concrete in the fresh state and in the hardened state was performed the compression resistance test based on the standard ABNT NBR 5739, testing three traits with one as references without addition of additive, with the results the analysis was made based on the norms cited above and on authors trained in the subject. The whole test of the concrete in the fresh state was carried out in the laboratory of the faculty United of Campinas and the trials in the state of the hardened was reallocated in the laboratory. With the results obtained

KEYWORDS: *Setting retarder admixture. Concrete in the fresh and hardened state. Setting time.*

¹ Graduanda do curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FacUnicamps. E-mail: souzaamandamoraes@gmail.com.

² Graduando do curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FacUnicamps. E-mail: brianfelipe2609@gmail.com.

³ Graduando do curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FacUnicamps. E-mail: lucasguimarraes@gmail.com.

⁴ Graduando do curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FacUnicamps. E-mail: marcio2051@gmail.com

⁵ Graduando do curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FacUnicamps. E-mail: andradehenrique.20.99@gmail.com.

⁶ Mestra em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Goiás (UFG) e professora do curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FacUnicamps. E-mail: helen.tenório@gmail.com.

1. INTRODUÇÃO

Na maioria dos grandes centros urbanos e cidades no entorno existem edificações de pequeno, médio e grande porte. Geralmente, nesses locais, quando se trata de uma metrópole como Goiânia, capital de Goiás, e as cidades circunvizinhas, que também se encontram em constante desenvolvimento, é comum ocorrer problemas em relação ao tempo de lançamento do concreto, devido aos contratempos no percurso realizado pelo caminhão desde a usina até a localização da obra que não pode ultrapassar o tempo previsto pela normatização como se lê: “realizados em tempo inferior a 150 min, contando a partir da adição de água, no caso o emprego do caminhão betoneira” (ABNT NBR 7212:2021, p.11) e/ou quantidade reduzida de funcionários, que ocasiona a perda de abatimento do concreto.

Podem ocorrer variados contratempos entre o momento em que o caminhão sai da usina até que ele chegue à obra, uma vez que elas podem estar localizadas em locais de difícil acesso. Levando em consideração essa normativa, o caminhão pode demorar até 120 min para chegar à obra “iniciados em até 60 minutos após a chegada do caminhão betoneira a obra” (ABNT NBR 7212:2021, p.11). Em virtude dos contratempos que podem ser encontrados durante o processo de lançamento do concreto, existem alguns tipos de aditivos, como por exemplo, o aditivo retardador de pega que auxiliam na redução da velocidade do endurecimento do concreto.

Diante desta situação, este trabalho tem como objetivo analisar a atuação e a importância do uso de aditivos nos concretos nos estados fresco e endurecido, além de conhecer alguns destes aditivos e suas características. Para alcançar os objetivos, foram feitas pesquisas em livros, artigos e sites em busca de informações prestadas por vários autores especialistas neste assunto. Além disso, foram realizados ensaios no laboratório da FacUnicamps com o objetivo de analisar quais aditivos se saiam melhor de acordo com cada aplicação.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar a atuação do aditivo retardador de pega na resistência e trabalhabilidade do concreto, utilizando um traço referência de 35MPa e aplicando o aditivo gradativamente de 0,5% e 0,8%.

2.2 Específicos

- Analisar a atuação de aditivos nos concretos nos estados frescos e endurecido;
- medir a trabalhabilidade conforme a ABNT NBR 11768-1 nos tempos 0, 20, 40 e 60 minutos para as porcentagens de 0,5% e 0,8% de aditivo retardador de pega em relação ao quilo do cimento;
- realizar ensaios de resistência à compressão axial conforme a norma ABNT NBR 5739 para as idades de 7, 14 e 28 dias.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Concreto

O concreto é a mistura mais utilizada da civilização, já que é o principal componente de quase todas as edificações, desde estradas, edifícios até pontes. Cada composição é fundamental, mas a principal composição química do cimento, que torna possível o concreto, desde o início do cimento na pedra, em que se fragmentam grandes blocos de rocha que viram cascalhos e pó, por fim. A este material residual são misturados cálcio, silício, alumínio e ferro, depois aquecidos em um forno com tamanho equivalente a um estádio de futebol que chega a 1.500°C. Durante este processo, as moléculas se quebram e recombina as umas às outras e, por fim, ao esfriar se mistura ao gesso dando origem ao cimento Portland, como disseram Neville (1995) e Silva Neto (2018).

Para Teixeira *et. al.* (2019), os principais componentes do concreto são o cimento, a água, também são agregados areia e brita e aditivos. O traço representa as proporções dos materiais que compõe o concreto, cada número representa a proporção do material em relação ao saco de cimento de 50 kg. Em relação ao parâmetro do traço antes do aditivo, se baseia em proporção de água por quantidade do cimento. Os aditivos podem ou não ser utilizados na composição do concreto, contudo são, normalmente, utilizados para melhorar plasticidade e fluidez, diminuindo a quantidade de água, podendo também acelerar ou retardar a pega, segundo a ABNT NBR 7212:2012.

No Brasil, a maior tradição sempre foi o uso de concreto, enquanto outros países utilizam mais estruturas metálicas, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014. A vantagem da

utilização do concreto seria a mão de obra, porque, no Brasil, é mais fácil encontrar quem trabalha com a forma, a ferragem e até mesmo com a utilização e mistura do concreto deixando a mão de obra mais abundante e reduzindo o seu preço.

