

Cimento com prazo de validade vencido: efeito no slump test e na resistência do concreto

Cement with expired date: effect in the slump and in the compressive strength of the concrete

DOI:10.34117/bjdv7n12-490

Recebimento dos originais: 12/11/2021

Aceitação para publicação: 01/12/2021

Stéphanie Oliveira Nina Rocha

Mestra em Modelagem Computacional e Sistemas
Graduada em Engenharia Civil

CONSTRUCT-LABEST, Faculdade de Engenharia (FEUP), Universidade do Porto,
Portugal.

Endereço pessoal: Avenida Tito Versiane dos Anjos, n° 896, apartamento 204, Augusta
Mota, CEP: 39.403-217, Montes Claros-MG.

E-mail: stephanie@grupoelemental.com.br

Cássio Alvarenga Gonçalves

Graduado em Engenharia Civil

Faculdade Vale do Gorutuba - FAVAG

Endereço pessoal: Rua Josias Antunes Teixeira, n° 44, Bairro Cohab,
CEP: 39447-544, Janaúba-MG.

E-mail: cassioalvarenga84@gmail.com

Lino Manuel Serra Maia

Doutor em Engenharia Civil

CONSTRUCT-LABEST, Faculdade de Engenharia (FEUP), Universidade do Porto,
Portugal.

Faculdade de Ciências Exatas e Engenharia, Universidade da Madeira, Portugal.

Endereço profissional: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Rua Dr.
Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal

E-mail: linomaia@fe.up.pt

RESUMO

O cimento Portland tem sido amplamente utilizado em todo o mundo para a produção de concreto. Quando o cimento Portland não é usado corretamente, seguindo as prescrições normativas, seu uso pode comprometer a estética e a segurança das estruturas. A presente pesquisa consistiu em analisar a trabalhabilidade do concreto no estado fresco e a resistência à compressão no estado endurecido quando se utiliza o cimento Portland com fabricação superior a 90 dias, visto que o prazo de validade não deve ser superior a esse tempo, conforme definido pela ABNT NBR 16697. Para os ensaios, foram selecionados três cimentos com diferentes datas de fabricação: novembro de 2018, julho de 2019 e agosto de 2020. A trabalhabilidade foi avaliada por meio do ensaio de abatimento e ensaio de resistência à compressão nas idades de 1, 7, 14 e 28 dias. A mistura utilizada foi para a resistência à compressão de 25 MPa aos 28 dias de idade. O *slump test* mostrou valores divergentes em relação aos cimentos vencidos, levando a resultados inconclusivos. O

concreto com cimento de 2018 apresentou menor resistência à compressão, atingindo aos 28 dias 56,8% da resistência esperada. Nenhuma perda significativa de resistência à compressão foi encontrada nos concretos com cimentos de 2019 e 2020.

Palavras-chave: Cimento; Concreto; Prazo de validade; Resistência à compressão; Trabalhabilidade.

ABSTRACT

Portland cement has been widely used around the world to produce concrete. When Portland cement is not used correctly, following the normative prescriptions, its use can compromise the aesthetics and the safety of structures. The present research consisted of analyzing the workability of concrete in fresh state and compressive strength in its hardened state when using Portland cement with expired date higher than 90 days defined by the Brazilian standard NBR 16697. For the tests, three cements were selected with different manufacturing dates: November 2018, July 2019 and August 2020. The workability was assessed through the slump test and the compressive strength test at the ages of 1, 7, 14 and 28 days. The mix used was designed for a compressive strength of 25 MPa at the age of 28 days. The slump tests showed divergent values regarding to the expired cements, leading to inconclusive findings. Regarding the compressive strength, it was concluded that the loss of efficiency of concrete produced with expired cement.

Keywords: Cement; Concrete; Expired date; Workability; Compressive strength.

1 INTRODUÇÃO

A população estimada do Brasil em 2020 é de 211 milhões de habitantes de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020) com uma taxa de crescimento de 0,8% ao ano. O crescimento populacional exigirá a construção e expansão de residências para reduzir o deficit habitacional.

A capacidade de produção das indústrias de cimento no Brasil em 2018 foi de 102 milhões de toneladas. As vendas do setor atingiram o pico em 2014 com 70,9 milhões de toneladas, já em 2019 com a crise no setor da construção civil, as vendas atingiram 54,3 milhões de toneladas (SNIC, 2020). O comércio varejista distribui cerca de 2/3 desta produção, geralmente vendendo o cimento em sacos de 50 kg, com o consumidor “formiga” (aquele que adquire cimento com mão de obra própria ou contratada para pequenas reparações, renovações ou pequenas construções) um dos destinos finais (SNIC, 2020) (CBIC, 2020).

