

ANALISE DA RESISTÊNCIA DE ARGAMASSAS FABRICADAS COM ÁGUA SUBMETIDA A CAMPOS MAGNÉTICOS DE DIFERENTES MAGNITUDES

ANALYSIS OF MORTAR'S STRENGTH MANUFACTURED WITH WATER SUBMITTED TO MAGNETIC FIELDS OF DIFFERENT MAGNITUDES

ANALISIS DE LA RESISTENCIA DE MORTEROS FABRICADOS CON AGUA SOMETIDA A CAMPOS MAGNETICOS DE DIFERENTES MAGNITUDES

Rafael Oliveira Figueredo¹
Pedro Vitor Ildefonso da Silva²
Kelly Daiane Sossmeier³
Ana Carolina Parapinski dos Santos⁴

4

Resumo:

Nas últimas décadas tem havido um crescente interesse pelo estudo da interação entre a água e campos magnéticos para diversos fins que perpassam da indústria, construção civil, agronegócios à saúde humana. Há um número crescente de trabalhos científicos relatando efeitos significativos nas propriedades físico-químicas da água após ser submetida à ação de campos magnéticos. Este trabalho visa analisar os efeitos da água submetida a campos magnéticos de diferentes magnitudes na resistência à compressão e índice de consistência das argamassas fabricadas. Os resultados apresentados indicam uma melhora das propriedades analisadas.

Palavras-chave: Campo magnético. Água. Argamassa. Resistência. Consistência.

Abstract: In recent decades, there has been a growing interest in the study of the interaction between water and magnetic fields for various purposes from industry, civil construction, and agribusiness to human health. There are a growing number of scientific papers reporting significant effects on the physicochemical properties of water after being exposed to the action of magnetic fields. This work aims to analyze the effects of water submitted to magnetic fields of different magnitudes in the compressive strength and consistency index of the manufactured mortars. The results presented indicate an improvement of the analyzed properties.

Keywords: Magnetic fields. Water. Mortar. Strength. Flow table.

1-Acadêmico. Universidade Federal da Integração Latino-Americana. (UNILA)

E-mail: ro.figueredo.2016@aluno.unila.edu.br

2- Acadêmico. UNILA E-mail: pvid.silva.2016@aluno.unila.edu.br

3- Professora Doutora. UNILA. E-mail: kelly.sossmeier@unila.edu.br.

4 - Professora Doutora. UNILA. E-mail: ana.santos@unila.edu.br.

Resumen: En las últimas décadas ocurrió un creciente interés por el estudio de la interacción entre el agua y los campos magnéticos para diversos fines desde la industria, la construcción civil, los agronegocios hasta la salud humana. Hay un número creciente de trabajos científicos que divulgan efectos significativos en las propiedades físico-químicas del agua después de ser sometida a la acción de campos magnéticos. Este trabajo busca analizar los efectos del agua sometida a campos magnéticos de diferentes magnitudes en la resistencia a la compresión e índice de consistencia de los morteros fabricados. Los resultados presentados indican una mejora de las propiedades analizadas.

Palabras-clave: Campo magnético. Agua. Mortero. Resistencia. Consistencia.

Envio 25/02/2019

Revisão: 26/02/2019

Accite: 27/05/2019

Introdução

Ao longo das últimas décadas houve um crescente interesse pelo estudo da interação entre a água e campos magnéticos para diversos fins que perpassam da indústria, construção civil, agronegócios à saúde humana. Há um número crescente de trabalhos científicos relatando efeitos significativos (Pang, Deng, 2008; Holysz, Szczes, 2007; Han et al, 2016; Wang et al, 2017;) nas propriedades físico-químicas da água após ser submetida à ação de campos magnéticos. Este fato suscitou o interesse de diferentes setores industriais, como por exemplo, a Indústria da Construção Civil pois a água é um dos componentes de concretos e argamassas (materiais de construção amplamente utilizados) havendo assim a possibilidade de melhorar a eficiência do processo produtivo, com redução de custos, tempo e também com relevante impacto ambiental uma vez que há estudos que indicam que o uso desta técnica pode levar à redução da quantidade de cimento utilizado e à redução de aditivos químicos na produção do concreto. Apesar do crescente interesse pelo assunto, não há ainda explicação científica clara para os possíveis efeitos observados nos diferentes estudos já publicados.

