

## **IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS DO PH NO CONCRETO PERMEÁVEL UTILIZADO COMO PAVIMENTO NA BR-319 (AMAZONAS-BRASIL)**

EVAILTON ARANTES DE OLIVEIRA<sup>1\*</sup>; ARLENE M. LAMEGO DA SILVA CAMPOS<sup>2</sup>; MARIA DO P. S. LAMEGO OLIVEIRA<sup>3</sup>; MARIA JOÃO CORREIA DE S. GUERREIRO<sup>4</sup>; MARIA ALZIRA PIMENTA DINIS<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Mestre Pesquisador, aluno doutorado Universidade Fernando Pessoa-UFPP, Porto, Portugal, 35986@ufpp.edu.pt;

<sup>2</sup> Mestra em engenharia civil pela UFAM, Manaus-AM, arlene.campos@dnit.gov.br;

<sup>3</sup> Mestra Pesquisadora, aluna doutorado Universidade Fernando Pessoa-UFPP, Porto, Portugal, 36146@ufpp.edu.pt;

<sup>4</sup> Dra. Pesquisadora, UFP Energy, Environment and Health Research Unit (FP-ENAS), Universidade Fernando Pessoa-UFPP, Porto, Portugal, mariajoao@ufpp.edu.pt;

<sup>5</sup> Dra. Pesquisadora, UFP Energy, Environment and Health Research Unit (FP-ENAS), Universidade Fernando Pessoa-UFPP, Porto, Portugal, madinis@ufpp.edu.pt;

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018

21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

**RESUMO:** A importância do pH na estrutura do concreto está relacionada a um fenômeno natural do mesmo, chamado carbonatação, resultante da reação de componentes do cimento com a água, formando carbonato de cálcio e gerando absorção de CO<sub>2</sub> no ambiente, o que é benéfico em termos de redução do Efeito Estufa, porém gera a degradação, eflorescências e a oxidação da armadura. Com base neste fenômeno, esta investigação teve o objetivo de verificar a ocorrência ou não de carbonatação nas amostras sujeitas a diferentes tipos de águas, corpos de prova de concreto permeável elaborados com um traço de 1:4.4 com fator água/cimento de 0.3, onde foram realizados experimentos no laboratório com água destilada, água ionizada alcalina, água com gás CO<sub>2</sub> e água natural, para verificar as implicações da ocorrência ou não da carbonatação, através de leituras do pH, sabendo que a carbonatação ocorre com pH básico, além disso foram realizados experimentos de campo, em dois locais diferentes da rodovia BR-319 (Amazonas – Brasil). Resultados: Porcentagem de diferença de peso dos corpos de prova (antes e depois da drenagem) entre 1,2% a 1,6%, tempo médio de drenagem de 1'20'', aumento de pH após os experimentos e, após confirmação estatística da homogeneidade das amostras, concluiu-se que a carbonatação não chegou a ocorrer, o que é um aspecto positivo sob o ponto de vista desta patologia, o que recomenda a pavimentação em concreto permeável para a rodovia BR-319.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concreto permeável; Alterações pH; carbonatação.

### **ENVIRONMENTAL IMPLICATIONS OF THE pH IN PERVIOUS CONCRETE USED AS PAVEMENT ON HIGHWAY BR-319 (AMAZONAS – BRAZIL)**

**ABSTRACT:** The importance of pH in the structure of concrete is related to a natural phenomenon of the same, called carbonation, resulting from the reaction of cement components with water, forming calcium carbonate and generating CO<sub>2</sub> absorption in the environment, which is beneficial in terms of reduction of the Greenhouse Effect, but generates degradation, efflorescence and oxidation of the reinforcement. Based on this phenomenon, this investigation had the objective of verifying the occurrence or not of carbonation in the samples subjected to different types of water, test specimens of permeable concrete elaborated with a trace of 1: 4.4 with water / cement factor of 0.3, where were conducted in the laboratory with distilled water, alkaline ionized water, water with CO<sub>2</sub> gas and natural water, to verify the implications of the occurrence or not of carbonation, through pH readings, knowing that carbonation occurs with basic pH, in addition were field experiments were carried out at two different sites on the BR-319 highway (Amazonas - Brazil). Results: Percentage of weight difference of test specimens (before and after drainage) between 1.2% and 1.6%, mean drainage time of 1'20 ", pH increase after the experiments and, after confirmation it was concluded that carbonation did not occur, which is a positive aspect from the point of view of this pathology, which recommends the pavement in permeable concrete for the highway BR-319.