As construções irregulares ocorrem sem fiscalização externa, acompanhamento de engenheiros civis e de normas vigentes, além do adequado controle tecnológico do concreto utilizado. Um dos requisitos básicos a serem observados é a data de validade e o período de armazenamento. É recomendado o armazenamento do cimento por 30 dias,

podendo aumentar esse período em até 60 dias dependendo das condições climáticas (RIPPER, 1995), pois o prazo de validade é de 90 dias conforme NBR 16697 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018a).

O presente trabalho teve como objetivo compreender e quantificar a perda de qualidade do concreto no estado fresco, quanto à trabalhabilidade; e resistência à compressão, no estado endurecido; quando o cimento Portland é utilizado após o prazo de validade determinado pela NBR 16697 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018a).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para os ensaios, foi escolhido o cimento composto com adição de Filler (CP-II) com classe de resistência de 32 MPa. Para a confecção do concreto, foram utilizados cimentos com três datas de fabricação distintas, a saber: amostra de 2018, com fabricação em 29 de novembro de 2018; amostra de 2019, com fabricação em 1º de julho de 2019; e amostra de 2020, com fabricação datada de 4 de agosto de 2020. Os demais materiais utilizados para a realização dos testes foram: areia lavada, brita 0, brita 1 e água.

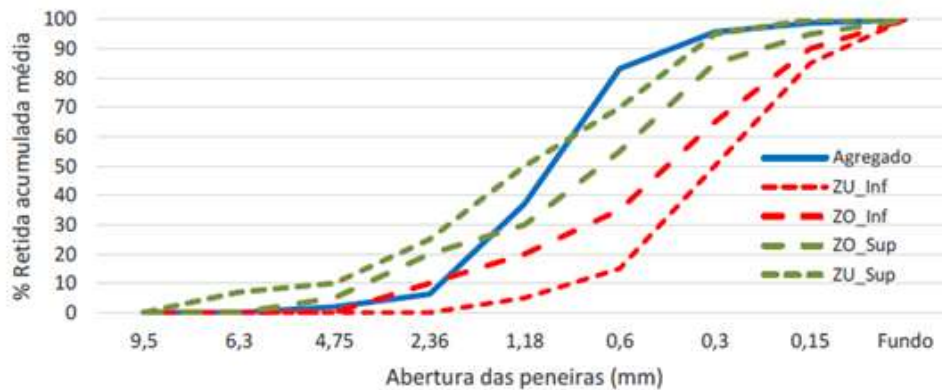
2.1 DETERMINAÇÃO DA CURVA GRANULOMÉTRICA

Os agregados são importantes porque constituem 70% a 80% do volume do concreto e interferem em suas características no estado fresco, sobretudo na sua trabalhabilidade; e no estado endurecido, afetando a resistência à compressão e sua durabilidade (BASTOS, 2019). Os ensaios granulométricos foram realizados de acordo com a NBR NM 248 - Agregados - Determinação da composição granulométrica (ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS., 2003).

2.2.1 Agregado miúdo

Conforme a NBR 7211 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019) agregados finos são os grãos que passam pela peneira 4,75mm e ficam retidos na peneira de malha 0,150mm. Os resultados apresentados na Figura 1 mostra a composição granulométrica da areia utilizada, em função da zona utilizável inferior (ZU_Inf), zona ótima inferior (ZO_Inf), zona utilizável superior (ZU_Sup), zona ótima superior (ZO_Sup) . A curva granulométrica representa o percentual retido acumulado para as peneiras.

Figura 1: Curva granulométrica do agregado miúdo (areia)

