

A INFLUÊNCIA DA CURA EM MEIO ÁCIDO NA RESISTÊNCIA FINAL DO CONCRETO

Data de aceite: 02/10/2023

Daniel Moraes Santos

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Flávio Alchaar Barbosa

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Laila Eduarda Alves Moura

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Michele Gonçalves Bahia

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

RESUMO: O concreto caracteriza-se por ser um dos materiais mais utilizados no setor da construção civil, devido as suas inúmeras características e propriedades, no que se diz respeito as questões de resistência e durabilidade. Devido à crescente difusão desse material no setor de construções, faz-se necessária, uma avaliação detalhada de suas propriedades em situações peculiares. Sendo assim, o presente trabalho apresenta um estudo sobre o comportamento do concreto em meios agressivos, com o objetivo de analisar a resistência dos concretos quando submetidos ao ataque

de ácidos durante o seu processo de cura. Estes resultados serão obtidos através de ensaios de compressão em corpos de provas, juntamente com o auxílio da plataforma Arduino e um medidor de pH para monitorar o pH do meio, observando os impactos que os ácidos causam no concreto.

PALAVRAS-CHAVE: concreto, ácidos, ataques químicos, pH, resistência.

ABSTRACT: Concrete is characterized by being one of the most used materials in the civil construction sector, due to its numerous characteristics and properties, with regard to issues of strength and durability. Due to the growing diffusion of this material in the construction sector, a detailed evaluation of its properties in peculiar situations is necessary. Therefore, the present work presents a study on the behavior of concrete in aggressive media, with the objective of analyzing the resistance of concrete when subjected to acid attack during its curing process. These results will be obtained through compression tests on specimens, together with the help of the Arduino platform and a pH meter to monitor the pH of the medium, observing the impacts that acids cause in concrete.

KEYWORDS: concrete, acids, chemical attacks, pH, resistance.

1 | INTRODUÇÃO

Durante muito tempo, o concreto tem sido considerado o material mais utilizado na indústria da construção civil, por resistir a grandes pressões de compressão, o que confere a esse, resistência e durabilidade. Basicamente, a sua composição inorgânica é água, cimento e agregados (grãos e miúdos) como pedra e areia. (COUTO *et al.*, 2013). É importante ressaltar, que em virtude da sua imensa gama de funcionalidades, as aplicações do concreto são as mais diversas, em especial por se apresentar como um composto rígido, motivo pelo qual se consolida como um grande divisor de águas no que se refere ao avanço da construção civil ao longo do tempo.

Atualmente, a busca pela qualidade e a crescente evolução do setor da engenharia, exige soluções que possam melhorar a eficiência de mecanismos que tornem a construção civil cada vez mais qualificada, elevando a qualidade do produto final. O papel de uma estrutura de concreto é amplamente conhecido. É fundamental que o material seja resistente à compressão, pois ele será submetido à altas cargas distribuídas e não deve se romper sob hipótese alguma. (MOINI; LAKIZADEH; MOHAQEIQI, 2012). Por esta razão é fundamental, como ressaltam Kodur e McGrath (2001), coletar conhecimento sobre o comportamento do concreto em situações peculiares, avaliando os impactos que essas situações causam no que diz respeito a durabilidade das estruturas de concreto, a fim de garantir que as mesmas se comportem adequadamente diante das solicitações impostas.

Dessa forma, o presente trabalho busca, analisar o comportamento do concreto em ambientes agressivos através da realização de um estudo comparativo das propriedades do mesmo em condições normais e quando submetidos ao ataque químico de ácidos durante o seu processo de cura. Estes resultados serão obtidos através de ensaios de compressão em corpos de provas - atacados e não atacados quimicamente - que serão realizados em laboratório, juntamente com o auxílio de uma plataforma de baixo custo, conhecida como Arduino e um medidor de pH para auxiliar no controle do pH do meio durante esse processo, a fim de verificar se ocorre alteração na resistência final dos concretos.

Justifica-se a abordagem e a exploração deste tema pelo autor, fundamentalmente pela necessidade de apresentar e de propor aos engenheiros, arquitetos, construtores, investidores e demais interessados, informações e o conhecimento adequado sobre o comportamento do concreto em meios agressivos e o impacto que esses causam em suas propriedades para, a partir daí tê-lo como uma opção construtiva e que atenda às suas necessidades.