A técnica comumente descrita na literatura consiste em submeter a água aos efeitos de um campo magnético fixo. Este é um tratamento economicamente viável, seguro e ecológico. No entanto, os efeitos do campo magnético nas propriedades físico-químicas da água é um assunto controverso que gera debate na comunidade científica. Na literatura, podem-se encontrar trabalhos que verificaram que a passagem por um campo magnético provoca uma alteração no pH da água (Coey e Cass, 2000), alteração na tensão superficial (Zhong-Feng et al, 2011), traz benefícios à saúde (Elias, 2015), aumento na resistência à compressão e tração de materiais cimentícios (Nan et al., 2000), que propõem o enfraquecimento e a quebra de ligações de hidrogênio da água quando submetida a ação de campos magnéticos (Zhou et al. 2000), que a presença do campo magnético favorece determinado tipo de nucleação (Alimi et al, 2007), para citar alguns. Por outro lado, outros pesquisadores afirmam que nenhuma mudança significativa foi observada ao submeter a água a campos magnéticos de diferentes intensidades, contestando os resultados anteriores. Por exemplo, os trabalhos de Martín Algarra et al. (2008) e Landgraf et al. (2014) obtiveram resultados inconclusivos quanto ao pH, a condutividade elétrica e a tensão superficial da água.

A água tal como é encontrada é uma substância que carrega uma variedade de partículas na forma de micro-contaminantes e outros sólidos dissolvidos. Isso aumenta a divergência de resultados pois muitos autores atribuem o resultado obtido às certas substâncias químicas presentes na água determinando as taxas de sucesso dos tratamentos. Em todo o mundo, em diferentes laboratórios, a água a ser tratada varia de experimento para experimento, exceto quando se usa água destilada. Além da variação da composição química da água utilizada, obtida de diferentes fontes minerais, o impacto de efeitos externos que geralmente não são levados em consideração, incluindo flutuações do campo geomagnético e variações nas formas de realização dos experimentos e medições, podem ser os responsáveis pela baixa reprodutibilidade dos experimentos.

A água utilizada para a produção de argamassas e concretos é denominada de água de amassamento e a NBR15900-1 (ABNT, 2009) especifica os requisitos para a água ser considerada adequada ao preparo de concreto. Esta norma entende que a água potável pode ser utilizada sem restrição para a preparação de concreto. No campo dos materiais cimentícios, há estudos que utilizaram água submetida a um campo magnético para fabricação de argamassas e concretos, e verificaram uma melhora significativa das propriedades no estado fresco - consistência e trabalhabilidade - e, por fim, no estado endurecido, e da resistência à compressão (Su e Wu, 2000; Gomes et al., 2003; Guimarães, 2006). Este trabalho visa analisar os efeitos da água submetida a campos magnéticos de diferentes magnitudes nas características das argamassas fabricadas e apresenta os resultados obtidos na realização da iniciação científica e tecnológica na Universidade Federal da Integração Latino Americana. Como principal objetivo avaliou-se a consistência e a resistência a compressão de argamassas fabricadas com água submetida aos efeitos de diferentes magnitudes de campo magnéticos.

Materiais e métodos

O trabalho foi desenvolvido seguindo uma metodologia pré-determinada. Através desta, propôs-se a realização dos estudos para avaliar a influência da exposição da água de amassamento a campos magnéticos de diferentes magnitudes seguindo quatro etapas conforme ilustrado na Figura 1.