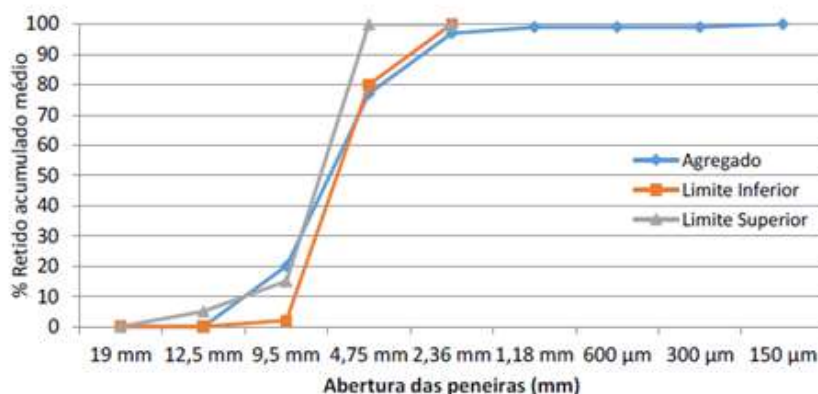


O agregado miúdo apresentou a curva dentro do tolerável para mistura do concreto em quase todos os limites, porém para a peneira 0,6 mm o percentual retido acumulado ultrapassou o limite. Uma quantidade maior de materiais mais finos não é aconselhável porque pode comprometer a resistência do concreto (RIPPER, 1995), apontando uma quantidade maior de materiais mais finos o que aumenta a demanda de água de amassamento e material cimentício. Outras características obtidas com o ensaio foram o módulo de finura (3,23) e a dimensão máxima característica (4,75). Com o resultado do módulo de finura foi possível classificar a areia como grossa. A dimensão máxima do agregado está relacionada à distribuição granulométrica e representa o percentual retido acumulado igual ou imediatamente inferior a 5%.

2.2.2 Agregado graúdo

Segundo a NBR 7211 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019) agregados graúdos são os grãos que passam pela peneira de 75 mm e ficam retidos na peneira de 4,75 mm. A Figura 2 mostra a composição granulométrica dos agregados graúdos em função dos limites inferior e superior. A brita 0 apresentou a curva dentro do tolerável apenas na peneira de 12,5 mm, as demais peneiras apresentaram percentual retido acumulado fora dos limites. A amostra continha uma grande quantidade de materiais finos. As condições e o tempo de armazenamento dos materiais podem ter contribuído para que os agregados apresentassem uma curva fora dos limites, pois podem ter sido expostos a diferentes condições climáticas e recebido sobreposição de materiais, criando um acúmulo de materiais finos no fundo. Os resultados apresentados na Figura 3 ilustram a composição granulométrica da brita 1.

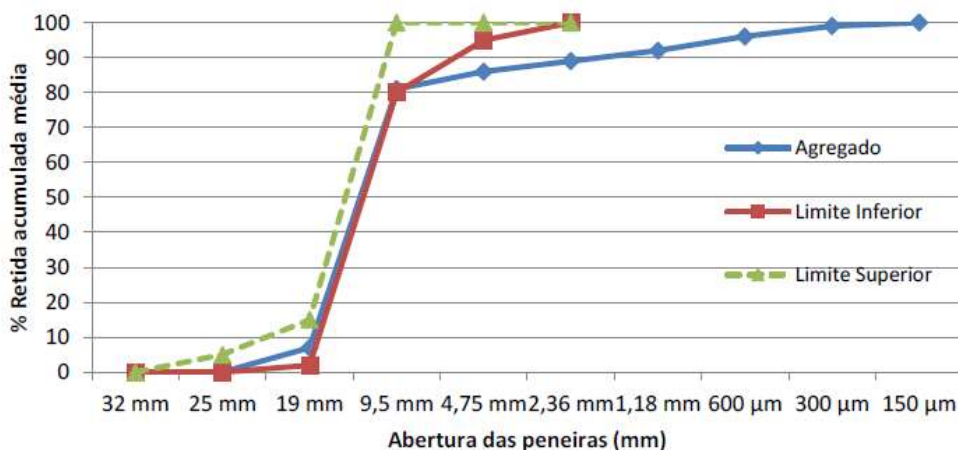
Figura 2: Curva granulométrica do agregado graúdo (brita 0)



A brita 1 apresentou a curva dentro da faixa tolerável para as peneiras de 25 mm, 19 mm e 9,5 mm, as demais peneiras apresentaram percentual retido acumulado fora dos limites. A amostra apresentou uma quantidade significativa de materiais finos, aproximadamente 19% das amostras apresentaram tamanho de partícula igual ou inferior a 4,75 mm.

O ensaio granulométrico dos agregados indicou que os insumos avaliados são inadequados uso em concreto estrutural, principalmente a brita 1, que indicou uma grande quantidade de materiais finos em sua composição. Portanto, as partículas menores possuem maior área superficial, necessitando de maior quantidade de água e de material cimentício para envolvê-los. É recomendada em situações que a brita apresentar muito pó de pedra, que a mesma seja lavada, pois o material fino diminui a aderência entre a brita e a pasta, prejudicando a qualidade do concreto (RIPPER, 1995).

Figura 3: Curva granulométrica do agregado graúdo (brita 1)



2.3 DOSAGEM E MISTURA

A dosagem do concreto seguiu o método ABCP, método empírico que utiliza informações básicas para a caracterização dos materiais componentes (GUERRA, 2020). Foi utilizado o traço 1:2.6:2.8:0.53 (cimento, areia, brita e água-cimento), pretendendo atingir uma resistência característica à compressão de 25 MPa aos 28 dias. Após a homogeneização, foi realizado o *slump test*, conforme a NM 67 (ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998). Para o ensaio, foi considerado um abatimento de 70 mm, que é referência para um concreto de estrutura comum com consistência plástica (RIPPER, 1995).