2 | REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Concreto

Na área da construção civil, de modo geral, o concreto é considerado como produto básico da indústria. Pinheiro, Muzardo e Santos (2007) afirmam que o concreto é composto por agregados, aglomerantes e água e cada um desses componentes deve ser adicionado nas devidas proporções, pois a quantidade de cada um modificará as características finais do concreto.

Agregados são partículas minerais que segundo Pinheiro, Muzardo e Santos (2007) quando misturadas à massa do cimento, aumentam o volume dessa. Como consequência disso, o seu custo, para a obtenção do concreto, é reduzido, uma vez que geralmente estes materiais possuem menor valor. Tais agregados podem ser de dois tipos: graúdos (pedra ou brita) ou miúdos (areia). Os aglomerantes, por sua vez, são os componentes que unem os outros materiais quando adicionados à massa, sendo que geralmente é usado o cimento. Já água é usada para propiciar a mistura dos outros componentes, além de participar de reações químicas juntamente com o cimento, que faz com que o concreto posteriormente endureça.

Atualmente, alguns concretos especiais são formados por mais do que essa mistura de água, cimento e agregados, dispondo de materiais classificados como aditivos, que propiciam características especiais ao concreto. Esses apresentam capacidade de melhorar algumas propriedades e características, proporcionando, assim, vantagens, como aumento da resistência e da durabilidade do material pela redução da relação água/cimento, diminuir seus pontos fracos, reduzir o custo em termos de consumo de cimento, melhorar as suas propriedades mecânicas e amenizar as consequências ambientais.

Quando os elementos compositores do concreto, citados anteriormente, são misturados, forma-se uma liga que pode ser moldada. Assim, a característica da multifunção do concreto é ativada.

Mehta e Monteiro (2008) citam algumas razões para o uso tão disseminado do concreto quando comparado com outros materiais. A primeira tem relação com a sua resistência a água, que diferente do aço e da madeira por exemplo, o concreto pouco se deteriora em contato com a mesma. Outra razão é a sua plasticidade, que permite que esse assumam diferentes formas, e é claro seja aplicado de diversas maneiras, sendo um grande aliado da arquitetura contemporânea. Por fim, o baixo custo, devido a fácil obtenção de seus componentes.

O concreto possui duas fases diferentes. A primeira fase se trata do concreto no estado fresco, com tempo necessário de mistura, transporte, lançamento e adensamento do concreto. Já a segunda fase, recebe o nome de concreto no estado endurecido, envolvendo a hidratação do cimento, que se bem realizada interfere diretamente na vida útil da estrutura. (HELENE; ANDRADE, 2010).

A NBR 12655 (ABNT, 2015), evidencia que quando o concreto passa do estado plástico para o endurecido, este adquire resistência mecânica e está adequado para receber esforços mecânicos. Para Araújo, Rodrigues e Freitas (2010), as principais propriedades que a mistura deve apresentar no seu endurecimento são: resistência a compressão, impermeabilidade e durabilidade, e a correta aplicação do fator água/cimento juntamente com alguns outros fatores, influenciam diretamente nessas características.

Neville (1997) indica como essencial que:

[...] as estruturas de concreto desempenhem as funções que lhe foram atribuídas, que mantenham a resistência e a utilidade que delas se espera, durante um período de vida previsto, ou pelo menos, razoável. Portanto, o concreto deve poder suportar o processo de deterioração ao qual se supõe que venha a ser submetido. Nessas condições, o concreto é considerado durável. (NEVILLE, 1997).

De acordo com o ACI (*American Concrete Institute*) Committee 201 (2008), a durabilidade do concreto é definida como sua capacidade de resistir a à ação das intempéries, ataques químicos, abrasão ou qualquer outro processo de deterioração.

2.1.1 Resistência do concreto

Helene e Terzian, citados por Lansini (2016), afirmam que:

[...] não há dúvida que a propriedade do concreto que melhor o qualifica é a resistência à compressão. Qualquer modificação na uniformidade, natureza e proporcionamento dos materiais poderá ser indicada por uma variação na resistência. A resistência à compressão é uma propriedade muito sensível, capaz de indicar com presteza as variações da qualidade de um concreto. (HELENE; TERZIAN, *apud* LANSINI *et al.*, 2016).