Outra vantagem seria a fácil localização de agregados e materiais que facilitam o concreto. Além da durabilidade, impermeabilização mais acessível e a manutenção, que é praticamente nenhuma, também é resistente ao fogo. Já as desvantagens são relativas ao peso em caso de locomoção, tempo de execução e o manuseio já que é preciso fazer formas, ferragens precisam ser dobradas e precisar ter o tempo de cura adequados, a organização do canteiro gera muito mais resíduos, reformas trabalhosas com a necessidade de praticamente refazer a estrutura afetada o que geraria mais custos e não é ecológico por ser prejudicial ao meio ambiente, pois entra em contato com o solo, o ar, os rios agredindo, além do sistema ecológico, também a saúde de pessoas e animais, de acordo com Lima (2017).

3.2 Cimento Portland

O cimento Portland é um dos materiais mais utilizados na construção civil, sendo responsável por dar a resistência necessária para a construção de edificações e infraestrutura. Segundo Silva e Martins (2017), a história do cimento Portland remonta ao início do século XIX, quando o construtor Joseph Aspdin patenteou o material, que foi batizado com esse nome em homenagem à cidade de Portland, na Inglaterra. Desde então, o cimento Portland passou por diversas transformações em sua composição e processo de produção, tornando-se cada vez mais resistente e durável.

Existem diferentes tipos de cimentos Portland, sendo os mais comuns o cimento Portland comum, o cimento Portland de alta resistência inicial e o cimento Portland composto. De acordo com Gonçalves, Melges e Ferreira (2017), o cimento Portland comum é o tipo mais utilizado na construção civil, sendo indicado para a maioria das obras. Já o cimento Portland de alta resistência inicial é utilizado em situações que exigem um rápido desenvolvimento da resistência, enquanto o cimento Portland composto é indicado para obras que demandam maior durabilidade e resistência.

A importância do cimento Portland na engenharia e arquitetura é inegável, já que é um dos materiais mais utilizados na construção civil. Além de ser responsável por dar a resistência necessária para as edificações e infraestrutura, o cimento Portland também é utilizado na produção de concreto, argamassas e outros materiais de construção. Assim, é essencial que os

profissionais da área tenham conhecimento sobre as propriedades e características do cimento Portland para garantir a qualidade e a segurança das construções.

3.3 Agregados

Conforme a NBR 9935 (ABNT, 2011), agregados são todos os materiais granulares, cujas dimensões e aspectos podem ser incorporados em argamassas e concretos, podendo ser de origem natural, quando tirados diretamente da natureza, ou artificial, quando ocorrem modificações na estrutura natural por meio de algum processo industrial. Eles são materiais que, quando comparados a outros, não possuem valor monetário tão significativo e não reagem de forma significativa com a água, sendo assim, em consonância com Tartuce e Giovanetti (1990), são classificados como material de enchimento inerte.

Conforme aponta Metha e Monteiro (2014), os agregados utilizados no concreto devem ser classificados de acordo com a dimensão máxima de suas partículas e suas características são definidas com os ensaios que indicam a absorção de água e porosidade, granulometria, forma e textura superficial, resistência a compressão, abrasão e tipos de substâncias deletérias presentes.

Para dosagem do concreto, uma característica significativa é a massa específica unitária das partículas do agregado o que pode variar de 1300 a 1750 kg/m³. Essas quantidades são compostas pelo volume das partículas do agregado e os vazios existentes entre elas. A junção entre a massa unitária compactada e solta resulta no índice de vazios, tornando-a em uma característica de importante valor econômico já que o volume de vazios existentes no agregado influencia no teor de cimento a ser utilizado, em conformidade com Hagemann (2011).

De acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2009), os agregados são classificados de acordo com a sua granulometria com intuito de determinar a distribuição de suas dimensões e graduação. Eles são classificados em miúdos e graúdos. Os agregados miúdos são os grãos que passam pela peneira com abertura 4,75mm (>95%) e ficam retidos na peneira 0,075mm, esses grãos são as areias que tem sua origem natural retiradas de rios, depósitos profundos cobertos por solo e de praias e dunas, já a origem artificial são retiradas de britagem e de escoria de alto forno. Os agregados graúdos são os grãos que passam pela peneira de 75 mm (>95%), ficam retidos na peneira 4,75 mm, esses grãos estão presentes no cascalho, arenito, basalto e todos os agregados que se enquadram na faixa de 4,75 a 152mm, conforme pontuaram Bauer (2000) e Hagemann (2011).

3.4 Água

A água é um dos principais componentes na mistura para produção de concreto e é responsável por algumas atribuições, dentre elas a hidratação da massa cimentícia, com finalidade de endurecimento, resistência do concreto e aumento da trabalhabilidade, permitindo o preenchimento de maneira adequada dos vazios ou fissuras durante o processo de aplicação do concreto. Com base no método ABCP (anexo nº 5), podemos evidenciar na prática que a relação água/cimento é responsável principalmente pela resistência química e física do concreto endurecido e sua trabalhabilidade no concreto fresco, que deve estar compreendida entre o intervalo de 0,4 até 1,0, respeitando esse parâmetro as dosagem ficam restritas ao triângulo ABC.

A água utilizada no processo de mistura do concreto pode vir de diferentes fontes, sendo potável ou proveniente de reuso. Desse modo, em concordância com Petrucci (1998), podem ser toleradas variações nos níveis de impurezas, embora, para maior segurança antes de estudar o mecanismo do endurecimento do concreto, devam ser examinadas a natureza e as propriedades das reações entre os compostos com a água. Portanto, a qualidade da água para utilização no traço de concreto deve ser levada em consideração, para garantir um concreto de excelente qualidade, de modo a atender o desempenho exigido na trabalhabilidade e resistência.

3.5 Aditivos

Os aditivos químicos são usados para darem características específicas ao concreto, melhorando suas propriedades como resistência, durabilidade, trabalhabilidade, consistência, fluidez, menor consumo de água e cimento, entre outros. A NBR 11768 (ABNT, 2019) define aditivos como produtos acrescentados em quantidade pequena a concretos de cimento Portland modificando suas propriedade e adequando-as à determinadas condições. O emprego do concreto na construção civil é muito antigo, os romanos adicionavam sangue, banha, leite, claras de ovos para facilitar seu manuseio dele.