Para as amostras, foram utilizados cimentos com data de fabricação em novembro de 2018, julho de 2019 e agosto de 2020. Os corpos-de-prova foram rompidos nas idades de 1, 7, 14 e 28 dias, com três amostras de datas de fabricação diferentes para cada idade rompida, totalizando 36 amostras.

2.4 CURA E RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Após 24 horas da moldagem, os corpos-de-prova foram desmoldados, e com 1 dia de idade foram submetidos ao ensaio de compressão. Aquelas programadas para serem rompidas em outras idades foram armazenadas em solução saturada de hidróxido de cálcio pelo período de cura e aguardaram a data do ensaio de compressão prevista no cronograma. Os ensaios de compressão foram realizados em prensa hidráulica com acionamento manual, e os resultados encontrados foram expostos em painel lateral ao equipamento em tonelada-força, em conformidade com a NBR 5739 - Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018b).

3 DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DO CONCRETO EM ESTADO FRESCO

A trabalhabilidade é a propriedade mais importante do concreto no estado fresco (SOBRAL, 2000). Recomenda-se um abatimento entre 60 e 80 milímetros para concreto estrutural de uso comum sem o uso de vibradores para adensamento (RIPPER, 1995). O *slump test* foi de 80 mm para a amostra de 2018, 20 mm para a amostra de 2019 e 70 mm para a amostra de 2020.

Para a realização da mistura, foi estabelecido inicialmente um fator água-cimento de 0,53, mas foi utilizado apenas no cimento fabricado em 2018. O concreto com cimento

fabricado em 2019 teve que ser corrigido para um fator de 0,58 a/c porque os agregados não apresentam coesão com a pasta de cimento durante o processo de homogeneização. Apesar do pequeno abatimento, apresentou aspecto homogêneo entre os materiais constituintes do concreto e consistência adequada. Para a amostra de 2020, a razão de 0,58 no fator a/c foi mantida, produzindo um concreto com abatimento esperado.

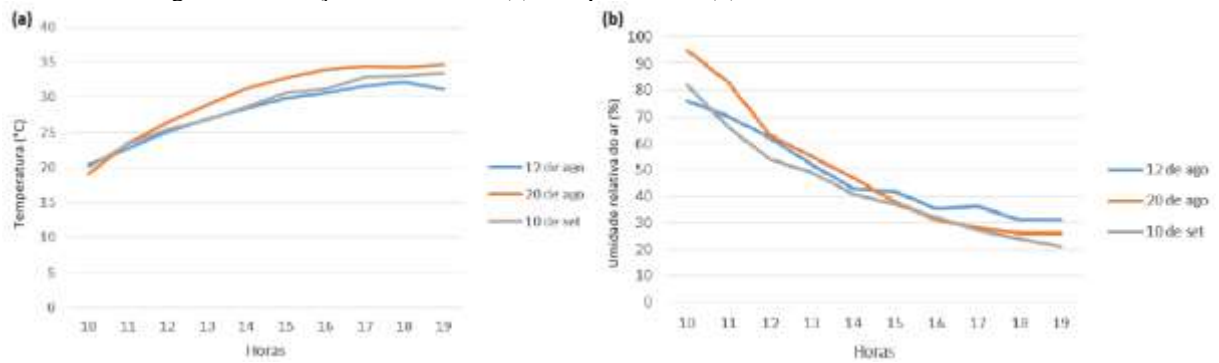
Existem cinco fatores que podem modificar significativamente o *slump test*: o teor de água em relação à mistura seca; tipo e finura do cimento; granulometria e formas de grãos de agregados; ação combinada de fatores; tempo, temperatura e umidade relativa. Trazendo esses parâmetros para o experimento, foi possível descartar preliminarmente apenas um deles, granulometria e formas dos grãos dos agregados, pois foram utilizados agregados da mesma origem em todas as composições (SOBRAL, 2000).

O teor de água em relação à mistura foi alterado para que o concreto apresentasse uma aparência homogênea após a mistura. As amostras de 2019 e 2020 utilizaram o mesmo fator a/c, mas apresentaram resultados divergentes, o que leva a considerar outros parâmetros para a compreensão dos resultados.

Mesmo com a utilização de um cimento da mesma marca, tipo e classe de resistência, a finura do cimento não pôde ser garantida devido ao processo de pré-hidratação do cimento que ocorreu devido à sua exposição no meio ambiente ao longo do tempo. Pode-se inferir que a amostra de 2018 foi a mais afetada, a amostra de 2020 pode ser desconsiderada por esse fator como causador de resultados divergentes devido ao curto período de exposição, ausência de chuva e baixa umidade relativa no período de abertura da embalagem e realização dos ensaios.