Mehta e Monteiro (2008), expõem que a resistência à compressão dá a ideia de qualidade do concreto e a define como sendo a tensão máxima que o concreto pode suportar até romper.

Segundo Neville e Brooks (2013), o método básico para verificar se o concreto atende às especificações é realizar ensaios de resistência mecânica, utilizando corpos de prova de pequenas dimensões que reproduzem o concreto da estrutura, submetidos a esforços de compressão.

Os ensaios de resistência à compressão têm como objetivo assinalar eventuais divergências na qualidade do concreto desde sua dosagem até a sua composição, tendo em vista que a resistência à compressão característica é o parâmetro que norteia o dimensionamento de um elemento estrutural. Assim, quanto melhor o controle de qualidade do material, maiores serão as chances de que o comportamento estrutural do elemento ao longo dos anos esteja de acordo com as diretrizes de projeto. (PALACIOS, 2012).

De acordo com Andrade e Tutikian (2011), para a realização do ensaio de resistência à compressão, os corpos de prova são colocados entre os pratos de uma prensa que

aplicará as cargas e possibilitará a obtenção da resistência, conforme ilustra a figura abaixo:



Figura 1 - Ensaio de resistência à compressão em um corpo de prova

Fonte: ENGENIUM, 2018.

Após a realização do rompimento dos corpos de prova ensaiados, a máquina irá mostrar os parâmetros necessários e verificar o quanto de resistência a compressão o concreto apresenta. Por fim, a partir dos resultados encontrados, será possível averiguar se o concreto está apto para ser utilizado.

2.1.2 Cura do concreto

Uma das etapas mais importantes para manter as propriedades e características adequadas do concreto é a execução de uma cura adequada, evitando assim que o mesmo perca sua água de hidratação.

De acordo com Neville e Brooks (2013), cura é o nome dado aos procedimentos utilizados para promover a hidratação do cimento e, conseqüentemente o desenvolvimento de sua resistência. Os processos de cura consistem em controle da temperatura e do movimento de água do interior para fora do concreto e vice-versa, que afetam tanto a resistência quanto à durabilidade.

O tempo de cura do concreto depende de diversos fatores, sendo que não há uma data única válida para todas as situações. Segundo Mehta e Monteiro (1994), para uma determinada relação água/cimento, quanto maior o período de cura úmida, maior a resistência atingida, pois se admite que as hidratações das partículas de cimento continuam ocorrendo.

2.2 Ataque por ácidos e influência do pH

Quanto mais a tecnologia aplicada ao concreto avança, mais sensível o material se torna, seja às inovações na composição ou às modificações durante a produção e

concretagem. Estruturas de concreto são frequentemente expostas em ambientes e condições agressivas. Nessas situações, estão submetidas à inúmeras adversidades. (CARMONA FILHO; CARMONA, 2013).

Real *et al.*, afirma que o concreto pode estar exposto ao ataque químico em várias situações como sob a ação de efluentes domésticos, ambientes industriais e agrícolas, poços de mineração e até mesmo em solos, águas subterrâneas e na atmosfera.

Normalmente, o concreto apresenta boa resistência a ataques químicos, desde que tenha sido utilizada uma mistura adequada e o concreto esteja devidamente adensado. No entanto, no que diz respeito ao ataque por ácidos, o concreto que contém cimento Portland, por ser altamente alcalino, não apresenta resistência ao ataque por ácidos fortes ou por compostos que possam se converter em ácidos. (NEVILLE, 2016).

Andrade (1997), define os principais ácidos agressivos e os diferentes graus de deterioração que estes ácidos provocam no concreto, como pode-se observar na tabela abaixo.

