

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA RESISTÊNCIA MECÂNICA NO TEMPO DE PEGA DE CONCRETOS CONVENCIONAIS

Pablo Ramiris Sousa Cavalcante¹, Ronaldo Viana Alencar Junior², Kelvy Maria de Vasconcelos Moreira³

¹Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, Brasil (pablorsc.academico@gmail.com)

²Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, Brasil

³Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, Brasil

Resumo: A falta de compreensão da influência do tempo de pega do concreto fresco na qualidade do produto pode causar diversos danos ao setor da construção civil. Esses problemas incluem atrasos nas obras, aumento dos custos finais e impactos ambientais causados pelo descarte do concreto rejeitado. O objetivo principal desta pesquisa foi investigar como a resistência à compressão afeta o tempo de pega em dois tipos de concreto comumente usados, com resistências de 30 MPa e 35 MPa. Os ensaios para determinar o tempo de pega obedeceram à norma NBR NM 9 (ABNT, 2003). Os resultados mostraram que o aumento da resistência à compressão do concreto resultou em uma diminuição do tempo de pega. Essa redução reforça a necessidade de se tomar cautela ao usar concretos de alta resistência mecânica, garantindo a execução correta das etapas de lançamento, adensamento e acabamento antes da pega.

Palavras-chave: Tempo de Pega do Concreto; Trabalhabilidade; Resistência Mecânica.

INTRODUÇÃO

O estudo do concreto e suas aplicações desempenham um papel de suma importância no âmbito da construção civil e na infraestrutura contemporânea. O concreto é considerado um dos materiais mais flexíveis e amplamente empregados globalmente, sendo imprescindível para a edificação de prédios, pontes, rodovias, barragens e diversas outras estruturas.

Metha e Monteiro (2008) afirmam que o esforço necessário para manipular o concreto em seu estado fresco é medido através do grau de trabalhabilidade, que é crucial para garantir a qualidade e a durabilidade das estruturas de concreto. Polesello et al. (2013) explicam que, com temperaturas ambientes elevadas, acima de 30 °C, o concreto endurece mais rapidamente quando comparado com concretos expostos a ambientes de temperaturas mais amenas. Essa pega em um intervalo menor de tempo provoca uma diminuição na trabalhabilidade do material, dificultando o seu manuseio e aplicação adequada. Além disso, a rápida perda de trabalhabilidade pode levar a problemas como segregação dos componentes do concreto e a formação de vazios, comprometendo a integridade estrutural e a durabilidade do concreto.

Neville (2016) conceitua o processo de pega como a transição do estado fluido para o estado endurecido. Nesse processo, os primeiros compostos a reagirem são o aluminato tricálcico (C₃A) e o silicato tricálcico (C₃S). Apesar de se tentar determinar o

tempo de pega da mistura de concreto, os ensaios para a determinação do tempo de endurecimento são realizados em relação à pasta cimentícia, o que pode resultar em pequenas variações no tempo.

A norma brasileira NBR 7212 (ABNT, 2021), que regulamenta os concretos dosados em centrais, fornece diretrizes para o transporte e lançamento do concreto fresco. De acordo com essa norma, o concreto deve ser entregue e retirado da obra em até 150 minutos após a adição inicial de água à mistura. Em situações em que não há uso de retardadores de endurecimento, o tempo de transporte por caminhão betoneira não deve exceder 90 minutos.

Oliveira (2018) aponta que, devido às condições climáticas adversas e ao congestionamento frequente nas grandes metrópoles, esses prazos nem sempre são cumpridos. Isto tem motivado as equipes de construção a se preocuparem em evitar o uso de concreto que ultrapasse os limites estabelecidos para assegurar a qualidade do material utilizado. Além disso, a falta de observação desses tempos pode causar uma perda significativa de resistência do concreto, tornando mais difícil o seu manuseio e comprometendo a integridade estrutural das obras. Sendo assim, é crucial que os profissionais da construção civil tomem medidas eficazes para assegurar que o concreto seja transportado e utilizado dentro do prazo recomendado, utilizando aditivos adequados e otimizando a logística de entrega para evitar atrasos.