Os testes foram realizados em datas diferentes, sempre por volta das 18 horas, a temperatura e a umidade relativa do ar nessas datas variaram, conforme pode-se observar na Figura 4 (a) (Temperatura) e na Figura 4 (b) (Umidade relativa do ar). O concreto com cimento fabricado em 2018 foi moldado no dia 12 de agosto, nesta data a temperatura foi a mais baixa entre os dias de ensaio, conforme pode ser visto na Figura 4(a), a temperatura mais amena combinada com a maior umidade favoreceu o abatimento foi maior.

Figura 4: Condições ambientais: (a) Temperatura e; (b) Umidade relativa do ar



Fonte: adaptado do INMET (2020)

O concreto com cimento fabricado em 2019 foi produzido no dia 20 de agosto, a temperatura registrada naquela data era a mais alta, mas a umidade estava em uma posição intermediária. A temperatura pode ter contribuído para a baixa redução. Vale ressaltar que o agregado fino utilizado para a execução do trabalho foi armazenado em local desprotegido e exposto ao sol. E por fim, o concreto com cimento fabricado em 2020 foi moldado no dia 10 de setembro, a umidade desse dia foi a mais baixa registrada, ficando muito próxima à registrada para a amostra de 2019.

Após a análise dos parâmetros, é necessário entender como a ação combinada dos fatores contribuiu para os resultados divergentes. Aparentemente, o fator mais relevante para a discrepância nos resultados foi a utilização do material cimentício após o prazo de validade estipulado pelo fabricante, associado a fatores climáticos que variaram entre as datas de ensaio das misturas.

3.2 ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DO CONCRETO ENDURECIDO

3.2.1 Cimento fabricado em 2018

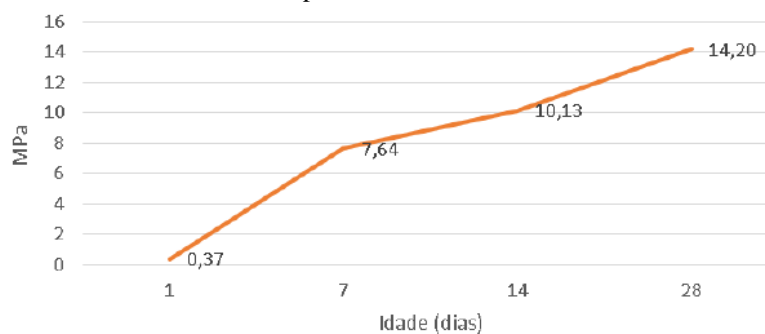
O cimento apresentava-se empedrado devido ao longo período de armazenamento, com tamanhos diferentes quando comparado com o material pulverulento característico, conforme Figura 5 (a), sendo necessário realizar preliminarmente o peneiramento do cimento antes da mistura dos materiais, conforme mostrado na Figura 5(b). As partículas retidas pela peneira foram descartadas para a realização da mistura. Vale ressaltar que o cimento foi abrigado no laboratório de concreto, protegido das intempéries mais severas, como sol e chuva, mas ainda exposto à umidade por estar em contato direto com o piso e com a embalagem aberta. Quando retiradas dos moldes, os corpos de prova apresentaram quebra de borda, conforme Figura 5(c).

No que respeita aos resultados, estes permaneceram baixos até os 28 dias, idade utilizada como referência para projetos e cálculos estruturais. A Figura 6 mostra os valores médios dos resultados.

Figura 5: Aspecto visual do cimento fabricado em 2018



Figura 6: Resistência média à compressão do concreto com cimento fabricado em 2018



A idade de 7 dias teve um aumento superior a 2000% em relação ao primeiro dia, entre as idades de 7 e 14 dias o aumento foi de 32% e entre as idades de 14 e 28 dias o aumento foi de 40%. Apesar do grande aumento entre os dias 7 e 14, e melhora progressiva nas idades subsequentes, aos 28 dias foi de 56% em relação a resistência característica à compressão esperada para a mistura, que seria de 25MPa. A NBR 6118 (ABNT, 2014) fornece como diretriz para concretos produzidos com cimento CPI e CPII, a resistência à compressão em 7 dias deve atingir 78% do valor estimado para 28 dias.