Material	Efeitos no concreto	Material	Efeitos no Concreto
Sulfuroso	Desintegração	Bórico	Nenhum
Carbônico		Oxálico	
Sulfúrico		Esteárico	Desintegração lenta
Clorídrico		Oleico	
		Acético	
Lático		Tânico	Ataque lento à superfície
Muriático		Fosfórico	Desintegração quando dissolvido em água
Nítrico	Sulfídrico		

Tabela 1 - Principais ácidos agressivos e os diferentes graus de deterioração

Fonte: ANDRADE, 1997

De acordo com Silva Pinto (2006), estudos relatam que diversos problemas observados devido à degradação causada por ataques químicos no concreto indicam uma necessidade de aprofundar as análises com o intuito de obter resultados mais precisos no que tange às características ideais de um concreto que resista a exposição a ambientes agressivos.

Neville (2016), usa como exemplo, a chuva ácida, constituída principalmente pelos ácidos sulfúrico e nítrico e com pH entre 4,0 e 4,5, que pode provocar uma deterioração superficial do concreto exposto. O concreto pode ser atacado por líquidos com pH abaixo de 6,5, mas o ataque somente é severo com pH inferior a 5,5. Já o ataque abaixo de 4,5, é considerado extremamente severo.

Vários ensaios físicos e químicos para a avaliação da resistência do concreto a

ácidos foram desenvolvidos, mas não há procedimentos normalizados. A necessidade de ensaios em condições específicas vem do fato de o pH sozinho não ser um indicador adequado do ataque potencial, já que a presença do CO₂ em relação à dureza da água também influencia essa situação. (NEVILLE, 2016).

3 | METODOLOGIA

Para a realização do trabalho, estudou-se apenas um traço de concreto. O aglomerante utilizado foi o cimento Portland CP-III 40. Os agregados utilizados no concreto foram uma mescla de 50% de areia média e 50% de areia VSI, juntamente com uma mescla de 40% de brita 0 e 60% de brita 1. Na mistura todos os agregados encontravam-se no estado seco. Foi adicionado um aditivo (MURAPLAST FK383 MC BAUCHEMI), com o intuito de melhorar as propriedades do concreto.

A sequência adotada na mistura dos materiais, para produção do concreto, foi inicialmente toda brita 0 e toda brita 1, seguido por parte da água, areia, cimento, aditivo e água. Utilizou-se uma betoneira de eixo vertical. Os corpos de prova foram preparados seguindo a NBR 12655 (ABNT, 2022).

Os dados das concretagens podem ser visualizados na figura 2.

ESTUDO DE DOSAGEM

Mesclas areias (AN/AA)	50%	50%			
Mesclas britas (B0/B1)	40%	60%			
Especificação	K%	a	b	m	H%
	0,59	1,6	1,8	3,5	10,08

					0,45
TRAÇO	KG	M.E.R	1M ³ = 1000L	25L	kg
ÁGUA	215	1,000	215	5,38	5,38
CIMENTO: CPIII 40 RS INTERCEMENT	478	3,150	151,7	3,79	11,94
AREIA: MÉDIA ART - PEDREIRA MATTAR	387	2,618	147,9	3,70	9,68
AREIA: VSI ART - PEDREIA MATTAR	389	2,628	147,9	3,70	9,72
BRITA: 0 - PEDREIRA MATTAR	351	2,603	135,0	3,38	8,79
BRITA: 1 - PEDREIRA MATTAR	527	2,603	202,5	5,06	13,18
ADITIVO: MURAPLAST FK490 MC BAUCHEMIE	3,344		0,007	1,06	83,61
	2347		1000	25,00	58,68
TEOR DE ARGAMASSA	0,57				

Figura 2 – Dados da concretagem

Fonte: Elaborada pelos autores.

Foram confeccionados, ao todo, 10 corpos de prova. Após 24 horas da moldagem, os corpos de prova foram desmoldados. Destes, 05 foram dispostos em um tanque para

cura convencional (figura 3) até que atingissem a idade para o rompimento.



Figura 3 - Corpos de prova em cura convencional

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os demais corpos de prova, destinados a cura ácida, foram colocados em uma caixa contendo Ácido Clorídrico 4%, como ilustra a figura 4:



Figura 4 – Corpos de prova em cura ácida

Fonte: Elaborada pelos autores.

O monitoramento do pH da solução utilizada para a cura ácida dos corpos de prova foi realizado com o auxílio de um microcontrolador com um potencial para executar diversas ações de controle, automação e interação, conhecido como Arduino, e um sensor de pH.