O concreto vencido é aquele que excedeu os prazos recomendados pela norma NBR 7212 (ABNT, 2021), conforme descrito por Araújo, Goulart e Oliveira (2017). O uso desse concreto pode causar diversos problemas, como a redução da durabilidade, devido à maior porosidade, o que o impede de resistir a fatores ambientais, como a ação da água e de agentes químicos. Isso afeta a resistência do concreto, prejudicando a estabilidade e a segurança da estrutura. Além disso, podem ocorrer fissuras, descoloração e aumento dos custos devido a falhas que requerem reparos ou substituições, gerando custos adicionais para os projetos de construção.

Além dos desafios técnicos, a manipulação adequada do concreto fresco não só garante a integridade estrutural das edificações, mas também desempenha um papel crucial na sustentabilidade ambiental. Práticas inadequadas podem resultar em desperdício de materiais e recursos, exacerbando o impacto ambiental das atividades de construção.

Ao assegurar que o concreto seja transportado e utilizado dentro dos prazos recomendados pela norma NBR 7212 (ABNT, 2021), os profissionais da construção não apenas preservam a qualidade do material, mas também salvaguardam a integridade estrutural das construções. A não observância desses padrões pode comprometer a resistência do concreto, aumentando o risco de fissuras e falhas estruturais, que por sua vez exigem intervenções custosas e disruptivas.

O objetivo principal desta pesquisa foi analisar a relação entre a resistência à compressão e o tempo de pega dos concretos frescos, a fim de determinar o grau de influência desses fatores. Além disso, o objetivo é conscientizar a comunidade da construção civil sobre a relevância de assegurar a qualidade do concreto utilizado nas obras, seguindo rigorosamente as recomendações normativas para assegurar a durabilidade e a segurança das estruturas.

MATERIAL E MÉTODOS

MATERIAIS

A pesquisa foi conduzida utilizando cimento Portland tipo CP II-E-32, composto por escória. Os agregados utilizados foram areia de rio lavada como agregado miúdo e brita com diâmetro máximo de 25,00 mm como agregado graúdo. Esses materiais foram caracterizados pelo Laboratório de Ensaio em Materiais de Construção e Estruturas (LEMAE) do Curso de Engenharia Civil, seguindo os ensaios tecnológicos especificados pela ABNT: Composição granulométrica (ABNT NBR 17054:2022); Massa unitária no estado solto, compactado e índice de vazios (ABNT NBR 16972:2021); Massa específica do agregado miúdo (ABNT NBR 16916:2021) e

Massa específica e absorção de água para o agregado graúdo (ABNT NBR 16917:2021).

Adicionalmente, foi utilizado um aditivo plastificante para ajuste da consistência e água proveniente do serviço de abastecimento público.

Caracterização dos Materiais:

Os agregados foram submetidos a uma rigorosa caracterização física e tecnológica no Laboratório de Ensaio em Materiais de Construção e Estruturas (LEMAE). A composição granulométrica foi determinada conforme a norma ABNT NBR 17054:2022, enquanto a massa específica e a absorção de água do agregado graúdo seguiram as diretrizes estabelecidas pela ABNT NBR 16917:2021. Esses ensaios são cruciais para garantir a conformidade dos materiais com as especificações técnicas exigidas para a produção de concreto de qualidade.

MÉTODOS

Após a caracterização dos materiais, procedeu-se com a dosagem dos concretos seguindo a metodologia recomendada pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), com as atualizações do Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON). Foram estabelecidos dois traços com resistências à compressão características (f_{ck}) de 30 MPa (traço 1) e 35 MPa (traço 2), valores comerciais comuns na região de Sobral, Ceará. Cada traço incluiu 0,30% de aditivo plastificante em relação à massa de cimento. As quantidades de cimento por metro cúbico de concreto foram 420,00 kg e 480,00 kg para os traços 1 e 2, respectivamente, com teor de argamassa seca de 55% e consistência alvo de 100 mm.

Dosagem e Preparação dos Concretos:

Os concretos foram dosados de acordo com as diretrizes da ABCP e IBRACON para garantir a obtenção das resistências características desejadas de 30 MPa e 35 MPa para os traços 1 e 2, respectivamente. A utilização de aditivo plastificante, na proporção de 0,30% em massa de cimento, visou otimizar a trabalhabilidade do concreto sem comprometer suas propriedades mecânicas. As quantidades específicas de cimento por metro cúbico foram determinadas com base nos requisitos de resistência e nas condições de aplicação locais.