Atualmente, no primeiro mundo, 70% a 80% dos concretos são usados com algum tipo de aditivo por causas das grandes melhorias que eles trazem para o concreto. E existem vários tipos de aditivos para concreto, cada qual com características específicas, dentre eles, vale destacar alguns como os relacionados abaixo.

a) O aditivo plastificante ou redutor de água é usado no concreto para reduzir a quantidade de água necessária. Isso não compromete a resistência do concreto, tornando-o mais forte. Esses aditivos melhoram a facilidade de manuseio e aplicação do concreto, também aumentam sua durabilidade.

A função dos aditivos químicos plastificantes é de melhorar a consistência do concreto sem aumentar a demanda de água; aumentar as propriedades mecânicas e durabilidade da mistura, mantendo a consistência e reduzir o consumo de cimento, para as mesmas resistências e consistência. Esses três pontos são favoráveis aos CAD (Concreto de Alto e Ultra-Alto Desempenho), por normalmente serem concretos coesos, com pouca trabalhabilidade e com alto consumo de cimento (TUTIKIAN *et. al.*, 2011, p. 10).

b) O aditivo superplastificante, também conhecido como aditivo de alta redução de água, compartilha das mesmas propriedades do aditivo plastificante. A diferença está na capacidade de redução de água no concreto. Esses aditivos permitem a redução da quantidade de água necessária, mantendo a consistência adequada e garantindo uma maior resistência final do concreto.

Os aditivos recomendados para CAD são os superplastificantes, de terceira geração. Atualmente já se encontram no mercado os chamados aditivos de quarta geração, com cadeia mais longa e ramificada que os originais. As características relevantes para os aditivos são a compatibilidade com o cimento, o tempo de ação e grau de elevação de trabalhabilidade no concreto para os materiais utilizados (TUTIKIAN *et. al.*, 2011, p. 10).

c) O aditivo acelerador de pega é utilizado para reduzir o tempo de início e conclusão do processo de pega do concreto. Isso resulta em uma aceleração do processo produtivo.

d) O aditivo retardador de pega é o oposto do aditivo acelerador de pega, porque ele prolonga o tempo de início e conclusão do processo de pega do concreto. É empregado em construções instaladas em clima frio ou em longas distâncias, geralmente, é utilizado em conjunto com o plastificante.

Portanto, o uso dos aditivos no concreto tem o objetivo de potencializar os pontos fortes do concreto e reduzir os prejuízos causados pelos pontos fracos. Além disso, deve-se resaltar, que o uso do aditivo depende de sua aplicação, pois um aditivo do concreto utilizado de forma incorreta, pode causar fissura, quebras, solidificação retardada, dentre outros problemas.

4. METODOLOGIA

Este trabalho baseia-se numa pesquisa bibliográfica e experimental na análise da atuação do aditivo retardador na trabalhabilidade e resistência do concreto, conforme as normas ABNT NBR 12655: concreto de cimento Portland – preparo, controle, recebimento, aceitação e procedimento; ABNT NBR 7212: execução de concreto dosado em central; ABNT NBR 5739: concreto – ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos; ABNT NBR 9479: argamassa e concreto – câmaras úmidas e tanques para cura de corpos de prova; ABNT NBR 14931: execução de estruturas de concreto – procedimento e ensaios de laboratório, utilizando-se de um traço referência de $F_{ck}=35$ MPa, em que foram moldados 8 corpos de prova, cilíndricos com 10 centímetros de diâmetro e 20 centímetros de altura, em cada traço rodado, sendo rompidos com o tempo de 7, 14 e 28 dias.

Foram realizados testes de abatimento de tronco cone, mais conhecido como *Slump Test*, no traço referência e nos traços experimentais com a adição do aditivo retardador de pega nas proporções de 0,5% e 0,8%, respectivamente, e nos tempos de 0, 20, 40 e 60 minutos.

4.1 Materiais Utilizados

4.1.1 Cimento

Em todos os traços rodados foi utilizado o cimento Portland CP II-F-40 da marca Tocantins. Na Tabela 1, a seguir, serão apresentadas as propriedades químicas, físicas e mecânicas do cimento conforme fornecido pelo fabricante com base na norma ABNT NBR 16697:2018.

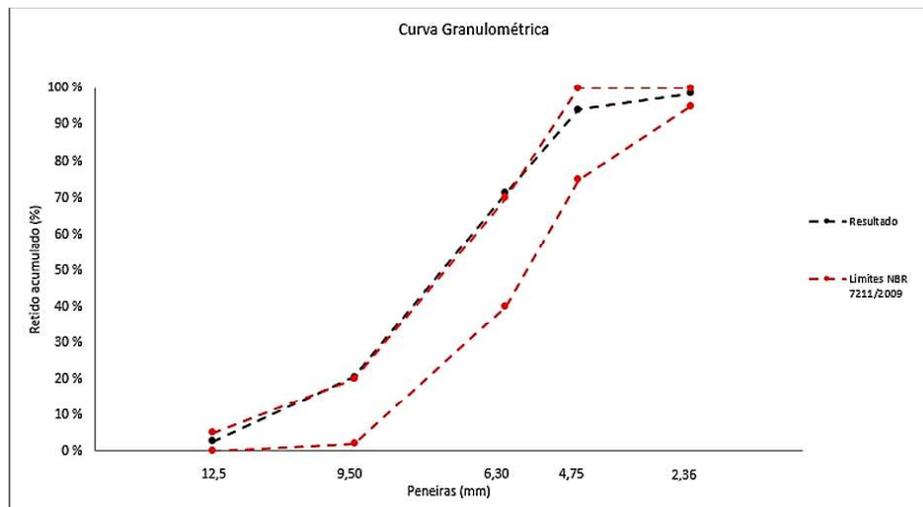
Tabela 1: Propriedades químicas, físicas e mecânicas do cimento CP II-F-40