**KEYWORDS:** Pervious concrete; pH changes; Carbonation.

## INTRODUÇÃO

Após o processo de fabricação do cimento, que exige o consumo de considerável quantidade de energia e a geração de grandes volumes de gás carbônico (CO<sub>2</sub>), cessa a calcinação do cimento e se inicia a carbonatação do mesmo, processo natural de formação de carbonato de cálcio e de sequestro de CO<sub>2</sub> no ambiente. O sequestro de CO<sub>2</sub> é interessante quanto ao fator ambiental, já que colabora com a redução do Efeito Estufa no planeta. Por isto a importância da investigação das implicações ambientais da água na carbonatação do cimento, conforme Ho et al. (2018) e Kemache et al. (2017), e o seu efeito em materiais de concreto porosos, realizados por Branch et al. (2018) e Chang et al. (2018). Além disso, as exigências de sustentabilidade nas construções atuais, nos obriga a investigar materiais de concreto cujos resíduos possam ser reciclados, por influência dos autores Zhang & Xiao (2018).

O ciclo da carbonatação no cimento gera efeitos importantes para o meio ambiente, que merecem ser investigados, conforme He et al. (2017), de tal forma, que as construções possam ser utilizadas para redução do CO<sub>2</sub> no ambiente e, em consequência, do efeito estufa, Meggers et al. (2012).

A carbonatação também gera problemas, considerada por muitos autores como uma patologia do concreto que deve ser evitada, por degradar e induzir a corrosão na armadura do concreto armado, conforme Belda et al. (2018) e Serdar et al. (2017).

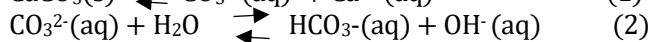
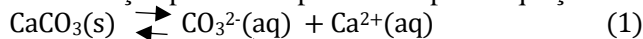
A investigação realizada neste trabalho científico teve por base o estudo dos efeitos preliminares da carbonatação em materiais de concreto porosos, que possuem propriedades de reciclagem de seus resíduos, por isto, a escolha do concreto permeável, por ser um material de construção sustentável, conforme estudos de El-Hassan & Kianmehr (2017) e Bonicelli et al. (2016), e cujos resíduos podem ser reciclados para uso em diversas aplicações, segundo os estudos de Guntakal & Selvan (2017) e também, autores que testaram corpos de prova de concreto permeável fabricados com agregado reciclado, inclusive sob alta pressão, Lu, Y. et al. (2014).

O objetivo principal deste estudo é investigar a ocorrência de indícios de carbonatação em corpos de prova de concreto permeável, testados no laboratório e no campo, sob condições normais de pressão e temperatura, com intuito de verificar a possibilidade de utilização de concreto permeável na BR-319.

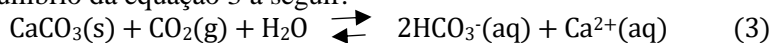
## MATERIAIS E MÉTODOS

### EXPERIMENTAL

A carbonatação pode ser representada pelas equações 1 e 2:



A reação de hidrólise da eq. 1 consome CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>(aq), que pode ser detectada pela medição do pH, após o equilíbrio da equação 3 a seguir:



Desta forma, a indicação de alteração de pH pode ser utilizada como método para verificação se está ocorrendo o início da carbonatação no concreto permeável, conforme Haselbach e Thomle (2014).