Primeiramente, o sensor de pH foi calibrado. Em seguida, foi montado um circuito entre o sensor de pH e o Arduino. Para isso foi conectado o V+ com o 5V do Arduino, o G com o GND e o Po com o pino Analógico A0 do Arduino. A figura 5 exemplifica através de um esquema ilustrativo as ligações realizadas:

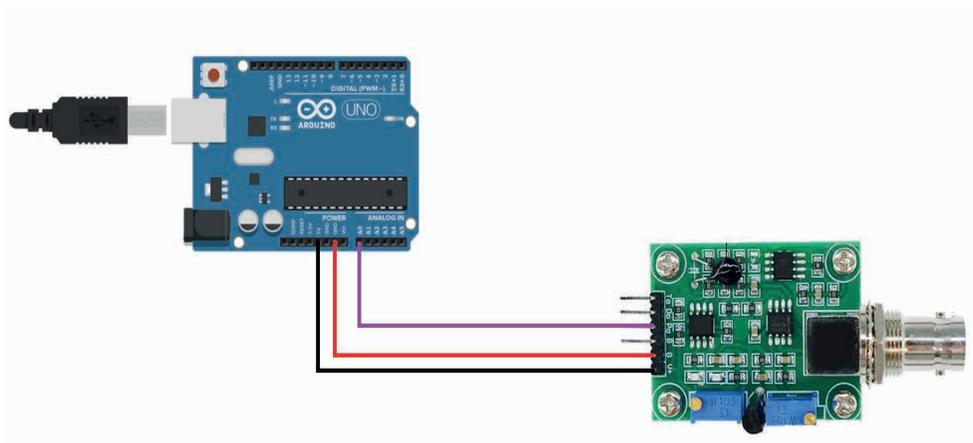


Figura 5 – Interface do esquema de ligação entre o sensor de pH e o Arduino

Fonte: Elaborada pelos autores.

A finalidade central do projeto consiste em realizar medições em tempo real do pH da solução. No entanto, o Arduino não dispõe de um comando para exercer essa função. Sendo assim para execução do projeto foi necessário utilizar-se do software Arduino IDE (figura), que pode ser descrito como um ambiente de desenvolvimento integrado pautado na linguagem de programação em C e C++. Além disso, é visto também como um local onde está disposto as ferramentas cruciais para programar a placa baseada nessa plataforma, escrevendo os códigos de maneira satisfatória, rápida e eficiente.

O circuito foi conectado diretamente no computador e para criar um elo entre o computador e o Arduino, uma ferramenta presente na IDE do Arduino conhecida como monitor serial foi acionada, possibilitando o monitoramento das medições de pH.

Por fim, os corpos de prova foram retificados para a realização do ensaio de compressão do concreto para identificação das suas resistências finais, sendo o foco principal deste estudo. Cada corpo de prova foi submetido à esforços de compressão até o seu rompimento, como ilustra a figura a seguir.



Figura 6 – Rompimento do corpo de prova

Fonte: Elaborada pelos autores.

A partir disso, foi verificada a resistência, dada em MPa. Após a realização dos ensaios, a apresentação dos resultados deste estudo foi demonstrada através de tabelas e gráficos, a fim de identificar se houve ou não interferência do ataque de ácido na resistência final do concreto.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguindo a metodologia do presente artigo, foi possível montar um circuito entre o sensor de pH e o Arduino para monitorar o pH da solução, como pode ser observado na representação a seguir (figura 7).