Propiedades Químicas		
	Lote 1	Lote 2
Perda ao Fogo (PF)	5,4%	4,9%
Óxido de Magnésio (MgO)	2,7%	3,0%
Trióxido de Enxofre (SO ₃)	2,8%	2,6%
Resíduo Insolúvel (RI)	2,7%	2,4%
Propiedades físicas e mecânicas		
	Lote 1	Lote 2
Blaine (cm ² /g)	5044	5031
Água de consistência (%)	30,3	30,2
Tempo de pega início (min)	161	153
Tempo de pega fim (min)	210	202
Resistência a compressão (Mpa) - 1 dia	24,1	24,5
Resistência a compressão (Mpa) - 3 dias	36,7	36,4
Resistência a compressão (Mpa) - 7 dias	41,5	41,3
Resistência a compressão (Mpa) - 28 dias	49,2	-

Fonte: Boletim de ensaio de cimentos (Votorantim 2022)

4.1.2 Agregados

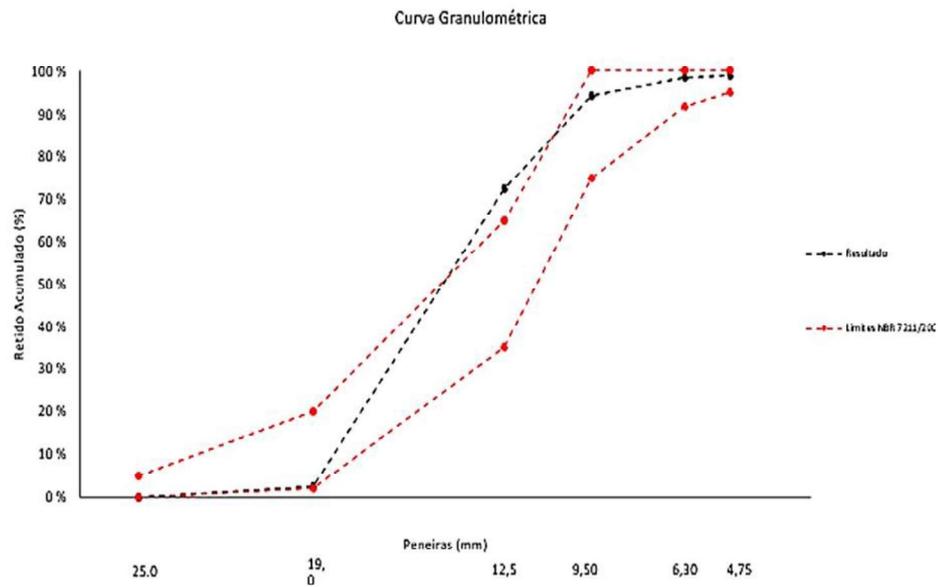
Foram utilizados agregados graúdos e miúdos no desenvolvimento da pesquisa para rodar os traços. A seguir, na Figura 1, será apresentada a curva granulométrica de cada agregado.

Figura 1: Curva granulométrica brita 0.

Fonte: Empresa parceira.

Na Figura 1, a brita 0 obteve-se um diâmetro máximo característico de 12,5mm, o seu módulo de finura foi de 6,13 mm.

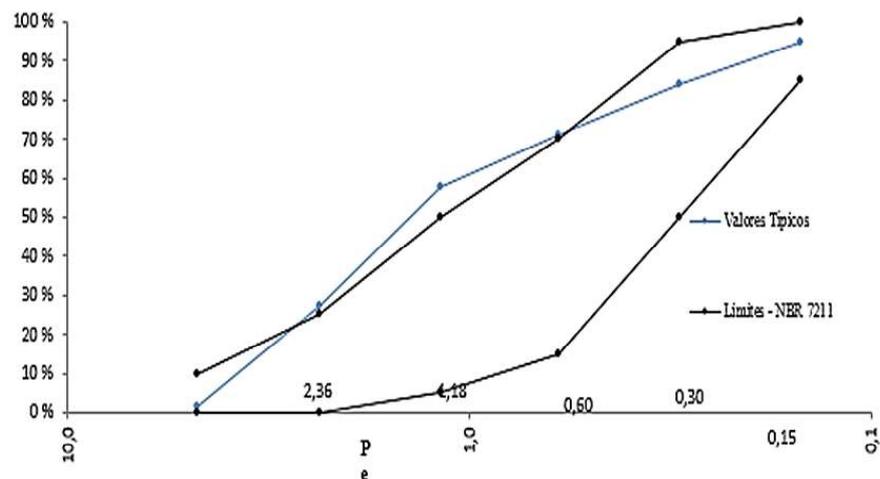
Figura 2: Curva granulométrica brita 1.



Fonte: Empresa parceira.

Na Figura 2, a partir da brita 1 obteve-se um diâmetro máximo característico de 19,0mm, o módulo de finura foi de 6,96 mm.

Figura 3 : Curva granulométrica areia artificial.



Fonte: Empresa parceira.

Na Figura 3, com a areia artificial obteve-se o módulo de finura de 3,36 mm.

4.1.3 Aditivo utilizado na pesquisa experimental

O aditivo utilizado para a pesquisa experimental foi o Plastimet VZ da Sika. É um aditivo plastificante retardador de pega do concreto, ou seja, é um aditivo polifuncional, cujas principais características e vantagens são que ele:

- aumenta a trabalhabilidade do concreto fresco, possibilitando a redução da água de amassamento;
- retarda o início da pega do concreto, de acordo com a dosagem utilizada;
- reduz a segregação do concreto;
- não contém adição de cloretos.