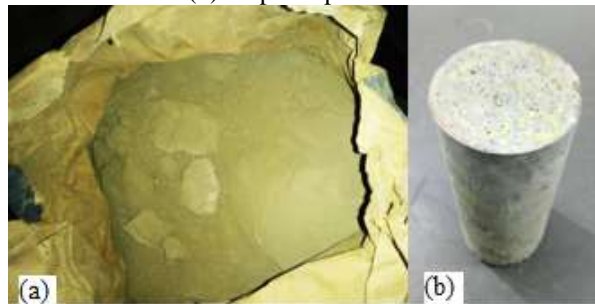
O baixo ganho de resistência pode estar associado à modificação em C3S, relacionado ao ganho de força no primeiro mês, e C3A em relação ao primeiro dia, conforme indicado pelos autores (OLIVEIRA JUNIOR, 2020) (PETRUCCI, 1979) (BAUER, 2015).

3.2.2 Cimento fabricado em 2019

O cimento fabricado em 2019 foi armazenado no laboratório de concreto, em contato com o piso de concreto e protegido do sol e da chuva. O mau armazenamento associado ao longo período possivelmente foi responsável pelo empedramento do

material cimentício, como pode ser visto na Figura 7(a). Da mesma forma que o cimento fabricado em 2018, foi necessário preliminarmente realizar o peneiramento do cimento, sendo descartado o material retido na peneira. Quando retiradas das fôrmas, os corpos de prova apresentaram boa qualidade aparente, semelhante ao esperado para um concreto dentro do prazo de validade, conforme pode ser observado na Figura 7(b).

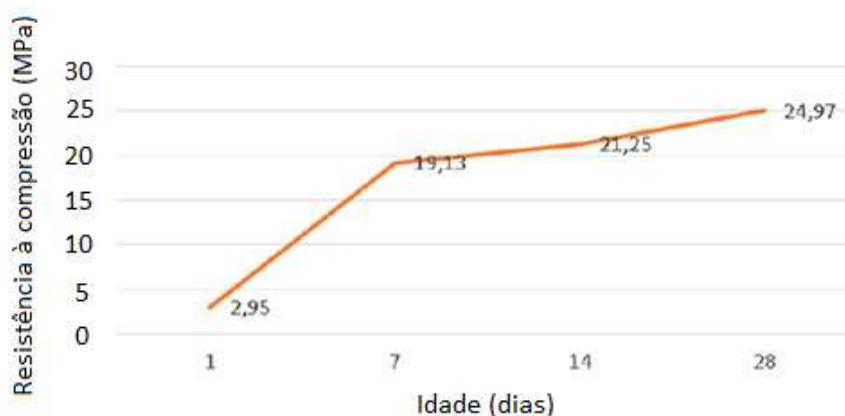
Figura 7: (a) cimento fabricado em 2019 (b) corpo de prova de concreto com cimento fabricado em 2019



O concreto com cimento de 2019 apresentou baixo desempenho com 1 dia de idade, mas com 7, 14 e 28 dias atingiu valores elevados no ensaio de resistência à compressão. A Figura 8 mostra os valores médios dos resultados do teste de compressão.

Entre as idades de 1 e 7 dias houve um ganho considerável de resistência no concreto, apresentando um aumento de quase 650%. Entre as idades de 7 e 14 dias o aumento foi mais modesto, apenas 11%. Entre 14 e 28 dias o aumento foi um pouco mais acentuado em 17,5%. O resultado final com 25 dias de idade para o concreto ficou muito próximo do esperado. A baixa resistência verificada no primeiro dia pode estar relacionada a uma mudança no composto químico C3A, conforme apontado por pelos autores (OLIVEIRA JUNIOR, 2020) (PETRUCCI, 1979) (BAUER, 2015).

Figura 8: Resistência média à compressão do concreto com cimento fabricado em 2019



3.2.3 Cimento fabricado em 2020

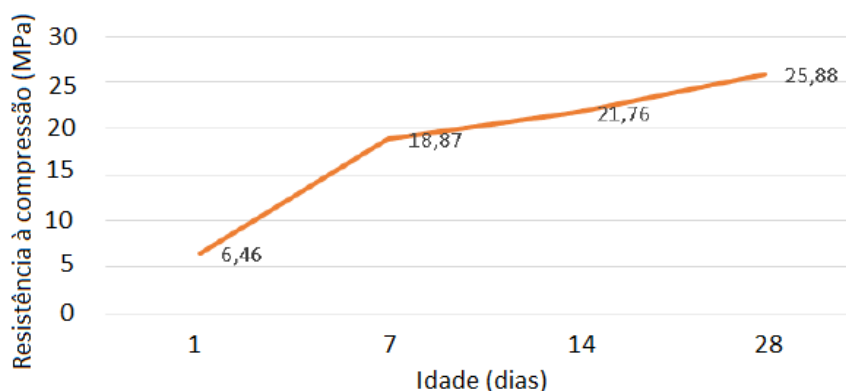
No que respeita ao cimento fabricado em 2020, ao retirar os moldes, os corpos de prova apresentavam uma aparência de boa qualidade, conforme a Figura 9. O concreto com cimento fabricado em 2020 apresentou desempenho satisfatório para todas as idades testadas, atingindo a resistência esperada aos 28 dias. A Figura 10 apresenta os valores médios dos resultados do ensaio de compressão.