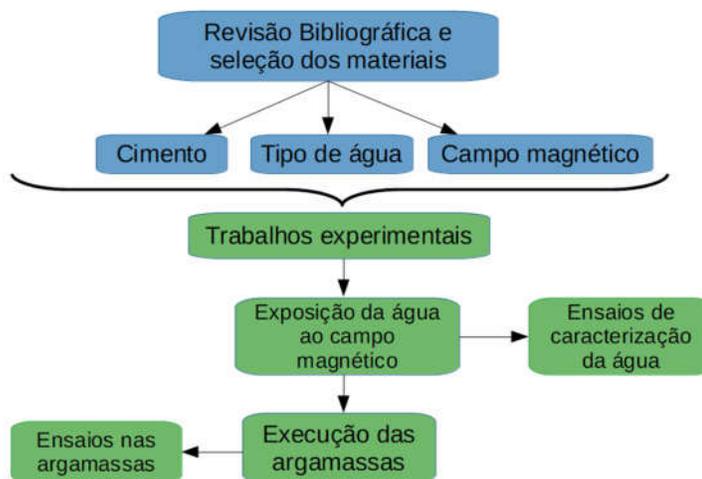


Figura 1 – Etapas de desenvolvimento da pesquisa

A **primeira etapa** consistiu em uma revisão bibliográfica aprofundada para a determinação do planejamento experimental. Nesta etapa foram definidas as propriedades que seriam avaliadas como respostas durante a pesquisa: buscou-se analisar a influência do campo magnético nas águas pela medida do pH e da condutividade elétrica, e os efeitos no uso para fabricação das argamassas, pelo ensaio de consistência (estado fresco) e de resistência aos 7 e 28 dias à compressão (estado endurecido).

Definiu-se reproduzir o traço do concreto sem a brita (fração de maior diâmetro) para reduzir as dimensões dos corpos de prova, de todos os equipamentos utilizados e a quantidade de materiais. Como a brita é considerada material quimicamente inerte no concreto, definiu-se um traço fixo de argamassa (1:3:0,5 - representando 1 medida de cimento para 3 medidas de areia e 0,5 medidas de água, todas realizadas em massa), que representa uma dosagem de concreto apenas retirando a fração de brita para todos os ensaios.

Também foram definidas as variáveis estudadas: na primeira campanha experimental foi avaliada a influência de um campo magnético fixo de 1 tesla (T) durante 1 hora para três tipos diferentes de água: água da torneira, água destilada e água deionizada, utilizando um cimento de alta resistência inicial CP V-ARI, cuja finura é maior que os demais cimentos comerciais. Na segunda campanha experimental foi utilizada apenas a água de torneira e variou-se a magnitude do campo magnético. Os valores de campo selecionados foram de 0,4 T a 1,2 T

com intervalos de magnitude de 0,2T entre eles. Novamente, a duração de aplicação do campo foi de 1 hora e o cimento utilizado foi CP II-Z que é composto com pozolana. Por fim, houve uma terceira campanha experimental na qual também foram utilizadas água da torneira e cimento CP II-Z, porém o elemento gerador do campo magnético (ímã de Neodímio) foi distinto das campanhas anteriores, conforme apresentado na sequência do texto.

A **segunda etapa** consistiu na exposição da água ao campo magnético. Inicialmente, as águas de amassamento eram separadas conforme o tipo e divididas em duas parcelas: a que seria submetida ao tratamento magnético e a outra que não passaria por qualquer interferência, esta denominada como medida padrão.



Figura 2 – Sistema de tratamento magnético da água utilizando o eletroímã.

O aparato experimental usado para exposição da água ao campo magnético consiste de um circuito no qual a água armazenada em um recipiente é bombeada a fluxo constante através de uma mangueira atravessando o interior do elemento gerador do campo magnético. A água já tratada magneticamente retorna ao recipiente inicial, e este ciclo foi mantido pelo período de 1 hora. Para a primeira e segunda campanha experimental, foi utilizado um eletroímã fixo para produzir o campo magnético, conforme apresentado na figura 2, sendo a intensidade regulada por uma fonte de tensão, enquanto na terceira campanha utilizou-se um ímã permanente com

um campo magnético único de 0,4T. Sendo assim, seria possível comparar os efeitos entre os dois sistemas de magnetização para um determinado valor de campo magnético aplicado.

Imediatamente após o encerramento do processo de exposição ao campo magnético foi feita a medida do pH, utilizando um pH-metro (figura 3), nas duas primeiras campanhas. Neste momento, somente na primeira campanha, também determinou-se a condutividade elétrica da água utilizando-se um condutímetro, lembrando que nesta campanha foram usados diferentes tipos de água. Concluídos os ensaios na água, procedia-se aos trabalhos práticos com a fabricação das diversas argamassas que utilizavam a água submetida ao campo magnético, de acordo com a próxima etapa.