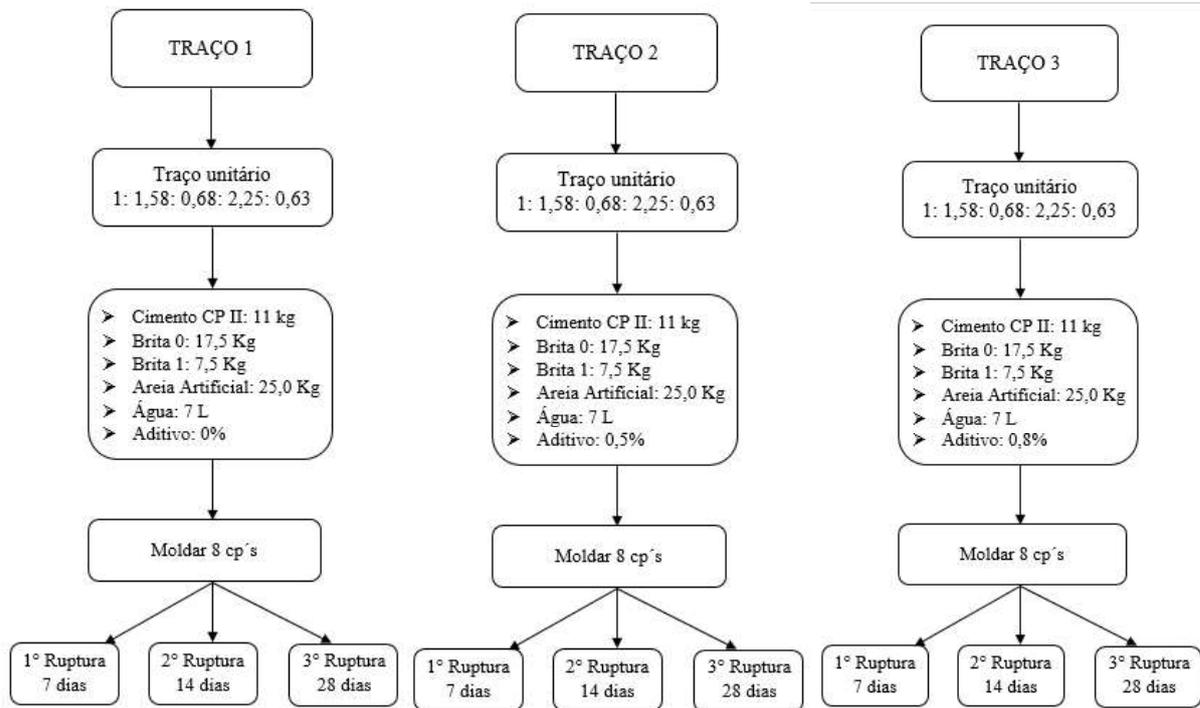
A densidade do aditivo utilizado é de $1,12 \pm 0,02$ kg/lt, com valor de pH de $5,5 \pm 1,0$.

4.2 Teste *Slump* e Moldagem dos Corpos de Prova

A moldagem dos corpos de prova foi feita, conforme a ABNT NBR 5738, no laboratório de engenharia da empresa parceira. Foram moldados 8 corpos de provas para cada traço rodado, sendo 3 corpos de prova para as idades de ruptura de 7 e 14 dias e 2 corpos de prova para a idade de ruptura de 28 dias. No próximo item será descrito todo o processo de teste *slump* e moldagem dos corpos de prova. A seguir, na Tabela 2, tem-se o traço unitário e o processo de moldagem de cada traço rodado.

Tabela 2: Traço unitário.

	Cimento (kg)	Brita 0 (kg)	Brita 1 (kg)	Areia Artificial (kg)	Água (kg)
Traço unitário	1	1,58	0,68	2,25	0,63
	1: 1,58: 0,68: 2,25: 0,63				

Figura 4: Processo de moldagem

Fonte: Os autores.

4.2.1 Preparo dos materiais

Os ensaios no concreto no estado fresco foram realizados no laboratório de solos da FacUnicamps. No primeiro momento, foi feita a separação dos materiais para pesagem usando uma balança calibrada com capacidade de 31Kg. Cada material foi separado, pesado e adicionado na betoneira na seguinte sequência: primeiro a areia, segundo o cimento e aos poucos os demais agregados e, por último, conforme o decorrer do ensaio, foi adicionado o aditivo.

Figura 5: Pesagem dos materiais usado nos traços

(a) Traço 1- 0,0%

(b) Traço 2- 0,5%

(c) Traço 3- 0,8%



Fonte: Os autores.

Figura 6: Rodagem do traço e kit *slump*



Fonte: Os autores.

Após a rodagem do traço do traço 1-0,0%, o traço referência, foi tirado o *slump*. O *slump* foi medido, no traço 2- 0,5%, somente no tempo 0 minutos e traço 3-0,8% foi rodado e medido o *slump* nos tempos 0, 20, 40 e 60 minutos. Para este ensaio de *slump test*, foram usados os equipamentos, molde, haste de adensamento, placa base, trena e concha de seção U, de acordo com a norma ABNT NBR 16889, conforme consta na Figura 5. A seguir serão expostos os *slumps* obtidos de cada traço.

Figura 7: Slumps obtidos

Traço 1-0,0%: 0 minutos



Traço 2- 0,05%: 0 minutos



Traço 3- 0,8%: 0 minutos



Traço 3- 0,8%: 20 minutos

Traço 3- 0,8%: 40 minutos



Traço 3-0,8%: 60 minutos



Fonte: Os autores.