Entre as idades de 1 e 7 dias houve um aumento de resistência à compressão de quase 300%, entre as idades de 7 e 14 o aumento foi de 15% e entre as idades de 14 e 28 dias foi de 18%. Ao final de 28 dias, a amostra atingiu 25MPa. Araujo (2001) afirma que o ganho de resistência nos primeiros dias é mais acentuado devido às reações químicas decorrentes da hidratação do cimento. Este comportamento pode ser observado e comprovado nos ensaios de resistência à compressão realizados.

Figura 9: Corpo de prova de concreto com cimento fabricado em 2020.



Figura 10: Resistência média a compressão do concreto com cimento fabricado em 2020.

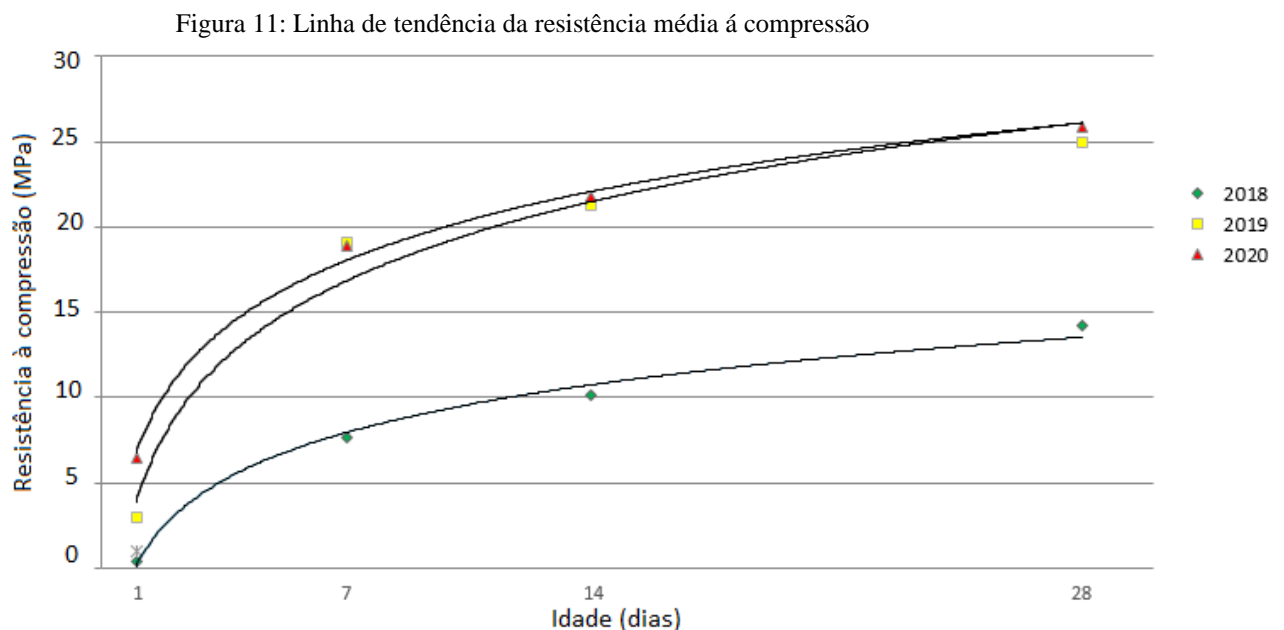


3.3 COMPARAÇÃO ENTRE AS RESISTÊNCIAS MÉDIAS À COMPRESSÃO

Após uma análise individual do concreto, é importante observar o comportamento das amostras em comparação com o concreto produzido com cimento fabricado em 2020. A Figura 11 permite observar a linha de tendência de cada concreto para todas as idades

até o dia 28. Nota-se o comportamento análogo a uma função logarítmica com tendência a diminuir o ganho de força após 28 dias. O concreto com cimento fora do prazo de validade apresenta um valor baixo para as primeiras idades, posteriormente apresentando um ganho muito grande de resistência, com destaque para concreto com cimento de 2019, com valores próximos aos do concreto com cimento de 2020.

A título de orientação, a NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014) apresenta os valores de 78% e 90% para as idades de 7 e 14 dias do valor estimado para a idade de 28 dias. Analisando esse parâmetro, o concreto de 2018 apresentou valores bem menores para essas idades, sendo 30% e 40%. Os concretos com cimento de 2019 e 2020 tiveram valores semelhantes e muito próximos aos recomendados pela norma.