Avaliação da Consistência e Tempo de Pega:

A consistência dos concretos foi avaliada pelo abatimento do tronco de cone conforme estipulado pela ABNT NBR 16889:2020, garantindo que os concretos atendessem aos critérios de trabalhabilidade estabelecidos. O tempo de pega foi determinado através do ensaio de penetração com penetrômetro de Proctor e recipiente paralelepípedo de 15 L, seguindo as diretrizes da NBR NM 9

(ABNT, 2003). Este método proporcionou uma avaliação precisa do início da pega dos concretos, crucial para o controle do processo de cura e aplicação.



Figura 1. Fabricação do concreto



Figura 2. Ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone (ABNT NBR 16889:2020)



Figura 3. Peneiramento do concreto para ensaio de penetração.



Figura 4. Penetrômetro de Proctor.



Figura 5. Execução do ensaio de penetração.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ensaios de abatimento do tronco de cone mostraram resultados de 98 mm para o traço 1 e 110 mm para o traço 2, estando dentro do intervalo estabelecido durante a dosagem. Além disso, mostraram uma boa coesão, o que indica que o teor de argamassa seca foi adequado.

A Figura 6 mostra as curvas de resistência à penetração em função do tempo decorrido para os traços executados na pesquisa.

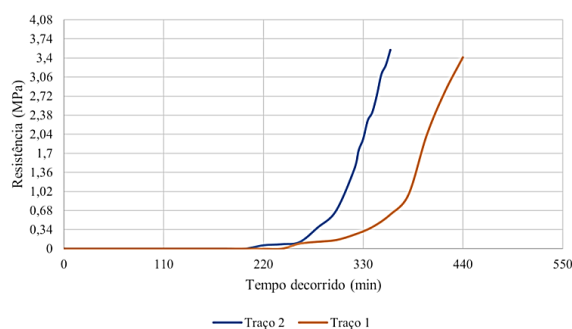


Figura 6. Influência da resistência à compressão no tempo de pega caracterizado pela resistência à penetração.



A análise da Figura 6 revela que o tempo de início de pega do concreto, no traço 1, foi de cerca de 440 minutos (7 horas e 20 minutos), iniciando-se no momento em que o cimento foi introduzido em contato com a água, ainda na betoneira, até atingir a resistência à penetração de 3,40 MPa. Já para o traço 2, esse tempo foi de aproximadamente 360 minutos (6 horas).

Portanto, a elevação da resistência à compressão no traço 2 resultou em uma diminuição de aproximadamente 18% no tempo de pega em relação ao tempo de pega observado no traço 1. Esta redução no tempo de pega pode ser atribuída ao ajuste na composição do concreto, que visou melhorar suas propriedades mecânicas sem comprometer a sua trabalhabilidade. É relevante destacar que houve uma preocupação e cuidado em manter a consistência e a fluidez entre os dois tipos de concreto, garantindo a comparabilidade dos resultados. Além disso, foi utilizado o mesmo aditivo plastificante em ambas as misturas, o que assegura que as variações observadas no tempo de pega sejam devidas principalmente às alterações na proporção dos componentes e não a diferenças na aditivação. Este cuidado metodológico reforça a validade dos achados e a robustez do estudo.

Dado que, para atingir uma resistência mecânica superior no traço 2, foi necessário aumentar o consumo de cimento, conclui-se que a reação de hidratação no traço 2 foi mais intensa. A hidratação, que é exotérmica, libera calor durante o processo, o que aumenta a temperatura do concreto. Dessa forma, a temperatura do concreto no traço 2 foi maior do que na do traço 1. O aumento da temperatura pode ter acelerado o processo de pega, fazendo com que a pega ocorresse mais cedo no traço 2. Além de aumentar a quantidade de cimento, outros fatores, como a uniformidade da mistura, o tipo e a dosagem dos aditivos e as condições ambientais durante a cura do concreto, também podem influenciar a cinética de hidratação e, consequentemente, o tempo de pega. Contudo, a elevação da taxa de liberação de calor devido ao aumento do conteúdo de cimento é um fator relevante que contribui para a aceleração do tempo de pega observado no traço 2.