Para a moldagem dos corpos de provas de cada traço, foi usado os moldes cilíndricos 10x20cm, desmoldante para os moldes, colher de pedreiro, concha de seções U e haste de adensamento, executados conforme a norma ABNT NBR 5738.

Figura 8: Moldagem dos corpos de provas



Fonte: Os autores.

4.3 Armazenamento e Ensaio de Resistência a Compressão

Após a desmoldagem, os corpos de provas foram preparados adequadamente para o seu transporte até o laboratório da empresa parceira, onde foram rompidos. Primeiro foram

armazenados em tanque de cura em solução saturada de hidróxido de cálcio até a idade de ruptura. Foram determinadas as dimensões dos corpos de provas e rompidos em uma prensa hidráulica de concreto conforme a ABNT NBR 5739.

Figura 9: Desmoldagem.



Fonte: Os autores.

5. RESULTADOS

Como descrito anteriormente, em todos os traços rodados foi utilizada a mesma quantidade de material, o que mudou foi a quantidade de aditivo adicionado para cada traço rodado. A seguir serão apresentados os resultados obtidos nos ensaios no concreto fresco e no concreto endurecido. Na Tabela 3, será apresentado o resultado do ensaio do concreto no estado fresco, o *slump test*, já na Tabela 4, será apresentado o resultado do ensaio do concreto endurecido, a resistência à compressão.

Tabela 3: *Slumps* obtidos

Tempo (min)	Slump obtido (mm)		
	Traço 1- 0,0%	Traço 2- 0,5%	Traço 3- 0,8%
0	50	60	180
20	-	-	180
40	-	-	180
60	-	-	180

Fonte: Os autores.

Como apresentado na Tabela 3, o *slump* obtido no traço 1- 0,0% foi de 50 mm, no traço 2- 0,05%, no tempo 0 min, foi de 60 mm, com esse resultado pode-se perceber que a quantidade de aditivo adicionado foi insignificante para a abertura e trabalhabilidade do concreto fresco, então, optou-se por não realizar o teste de *slump* nos tempos de 20, 40 e 60 minutos.

Para o traço 3-0,8%, foi possível observar uma abertura maior no concreto no tempo 0 min e, nos demais tempos, o aditivo Plastiment VZ conseguiu manter a trabalhabilidade do concreto. Ressaltando que o aditivo usando é polifuncional, plastificante e retardador de pega, ou seja, ele retarda o processo químico de endurecimento do concreto e aumenta a trabalhabilidade.

De acordo com Isaia (2011), o concreto com adição de aditivo retardador de pega apresenta uma taxa de exsudação mais elevada. Neville (2016) explica que a exsudação é uma forma de segregação em que parte da água da mistura migra para a superfície do concreto recém lançado, e essa segregação é causada pela incapacidade dos materiais sólidos da mistura de reter a água de amassamento enquanto se assentam em direção ao fundo e, no momento, em que o concreto apresenta enrijecimento suficiente, a exsudação cessa a ocorrência.

Em virtude dessas definições e analisando os ensaios realizados nos traços, pode-se perceber que não houve exsudação, ou seja, não houve acúmulo de água no topo dos testes de *slump* e nem nos corpos de prova. Acredita-se que para que ocorra a exsudação com o uso de aditivo retardador de pega, deve-se usar percentuais mais elevados de aditivo.

No ensaio de resistência à compressão axial, obteve-se os seguintes resultados para as idades de rupturas de 7, 14 e 28 dias, como apresentadas na Tabela 4. Ressalta-se que, por conta do curto tempo e logística após a moldagem dos corpos de prova, não pode realizar o ensaio de resistência a compressão nas primeiras horas/dias, por isso obteve-se somente a rupturas nas idades de 7, 14 e 28 dias.

Tabela 4: Resultados do ensaio de Resistência a compressão

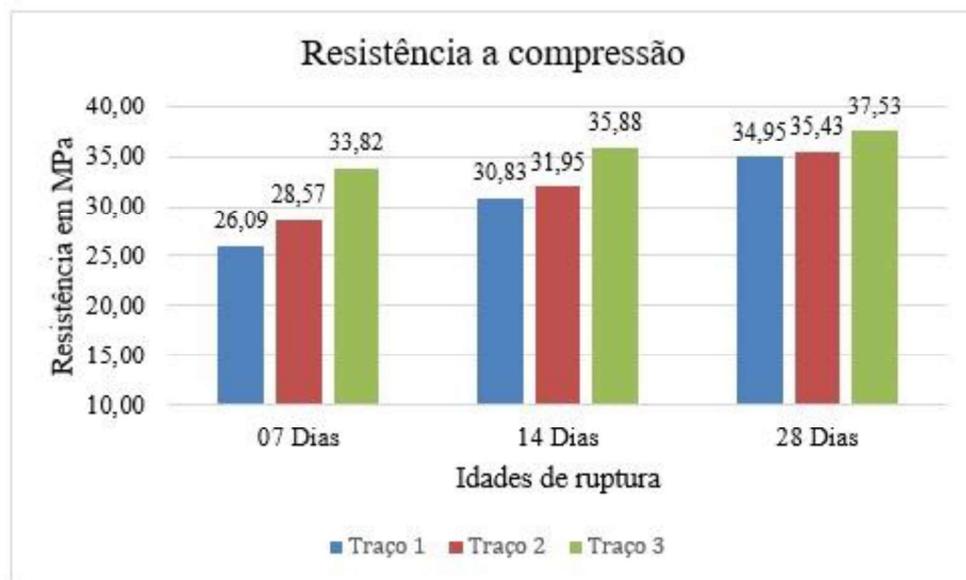
Traços	7 Dias (MPa)	14 Dias (MPa)	28 dias (MPa)	Desvio padrão 5,5 MPA aos 28 dias
Traço 1- 0,0%	26,09	30,83	34,95	40,45
Traço 2- 0,5%	28,57	31,95	35,43	40,93
Traço 3- 0,8%	33,82	35,88	37,53	43,03

Fonte: Os autores.