Figura 3 – Ensaio de medida do pH com pH-metro

A **terceira etapa** consistiu na produção das argamassas as quais foram realizadas em argamassadeira de eixo vertical. Cimento, areia e água foram colocados, respectivamente nesta ordem, na cuba da argamassadeira e misturados por 5 minutos em velocidade baixa e por mais 5 minutos em velocidade média.

Os corpos de prova moldados eram cilíndricos de 5cm diâmetro x 10cm altura, os quais foram preenchidos em 3 camadas e compactados com 25 golpes cada e identificados conforme a água de amassamento utilizada – tipo de água e valor do campo magnético ao qual ela foi submetida. Após 24 horas, os corpos de prova foram desmoldados e armazenados em cura submersa.



Figura 4 e 5 – Argamassadeira e corpos de prova moldados

11

A **quarta etapa** representa a execução dos ensaios propriamente ditos. Para cada dosagem estudada foi realizado o ensaio da mesa de consistência, conforme NBR 13276 (ABNT, 2016), e foram produzidos 10 corpos de prova, onde cinco foram rompidos aos 7 dias e cinco aos 28 dias de acordo com a norma NBR 7215 (ABNT, 1996) para ensaio de resistência a compressão.



Figura 6 - Execução do Ensaio de Consistência

Por último, foram analisados os resultados conforme se mostram na sequência deste artigo.

Resultados e discussão:

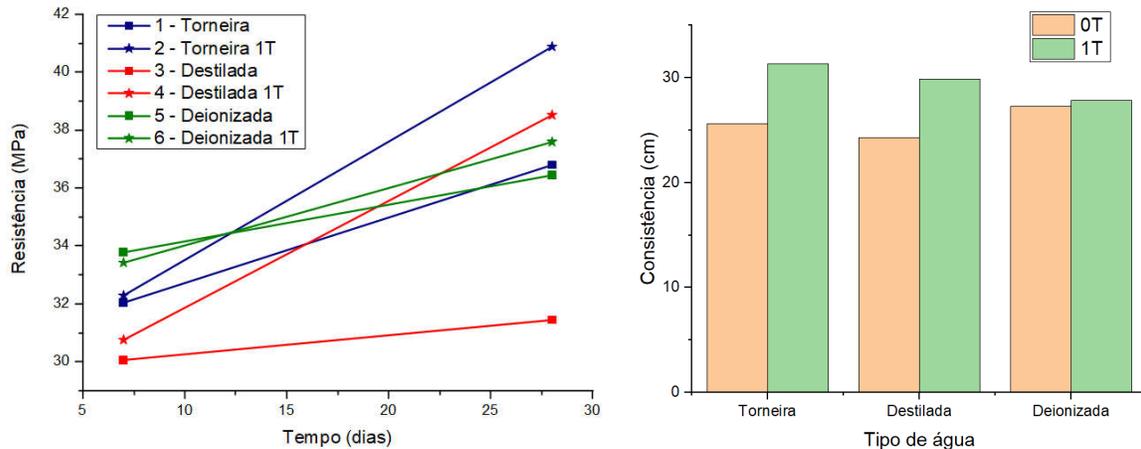
Primeiramente são apresentados os resultados da primeira campanha experimental cujo objetivo era verificar os efeitos da exposição dos diferentes tipos de água: torneira, destilada, deionizada a um campo magnético fixo de 1 tesla durante 1 hora. Na tabela 1 constam os resultados das medidas do pH e da condutividade elétrica realizados nas águas estudadas, após a exposição ao campo magnético e em comparação com as amostras padrão.