As imagens dos experimentos sendo realizados foram registradas na Figura 1 a seguir:

Figura 1: Diferença de peso dos corpos de prova (antes e após filtração dos diferentes tipos de água).

a)



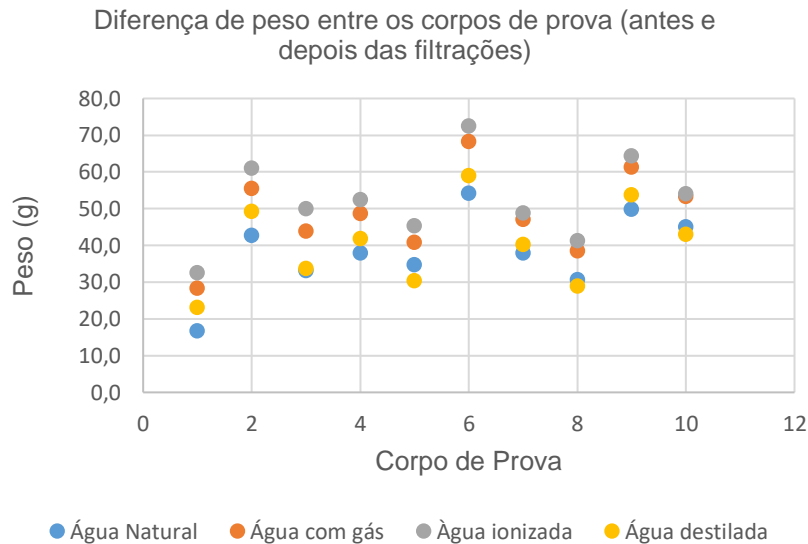
b)



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O gráfico da Figura 2 demonstra uma diferença de peso entre os corpos de prova, no entanto, levando em consideração que os corpos de prova possuem uma rede de poros própria, criada durante a mistura da massa na betoneira, provavelmente essa rede de poros influenciou na diferença de peso dos corpos de prova, independentemente do tipo de água, conforme esperado nas pesquisas sobre o assunto por Georget et al. (2018).

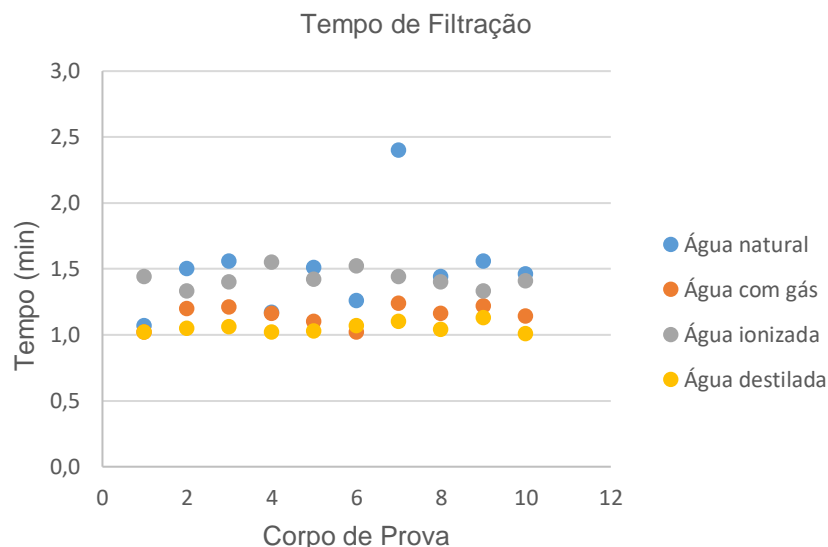
Figura 2: Diferença de peso dos corpos de prova (antes e após filtração dos diferentes tipos de água).



A condutividade hidráulica está dentro dos parâmetros esperados, conforme os estudos de pesquisadores da área Arrigoni et al. (2017), Batezini & Balbo (2015). Conforme demonstrado na Figura 3.

Após as leituras e ensaios realizou-se estudos estatísticos através de uma análise não paramétrica, com o método Kruskal-Wallis, onde utilizando os dados da diferença de pH da água natural como variável de agrupamento, encontramos o resultado que a distribuição de dados da diferença de pH da água com gás, água ionizada e água destilada é normal, com grau de liberdade 1, significância (p) de 0,860 para a água com gás, de 0,471 para a água ionizada e de 0,481 para a água destilada, portanto as amostras são homogêneas ( $p > 0,05$ ).