A NBR 11768 (ABNT, 2011) estabelece que traços com adição de aditivo retardador de pega devem atingir aos 28 dias 100% resistência do traço referência. Analisando os resultados

obtidos nestes traços percebe-se que, com 7 dias, o traço de referência alcançou 74,54% de resistência, enquanto os traços em que foi adicionado aditivo aos 7 dias de ruptura atingiram 89,13% de resistência. Analisando com 14 dias de ruptura, o traço referência alcançou 88,09% de resistência e o traços com aditivo alcançaram 96,90% de resistência, conforme demonstra o gráfico da Figura 10.

Figura 10: Resistência a Compressão



Fonte: Os autores.

6. CONCLUSÃO

Após a análise dos resultados do programa experimental proposto neste estudo, que analisou a influência do aditivo retardador de pega por meio de ensaios no concreto em estado fresco e endurecido com adição de diferentes quantidades de aditivos, foi possível obter as conclusões necessárias para que se compreenda o processo do concreto.

Com base no traço referência e com a adição do aditivo retardador, gradativamente, observou-se que nos ensaios o concreto fresco com a adição de 0,5% de aditivo não obteve uma diferença significativa na consistência e manutenção do concreto. Já com a adição de 0,8% de aditivo obteve uma abertura no concreto e o aditivo conseguiu retardar bem a trabalhabilidade nos primeiros 60 minutos, sendo assim pode-se concluir que para retardar a pega do concreto neste traço rodado o ideal é utilizar uma quantidade acima de 0,8%.

Analisando os resultados do concreto no estado endurecido, depreende-se que conforme a norma ABNT NBR 11768:2011, o aditivo cumpriu com o seu requisito atingindo 70% da resistência na ruptura de 14 dias e, conseqüentemente, 100% aos 28 dias como descrito na norma para aditivos retardadores de pega. E levando em consideração o desvio padrão o traço sem adição de aditivo retardador de pega também atingiu 100% de sua resistência característica.

Sendo assim podemos concluir que os objetivos proposto no início deste trabalho, como analisar a atuação de aditivos nos concretos nos estados frescos e endurecido, medir a trabalhabilidade conforme a ABNT NBR 11768-1 nos tempos 0, 20, 40 e 60 minutos para as porcentagens de 0,5% e 0,8% de aditivo retardador de pega em relação ao quilo do cimento e realizar ensaios de resistência à compressão axial conforme a norma ABNT NBR 5739 para as idades de 7, 14 e 28 dias foram cumpridos de forma satisfatória.

Em suma, é sabido que o mundo da construção civil está em constante evolução, em decorrência disto cada dia mais os estudos e experimentos são fundamentais. Nesse sentido, sugere-se que para estudos e experimentos futuros baseados neste tema seja utilizada um quantidade de aditivo superior a 0,8%, e para melhor análise do concreto no estado fresco seja feito o acompanhamento de quanto tempo após a moldagem dos cp's o concreto começa a perder pega e acompanhamento da liberação do calor de hidratação do concreto. Para uma melhor análise da influência do aditivo na resistência do concreto, é preciso que seja feito o ensaio de resistência a compressão com 12 hrs e 3 dias.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDOLFATO, Rodrigo Piernas. Controle tecnológico básico do concreto. Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural. UNESP. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariacivil/nepae/control-tecnologico-basico-do-concreto.pdf>. Acessado em: 12 de abril de 2023, às 16h.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR 7211/2005: Agregados para concreto - Especificação**. Rio de Janeiro, 1983. Disponível em: <https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2015/03/nbr-07211-2005-agregados-para-concreto-especificacao.pdf>. Acessado em: 22 de março de 2023, às 22h.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 94790/2006: Argamassa e Concreto – Câmaras úmidas e tanques de cura de corpo de prova**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/1347/nbr9479-argamassa-e-concreto-camaras-umidas-e-tanques-para-cura-de-corpos-de-prova>. Acessado em: 15 de março de 2023, às 23h.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS – **ABNT NBR 11768/2011: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/1415/nbr11768-aditivos-quimicos-para-concreto-de-cimento-portland-requisitos>. Acessado em: 05 de abril de 2023, às 19h 25min.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5738/2015 (2016): Concreto- Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://www2.uesb.br/biblioteca/wp-content/uploads/2022/03/NBR-5738-CONCRETO-PROCEDIMENTO-PARA-MODELAGEM-E-CURA.pdf>. Acessado em: 20 de abril de 2023, às 16h.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16697/2018: Cimento Portland – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://site.abece.com.br/nova-nbr-14931-e-publicada/>. Acessado em: 10 de maio de 2023, 16h.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5739/2018: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/metodo-de-ensaio-me/dner_me_091_98.pdf. Acessado em: 02 de maio de 2023, às 11h.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16889/2020: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/12956/nbr16889-concreto-determinacao-da-consistencia-pelo-abatimento-do-tronco-de-cone>. Acessado em: 12 de março de 2023, às 23h 15min.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16889/2020: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/12956/nbr16889-concreto-determinacao-da-consistencia-pelo-abatimento-do-tronco-de-cone>. Acessado em: 12 de março de 2023, às 23h 15min.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7212/2021: Execução de concreto dosado em central.** Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: https://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15030/material/NBR%207212%20-%202012_aula_sitepuc.pdf. Acessado em: 18 de março de 2023, às 18h 50min.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7211/2022: Agregados para concreto – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/238/abnt-nbr7211-agregados-para-concreto-requisitos>. Acessado em: 05 de maio de 2023, às 14h.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12655/2022: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/6336/nbr12655-concreto-de-cimento-portland-preparo-controle-recebimento-e-aceitacao-procedimento>. Acessado em: 18 de abril de 2023, às 20h.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14931/2023 Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibras – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://site.abece.com.br/nova-nbr-14931-e-publicada/>. Acessado em: 08 de maio de 2023, às 14h.