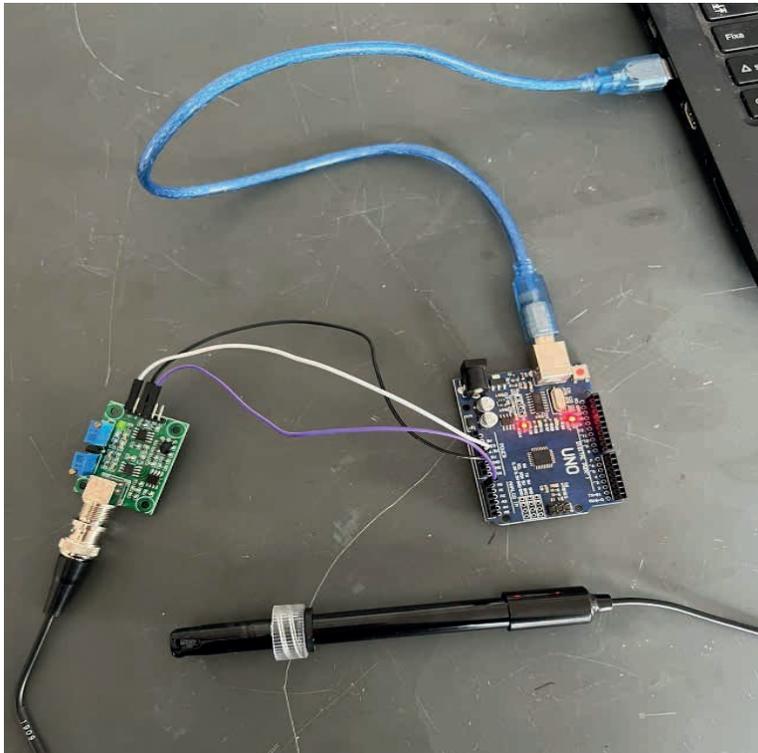


Figura 7 –Interface entre o sensor de pH e o Arduino

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os resultados obtidos no monitoramento do pH durante todo o processo de cura podem ser observados no gráfico 1.

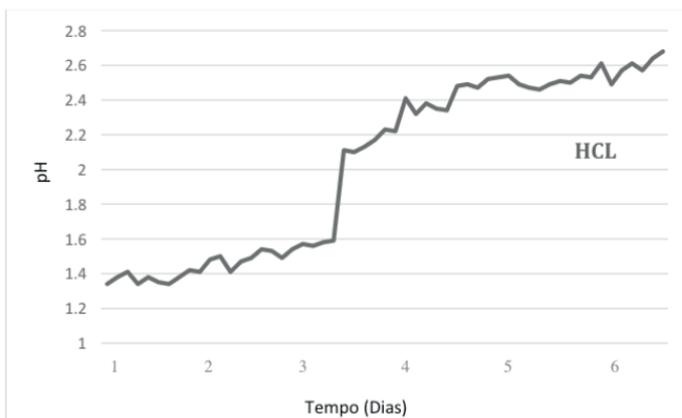


Gráfico 1 – Monitoramento de pH da solução

Fonte: Elaborado pelos autores.

Antes da imersão no ácido, os corpos de prova apresentavam superfície lisa e regular. Depois de retirados da imersão, pôde-se perceber que houve uma deterioração da camada externa dos corpos. Sendo assim, a superfície dos corpos de prova, antes lisa e regular, tornou-se áspera e irregular, apresentando rugosidade perceptível a olho nu.

Os dados do ensaio de resistência à compressão obtidos são apresentados na tabela 2. O teste foi realizado com idade de hidratação de 7 dias.

Ambiente de Exposição	Sem Ácido	Com Ácido
CP1	34,63	31,42
CP2	35,78	30,10
CP3	33,30	34,73
CP4	34,77	33,91
CP5	33,69	34,90
Média	34,43	33,01

Tabela 2 - Resistência à Compressão aos 7 dias em MPa

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para um melhor entendimento, os dados foram plotados em gráficos que podem ser observados a seguir.

O gráfico 2 mostra os valores da resistência à compressão média, obtidas em relação aos dois tipos de cura, aos 7 dias.