Tipo da água	pH para água padrão	pH para água submetida ao campo magnético	Condutividade para a água padrão ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Condutividade para a água submetida ao campo magnético ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Torneira	7,37	8,31	74,09	97,94
Destilada	6,19	9,71	7,25	20,11
Deionizada	6,74	6,79	3,18	3,14

Tabela 1 - Resultados dos ensaios de medida do pH e condutividade elétrica para a primeira campanha

Observou-se um aumento no valor do pH das águas da torneira e destilada submetidas ao campo magnético, tornando-as mais básicas do que a água de medida padrão (sem tratamento magnético), sendo a maior variação observada na água destilada, de 6,19 para 9,71. Já para a condutividade elétrica, houve um aumento para os valores obtidos para as águas da torneira e destiladas tratadas magneticamente, sendo que neste ponto, enfatiza-se o resultado apresentado pela água destilada, que em comparação com a água da torneira, possui uma quantidade muito menor de micropartículas externas dissolvidas, e na qual observou-se um aumento da condutividade elétrica muito mais significativo. Ressalta-se que para a água deionizada, não foram registradas variações significativas, nem para o pH, nem para a condutividade elétrica.

Para as argamassas foram realizados os ensaios de consistência no estado fresco e o ensaio de resistência a compressão aos 7 e 28 dias, cujos resultados se mostram nas figuras 7 e 8.



Figuras 7 e 8 - Resultados dos ensaios para argamassa da primeira campanha. Diferentes tipos de água submetidos a campo magnético de 1T durante 1 hora.

13

Do ensaio no estado fresco, verificou-se um aumento na ordem de 20% na consistência das argamassas produzidas com água submetidas ao tratamento magnético das amostras da torneira e destilada. Já no que se refere à resistência a compressão, para os 7 dias não houve incremento significativo para nenhum dos tipos de água em relação ao padrão, enquanto que para os 28 dias houve um aumento de resistência próximo de 20% para argamassas produzidas com água destilada e na ordem de 10% com água da torneira, quando ambas foram expostas ao campo magnético. Novamente, para a água deionizada, não houve variações expressivas dos resultados.

Já na segunda campanha experimental variou-se a magnitude do campo magnético aplicado durante 1 hora, utilizando-se apenas a água de torneira. Os resultados para as medidas do pH são apresentados na tabela 2.

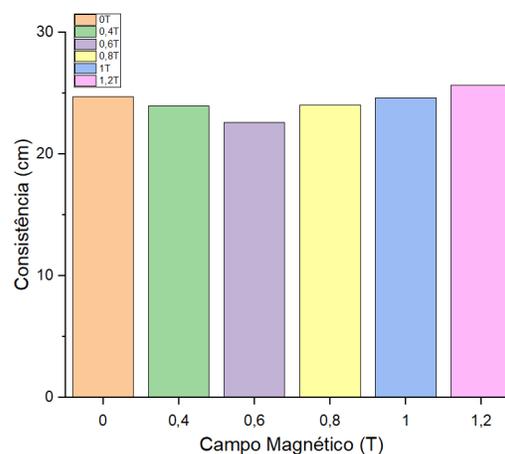
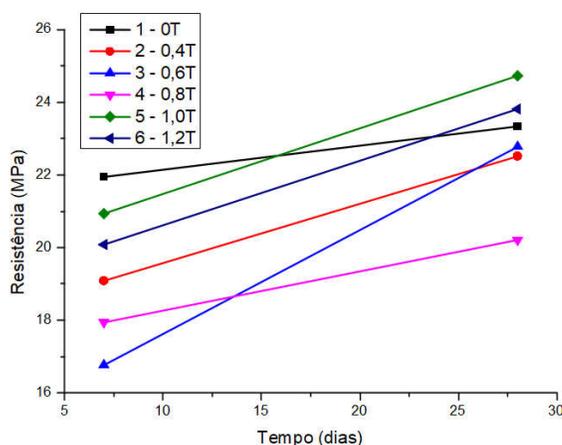
Magnitude do campo magnético (T)	pH obtido
0	7,37
0,4	7,11
0,6	7,14

0,8	7,11
1,0	7,17
1,2	7,20

Tabela 2 - Resultados dos ensaios de medida do pH para a segunda campanha

Nesta campanha não foram observadas variações significativas nos valores de pH para as águas submetidas a campos magnéticos diferentes, sendo todos os valores próximo do pH 7, em conformidade com a água da torneira.

Nas figuras 9 e 10 mostram-se os resultados dos ensaios de consistência e resistência a compressão nos 7 e 28 dias nas argamassas produzidas com as águas tratadas conforme descrito acima.