BASTOS, Paulo Sérgio. **O concreto é um material composto constituído por cimento, água, agregado miúdo (areia) e agregado graúdo (pedra ou brita)**. Disponível em: <https://wwwp.feb.unesp.br › pbastos › concreto1>. Acessado em: 29 de abril de 2023, às 21h.

BATTAGIN, A, F. Uma breve história do cimento Portland. Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/68183053/Uma-breve-historia-do-cimento-Portland>. Acessado em: 30 de março de 2023, às 18h.

BEZERRA, Lucas Marques. **Acompanhamento do processo produtivo do cimento portland da indústria de cimento portland Mizu-Baraúna/RN**. TCC (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró – RN, 27 p., 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/3706>. Acessado em 25 de abril de 2023, às 18h.

GONÇALVES, E. M.; MELGES, J. L. P.; FERREIRA, M. M. **Cimento Portland composto com filler calcário e aditivos químicos: avaliação da resistência à compressão axial e análise microestrutural**. In: Congresso Brasileiro de Materiais de Construção, 2017, Gramado. Anais do Congresso Brasileiro de Materiais de Construção, 2017. Disponível em: <https://www.cbmac.com.br/>. Acessado em: 29 de abril de 2023, às 15h.

HELENE, P. R. L. **Dosagem de Cimento Portland**. In: ISAIA, G. C. (Ed.). *Concreto: ensino, pesquisa e realizações*. São Paulo: IBRACON, 2005. v. 1, p. 75-107. Disponível em: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/07/lc56.pdf>. Acesso em: 01 de junho de 2023, às 12h.

LIMA, João Lucas Rufino. **Estudo comparativo entre estrutura metálica e de concreto armado em uma edificação: estudo de caso**. TCC (Bacharel em Engenharia Civil). Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais e Aplicadas – Centro Universitário de Brasília. Brasília, 74 p., 2017. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/prefix/13187/1/21113328.pdf>. Acessado em 18 de março de 2023, às 17h 40min.

NEVILLE, Adam M. **Properties of concrete**. 4 ed. London: Longman Scientific and Technical, 1994.

SILVA, M. A. O.; MARTINS, E. S. **Uma revisão histórica sobre o cimento Portland**. In: 59º Congresso Brasileiro do Concreto, 2017, Bento Gonçalves. Anais do 59º Congresso Brasileiro do Concreto, 2017. Disponível em: <https://abcp.org.br/eventos/cb-2017/trabalhos-completos/>. Acesso em: 29 de abril de 2023, às 17h.

TECNOSIL (Brasil). **Concreto**. In: TECNOSIL (Brasil). **Aditivos para concreto: principais tipos e para que servem**. [Itupeva, SP]: Tecnosil, 2020. Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/aditivos-para-concreto-principais-tipos-e-para-que-servem-2/>. Acesso em: 15 de maio de 2023, às 20h.

TEIXEIRA, Edimar Enrique Edison Brito. **Análise da influência da dosagem de concreto realizada sem controle tecnológico no cálculo estrutural em comparação a dosagem com controle tecnológico efetivo.** TCC (Bacharel em Engenharia Civil). Rede de Ensino Doctum – Unidade João Monlevade, 58p., 2019. Disponível em: <https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/3115/1/AN%C3%81LISE%20DA%20INFLU%C3%8ANCIA%20DA%20DOSAGEM%20DE%20CONCRETO%20REALIZADA%20SEM%20CONTROLE%20TECNOL%C3%93GICO%20NO%20C%C3%81LCULO%20ESTRUTURAL%20EM%20COMPARA%C3%87%C3%83O%20A%20DOSAGEM%20COM%20CONTROLE%20TECNOL%C3%93GICO%20EFETIVO.pdf>. Acessado em: 15 de maio de 2023, às 15h.

TUTIKIAN B. F., ISAIA G. C., HELENE P. **Concretode Alto e Ultra-Alto Desempenho.** In: ISAIA, G.C. (ed.). **Concreto: Ciência e Tecnologia.** São Paulo, Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), 2011. Disponível em: <file:///C:/Users/cnste/Downloads/ConcretodeAltoeUltra-AltoDesempenho.pdf>. Acesso em: 01 de junho de 2023, às 20h 30min.

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO

Eu,

Lucas Ferreira Guimarães RA 29.926

Declaro, com o aval de todos os componentes do grupo a:

AUTORIZAÇÃO (X)

NÃO AUTORIZAÇÃO ()

Da submissão e eventual publicação na íntegra e/ou em partes no Repositório Institucional da Faculdade Unida de Campinas – FACUNICAMPS e da Revista Científica da FacUnicamps, do artigo intitulado: ANÁLISE DA ATUAÇÃO DO ADITIVO NA TRABALHABILIDADE E

RESISTÊNCIA DO CONCRETO

de autoria única e exclusivamente dos participantes do grupo constado em Ata com supervisão e orientação do (a) Prof. (a): Professora Mestra Helen Oliveira Tenório

Curso: Engenharia Civil Modalidade afim: Presencial.

O presente artigo apresenta dados válidos e exclui-se de plágio.



Assinatura do representante do grupo

Assinatura do Orientador (a):

Goiânia, 06 de Julho de 2023.