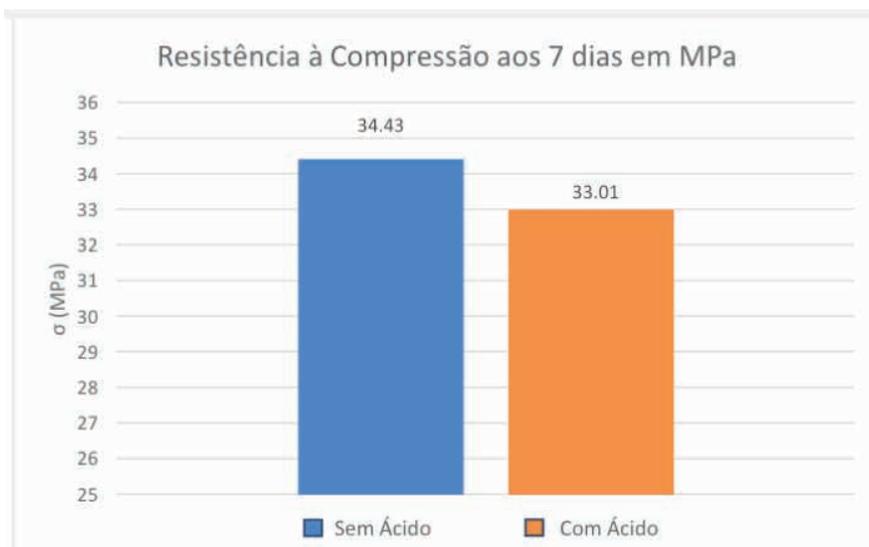


Gráfico 2 – Resistência à Compressão Média aos 7 dias em Mpa

Fonte: Elaborado pelos autores.

O Gráfico 3 apresenta a comparação entre os tipos de cura, relacionando a resistência à compressão obtida para cada uma das técnicas executadas, onde pode-se observar uma taxa de perda de resistência dos corpos de prova submetidos à imersão em ácido.

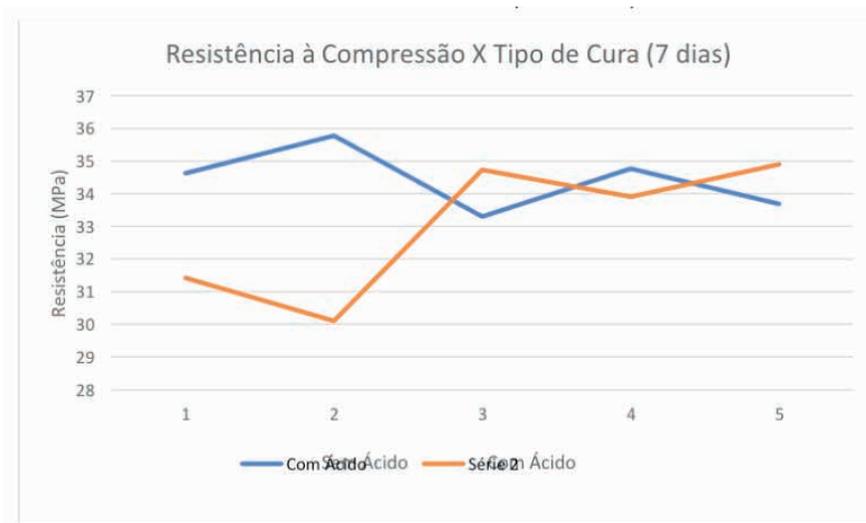


Gráfico 3 – Resistência à Compressão X Tipo de Cura

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a análise dos resultados, notou-se que a resistência à compressão foi piorada, pois, enquanto os corpos de prova que não foram atacados apresentaram uma resistência média de 34,43 MPa, os corpos de prova atacados apresentaram resistência média de 33,01 MPa.

Estes são resultados de resistência esperados, pois o ácido, mesmo não penetrando nas camadas mais profundas do concreto, ao agir superficialmente enfraquece algumas camadas do material e faz a resistência do concreto diminuir (ANDRADE, 1997).

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme visto neste trabalho, o concreto é um material construtivo essencial a nossa sociedade, devido a sua ampla utilização ao longo dos anos.

Sendo assim, o presente artigo teve como objetivo, estudar o comportamento do concreto quando submetido ao ataque de ácidos durante o seu processo de cura, através da realização dos ensaios de resistência à compressão e por uma inspeção visual.

Na inspeção visual pode-se observar que os corpos de prova que antes apresentavam superfície lisa e regular, após a imersão no ácido, ficaram com a superfície áspera e irregular, apresentando rugosidade perceptível a olho nu.

No ensaio de resistência à compressão aos 7 dias, os resultados seguiram o que já era esperado. Os corpos de prova que sofreram ataque químico apresentaram resistência inferior aos que não foram atacados. Contudo, notou-se que, mesmo sendo imersos em ácido, o concreto ainda apresentou uma média de resistência bastante elevada, evidenciando que sua microestrutura densa não permite que o ácido prejudique consideravelmente suas camadas mais internas.