Figuras 9 e 10 - Resultados dos ensaios nas argamassas da segunda campanha. Água de torneira submetida a diferentes valores de campo magnético.

Neste cenário, os valores de consistência e de resistência a compressão das argamassas produzidas com água submetida ao campo magnético mostraram-se muito próximos aos obtidos na argamassa padrão, independentemente da intensidade do campo. Inclusive, registraram-se resultados abaixo da medida padrão na ordem de 10%, por exemplo, na consistência da argamassa com água tratada com campo de 0,6T e para resistência a compressão aos 28 dias para o campo de 0,8T.

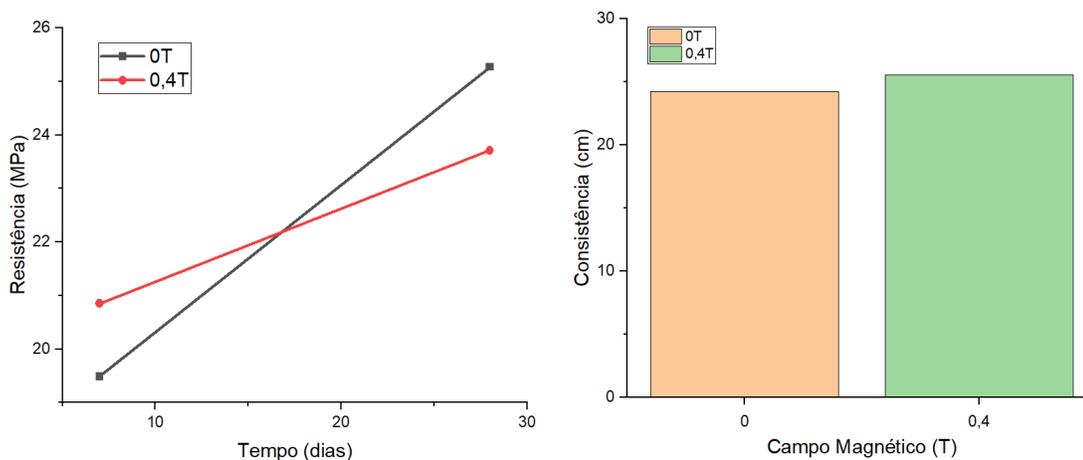
Por fim, apresentam-se os resultados da terceira campanha experimental, na qual foi utilizado um ímã permanente de Neodímio, de 0,4T. Os resultados dos ensaios de pH realizados na água de medida padrão e na água submetida ao campo magnético do ímã constam na Tabela 3.

pH para água padrão	pH para água submetida ao campo magnético
7,36	7,42

Tabela 3 - Resultados dos ensaios de medida do pH para a terceira campanha

Analogamente ao registrado segunda campanha experimental, não foram observadas variações significativas no pH das águas analisadas.

Os resultados dos ensaios nas argamassas são apresentados nas Figuras 11 e 12.



Figuras 11 e 12 - Resultados dos ensaios nas argamassas da terceira campanha. Água da torneira e tratamento magnético usando ímã permanente.

Para as argamassas produzidas com a água exposta ao campo magnético gerado por ímã permanente não foram registradas variações significativas nos valores obtidos nem para a consistência, nem para a resistência a compressão. Comparando com a mesma intensidade de campo magnético (0,4T) na segunda campanha experimental, observa-se que os resultados foram bastante próximos dos obtidos, retificando os resultados anteriores.

Conclusões:

Os resultados da primeira campanha experimental foram promissores, apresentando aumento da resistência a compressão e também aumento do índice de consistência. No caso da segunda campanha, para as amostras obtidas com água exposta a campos magnéticos inferiores a 1T, a variação dos valores obtidos nos ensaios de consistência foi pouco significativa e os resultados para a resistência a compressão mostraram-se insatisfatórios, não apresentando melhora ou mesmo tendo pior desempenho que a amostra padrão. Pode-se observar que, comparando-se a primeira campanha e a segunda campanha, os melhores resultados foram obtidos quando as águas de amassamento foram expostas aos campos magnéticos de 1T e 1,2T, sendo a maior resistência a compressão obtida para o primeiro valor. Os resultados obtidos neste trabalho podem indicar a presença de um valor de campo magnético ótimo para a realização do tratamento da água de amassamento. O trabalho de Y. Wang et al.(2018) analisa mudanças em algumas propriedades físicas da água exposta a diferentes campos magnéticos e também observa um valor ótimo para o tratamento que proporciona maior alteração das propriedades analisadas. Os resultados aqui apresentados demandam a realização de novas análises, variando-se por exemplo o tipo de água e o cimento para campos magnéticos da ordem de 1T.