A estocagem e armazenamento do material cimentício em local inadequado e por um longo período ocasionou a pré-hidratação do cimento, fato que pode ter contribuído para os baixos resultados dos cimentos vencidos. A pré-hidratação provoca alterações na composição química e aumenta o volume e a área superficial dos grãos de ligante, formando uma barreira que impede reações químicas quando o cimento encontra a água (DUBINA, 2012).

4 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como ideia central identificar e quantificar a perda de resistência à compressão do concreto quando um cimento com mais de 90 dias de fabricação é utilizado em sua composição. Para a realização dos traços, foi utilizado o mesmo agregado miúdo (areia) e agregado graúdo (brita 0 e 1) para eliminar ou, dada a impossibilidade disso, reduzir as demais variáveis capazes de alterar os resultados. O ensaio de abatimento para verificação da trabalhabilidade mostrou-se inconclusivo quando se utiliza cimentos fora do prazo de validade, pois mesmo com o aumento do fator a/c para o concreto com cimento fabricado em 2019, apresentou menor redução em relação ao concreto com cimento fabricado em 2018.

Analisando os resultados do ensaio de resistência à compressão, observa-se que o cimento fabricado em 2018 apresentou um desempenho muito baixo para todas as idades estudadas. O concreto com cimento fabricado em 2019 apresentou baixa resistência à compressão para a idade de 1 dia, aproximadamente 45% do valor registrado para o concreto de cimento fabricado em 2020. Entretanto, para as demais idades, o concreto apresentou resultados satisfatórios para a resistência média à compressão. Os concretos com cimento dentro do prazo de validade apresentaram resultados regulares para todas as idades.

Os resultados obtidos neste trabalho permitem concluir que o uso de cimentos fora do prazo de validade altera os resultados dos ensaios de abatimento e de resistência à compressão quando utilizados com mais de um ano expirado. Seu uso para fins estruturais, conforme determina a norma NBR 16697 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018a) não é recomendado, porém para fins não-estruturais o concreto 2019 apresentou resultados promissores.

A utilização de cimento vencido no concreto para fins não estruturais pode ser uma alternativa viável e ecologicamente correta, uma vez que a alternativa mais comum é o descarte, que muitas vezes ocorre em local inadequado. Para futuros estudos de concreto com a utilização de cimentos vencidos, recomenda-se um controle mais rigoroso do armazenamento do material cimentício, utilizando um recipiente que evite que o material entre em contato com a umidade presente no meio ambiente.

AGRADECIMENTOS

Financiamento Base – UIDB/04708/2020 ao CONSTRUCT – Instituto de I&D em Estruturas e Construções – financiado pelos fundos portugueses através de FCT/MCTES

(PIDDAC). Financiamento Português através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., dentro do Estímulo do Emprego Científico – Concurso Institucional – CEECINST/00049/2018.

REFERÊNCIAS

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248 – Agregados – Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697 – Cimento Portland - Requisitos.** Rio de Janeiro, 2018a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739 – Concreto – Ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2018b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211- Agregados para concreto - Especificação.** Rio de Janeiro, 2019.

BASTOS, P. S. S. **Notas de Aula – Estruturas de Concreto I.** São Paulo: 2019. Disponível em: <http://www.pbastos.feb.unesp.br/pbastos/pag_concreto1.htm>.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção.** 5 ed. rev. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 2015.

CBIC. **Câmara Brasileira da Indústria da Construção.** Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/home>>. Acesso em: 15 maio. 2020.

DUBINA, E. . **The Phenomenon of Cement Ageing on Moist Air: Surface Chemistry, Mechanisms and Effects on Admixture Performance.** [s.l.] Technische Universität München, 2012.

GUERRA, R. S. T. **Clube do concreto. Método de dosagem da ABCP.** Disponível em: <<http://www.clubedoconcreto.com.br/2015/10/ajustes-e-consideracoes-sobre-o-metodo.html>>. Acesso em: 31 maio. 2020.

IBGE. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/box_popclock.php>. Acesso em: 18 maio. 2020.

OLIVEIRA JUNIOR, B. C. **Apontamentos de aula: Materiais de Construção Civil.** Disponível em: <<http://www.dryplan.com.br/media/posts/anexos/f5be889278.pdf>>. Acesso em: 11 maio. 2020.

PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de cimento Portland.** Ed. Globo ed. São Paulo: 1979.

RIPPER, E. **Manual prático de materiais de construção.** PINI ed. São Paulo: 1995.

SNIC. **Relatório Anual 2013.** Disponível em: <http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2013.pdf>. Acesso em: 15 maio. 2020.

SOBRAL, H. S. **Propriedades do concreto fresco.** 5.ed. ed. São Paulo: 2000.