Por fim, é válido salientar que o estudo foi realizado em um período curto, sendo possível analisar a resistência à compressão somente aos 7 dias. Portanto, faz-se necessário, em trabalhos posteriores, uma análise da resistência à compressão com outras idades de hidratação, para uma maior e mais detalhada disseminação do conhecimento sobre o assunto.

AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos, ao Grupo Pedreira Mattar pela infraestrutura e apoio incondicional durante todo o processo de realização do presente trabalho. Aos colegas e professores da Universidade, que estiveram dispostos a nos auxiliar, pelas orientações e por todo o suporte concedido.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, W. P. **Concretos**: massa, estrutural, projetado e compactado a rolo. Rio de Janeiro: Pini, 1997.

ANDRADE, J. J. O.; TUTIKIAN, B. F. **Concreto**: Ciência e Tecnologia – Resistência Mecânica do Concreto. São Paulo: IBRACON, 2011. 929 p.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE COMMITTEE 201. *Guide to Durable Concrete*. Farmington Hills, 2008.

ARAÚJO, L.; RODRIGUES, R.; FREITAS, F. **Concreto de Cimento Portland**. São Paulo: [s.n.], 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2015.

BOTELHO, M. H. C.; MARCHETTI, O. **Concreto armado eu te amo**. 10. ed. São Paulo: Blucher, 2019. 544 p.

CARMONA FILHO, A.; CARMONA, T. **Fissuração nas estruturas de concreto**. Boletim Técnico ALCONPAT Internacional, 2013.

COUTO, José Antônio Santos; CARMINATTI, Rafael Lima; NUNES, Rogério Reginato Alves; MOURA, Ruan Carlos A. O concreto como material de construção. **Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas**, Sergipe, v. 1, n.17, p. 49-58, out. 2013.

ENGENIUM, E. J. E. C. **Controle Tecnológico de Concreto**. 2018. Disponível em: <https://www.engeniumej.com/post/2018/09/29/control-tecnol%C3%B3gico-de-concreto>. Acesso em: 25 mai. 2023.

HELENE, P.; ANDRADE T. Concreto de cimento Portland. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto – IBRACON, 2010. v. 2. p. 954-988.

KODUR, V.; MCGRATH, R. **Performance of high strength concrete columns under severe fire conditions**. In: THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE OF CONCRETE UNDER SEVERE CONDITIONS (CONSEC'01), 2001, Canadá. Proceedings Vancouver: The University of British Columbia, 2001. 2v. v. 1, p. 254-264.

LANSINI, Bruno. **Influência da temperatura de cura na resistência à compressão do concreto**. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, jul. 2016.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. 1. ed. (4. tiragem) São Paulo: Pini, 1994 (tiragem 2001).

MOINI, M. R.; LAKIZADEH, A.; MOHAQEIQI, M. Effect of mixture temperature on slump flow prediction of conventional concretes using artificial neural networks. **Australian Journal of Civil Engineering**, v. 10, n. 1, p. 87-98, 2012.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do Concreto**. 3ª ed., Tradução por Salvador E. Giammuso, São Paulo: Editora Pinni, 1997.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. 2ª ed., Tradução por Cremonini, Ruy Alberto, São Paulo: Bookman Editora, 2013, 447 p.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

PALACIOS, M. P. G. **Emprego de ensaios não destrutivos e de extração de testemunhos na avaliação da resistência à compressão do concreto**. 2012. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, 2012.

PINHEIRO, Libânio M.; MUZARDO, Cassiane D.; SANTOS, Sandro P. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**. 2007. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Engenharia de Estruturas, São Carlos, 2007.

REAL, R.; QUEIROZ, I.; SILVA P. J. D.; AGUIAR, R. C.; SOARES, T. C.; COELHO, M. **Avaliação das propriedades do Concreto de Alto Desempenho submetido ao ataque químico com ácido sulfúrico**. Anais do 58º Congresso Brasileiro do Concreto. Belo Horizonte: IBRACON, 2016.

SILVA PINTO, J. D. **Análise da influência de superfícies protetoras na durabilidade do concreto para uso em meio agressivo: uma abordagem topográfica e da estrutura do material**. 2006. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.