CONCLUSÃO

Os resultados preliminares apresentados indicam a necessidade de um cuidado especial no manejo de concretos com fck elevado. Esse cuidado é crucial para evitar desperdícios de concreto e assegurar que o material utilizado nas estruturas esteja dentro do prazo de manuseio ideal. A rápida evolução da resistência em concretos com maior fck pode significar uma redução significativa no tempo disponível para o transporte, lançamento e consolidação do concreto. Se este período não for

monitorado de forma rigorosa, há o risco de aplicar concreto que já iniciou o processo de pega, comprometendo a qualidade e a integridade das estruturas.

Além disso, é crucial considerar o planejamento logístico, a eficiência do transporte e a coordenação das operações no canteiro de obras para assegurar que o concreto seja usado dentro do prazo ideal. A gestão adequada desses aspectos não só minimiza o desperdício de material como também otimiza os recursos disponíveis, promovendo uma construção mais sustentável e eficiente. Nesse contexto, o tempo de manipulação do concreto se torna um indicador-chave de eficácia operacional, influenciando diretamente na produtividade e na qualidade final da obra.

A pesquisa em andamento visa explorar concretos com resistência à compressão entre 25 e 40 MPa, assim como concretos de alta resistência (CAR), com o intuito de aprofundar a compreensão dos comportamentos mecânicos e das características de cura desses materiais. Uma das descobertas significativas até o momento foi a importância crucial de monitorar e controlar a temperatura dos concretos frescos. A variação excessiva de temperatura durante o processo de cura pode comprometer a integridade estrutural do concreto, levando à formação de fissuras e reduzindo sua resistência final.

Além do controle térmico, a pesquisa enfatiza a relevância de aditivos retardadores de pega para prolongar a trabalhabilidade do concreto em condições adversas ou em situações que demandem um tempo estendido entre a mistura e a aplicação. Esses aditivos não apenas mitigam os efeitos negativos da pega precoce, mas também permitem um manuseio mais seguro e eficiente do material, reduzindo desperdícios e custos associados a retrabalhos.

Essa abordagem integrada, que combina controle rigoroso da temperatura com o uso estratégico de aditivos, não só visa otimizar o desempenho do concreto em diferentes condições ambientais como também fortalece os aspectos de sustentabilidade e eficiência na construção civil. Ao promover práticas que garantem a qualidade e a durabilidade das edificações, a pesquisa contribui para o avanço contínuo no setor da construção, alinhando-se com os princípios de desenvolvimento sustentável e inovação tecnológica.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Programa de Bolsa de Permanência Universitária da Universidade Estadual Vale do Acaraú (PBPU), a FUNCAP e ao LEMACE/Curso de Engenharia Civil.



REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 7212. Concreto dosado em central: Preparo, fornecimento e controle. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16889. Concreto: determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16917. Agregado graúdo: determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16916. Agregado miúdo: determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16972. Agregados: Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 17054. Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR NM 9. Concreto e argamassa: Determinação dos tempos de pega por meio de resistência à penetração. Rio de Janeiro, 2003.

ARAÚJO, U. C.; GOULART, D. P.; OLIVEIRA, C. F. Avaliação da perda de desempenho de estrutura executada com concreto usinado vencido. In: XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas. Anais... Crato, Ceará, 7-9 Set 2017, p. 406-423.

OLIVEIRA, C. F. de et al. Análise das propriedades do concreto quando utilizado após início de pega: tempo de utilização de concreto estrutural vencido. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. 2018.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

NEVILLE, A. M. Propriedades do Concreto. Tradução de Ruy Alberto Cremonini. 5º. ed. Porto Alegre: Bookman, v. 1, 2016. 888 p. ISBN 978-85- 8260-365-9. Livro.

POLESELLO, E.; ROHDEN, A. B.; DAL MOLIN, D. C. C.; MASUERO, A. B. O limite de tempo especificado pela NBR 7212, para mistura e

transporte do concreto, pode ser ultrapassado? Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, vol. 6, pp. 339-359.