16

Referências

ABNT NBR 7215:1996 Versão Corrigida:1997. Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Rio de Janeiro, 1996.

ABNT NBR 13276:2016. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT NBR 15900-1:2009. Água para amassamento do concreto. Parte 1: Requisitos. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Rio de Janeiro, 2009.

ALIMI, F. TLILI, M. BEN AMOR, M. GABRIELLI, C. MAURIN, G. Influence of magnetic field on calcium carbonate precipitation. **Desalination**, v. 206, n. 1-3, p. 163-168, 2007.

COEY, J.M.D & CASS, S. Magnetic water treatment. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, v.209, p.71-74, 2000.

ELIAS, Juliana Aparecida. **Verificação da ocorrência de mudanças físico-químicas e moleculares da água quando submetida a campo magnético: uma análise da relevância estatística.** 2015, 96 p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Biomédica, Faculdade Gama, Universidade de Brasília, 2015.

GOMES, A. M.; SANTANA, R.; SANTANA, L.; GUIMARÃES, C. O. A utilização da água imantada na produção de concreto usinado. Simpósio Epusp sobre Estruturas de Concreto, v. 5, 2003, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2003.

GUIMARÃES, C. O. Avaliação do uso da água magnetizada na produção de concretos em centrais. 2006, 180 p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação de engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.

HAN, X. PENG, Y. ZHONGJUN, MA. Effect of magnetic field on optical features of water and KCl solutions. **Optik**, v. 127, n. 16, p. 6371-6376, 2016.

HOLYSZ, L. SZCZES, A. CHIBOWSKI, E. Effects of a static magnetic field on water and electrolyte solutions. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 316, n. 2, p. 996-1002, 2007.

LANDGRAF, F. J. G. et al. Efeitos do campo magnético em soluções aquosas. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Trabalho adaptado do apresentado no Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais (CBECIMAT), Porto Alegre –RS. 2004, 17p. Acesso em 20/02/2019: <http://www.pmt.usp.br/academic/landgraf/nossos%20artigos%20em%20pdf/04land%20cbecimat%20a%20v2.pdf>

MARTÍN ALGARRA, RV. LAHUERTA ZAMORA, L. ANTÓN FOS, G. M. ALEMÁN LÓPEZ PA. Magnetized Water: Science or Fraud?. **Journal of chemical education**, v. 85, n. 10, p. 1416, out./2008.

NAN S. CHEA-FANG WU. Effect of magnetic field treated water on mortar and concrete containing fly ash, **Cement & Concrete Composites**. 25 (2003) 681-688.

PANG, X.F. DENG, B. The changes of macroscopic features and microscopic structures of water under influence of magnetic field. **Physica B: Condensed Matter**, v. 403, n. 19-20, p. 3571-3577, 2008.

SU, N. WU, Y.H. MAR, C. Effect of magnetic water on the engineering properties of concrete containing granulated blast-furnace slag. **Cement and Concrete Research**, v. 30, n. 4, p. 599-605, 2000.

WANG, Y. WEI, H. ZHUANGWEN, LI. Effect of magnetic field on the physical properties of water. **Results in physics**, v. 8, p. 262-267, 2018.

ZHOU, K.X.; LU, G.W.; ZHOU, Q.C.; SONG, J.H.; JIANG, S.T.; XIA, H.R. Monte Carlo simulation of liquid water in a magnetic field. **J. Appl. Phys.**, v.88, p.1802-1805, 2000.

ZHONG-FENG, H. U. O.; QIAN, Z. H. A. O.; YING-HUA, ZHANG. Experimental Study on effects of magnetization on surface tension of water. **Procedia Engineering**, v. 26, p. 501-505, 2011.