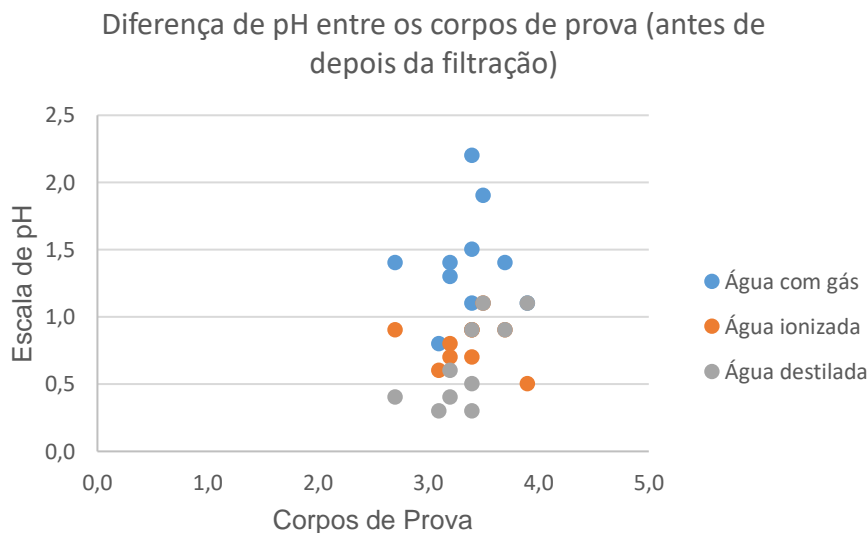
Figura 3: Gráfico do tempo de filtração nos corpos de prova de concreto permeável.



Na Figura 4 obtivemos os resultados de leitura de pH nas amostras. A alteração de pH serve de indicação que a água entrou em contato com o hidróxido de cálcio, por isto ocorreu o aumento de pH, no entanto constatou-se que não houve tempo para formação de carbonato de cálcio.

Segundo Pade & Guimarães (2007) a carbonatação, propriedade intrínseca do cimento Portland, é um processo lento, que requer tempo, por isto, desta forma, presume-se que as filtrações nos corpos de prova de concreto permeável não tiveram tempo suficiente para formação de carbonato de cálcio e absorção de CO<sub>2</sub>, princípio de reação de carbonatação nos corpos de prova de concreto permeável.

Figura 4: Gráfico da diferença de pH (antes e após filtração dos diferentes tipos de água).



## CONCLUSÃO

Os resultados alcançados nos ensaios de laboratório e de campo permitiram observar que:

- a) a pouca absorção de água natural e destilada, pelos corpos de prova de concreto permeável, conforme detectado nos ensaios de diferença de peso das amostras dos corpos de prova, é uma vantagem para o concreto permeável que se pretende utilizar como material de pavimentação de rodovias, pois quanto mais inerte o material, na presença de água da chuva e intempéries melhor para a estabilidade da pista de rolamento;
- b) o tempo de filtração apresentou pouca variação para as diferentes amostras de água filtradas nos corpos de prova de concreto permeável, o que também apresenta um ponto positivo para o material que se pretende utilizar como pavimento de rodovia; e
- c) o aumento de pH das amostras de água filtradas nos corpos de prova de concreto permeável, no laboratório e nos experimentos de campo com água da chuva, são indícios de contato das amostras de água com o hidróxido de cálcio na pasta de cimento, porém não se conseguiu detectar a carbonatação e, o sequestro de CO<sub>2</sub> da atmosfera ou dos líquidos, provavelmente porque não houve tempo suficiente para formação de carbonato de cálcio.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Fernando Pessoa (Porto – Portugal) pela orientação concedida, a Universidade Uninorte - Laureat International pela autorização de uso do Laboratório de Química e do Laboratório de Concreto da Coordenação do Curso de Engenharia Civil.

## REFERÊNCIAS

Ahmad, S.; Assaggaf, R. A.; Maslehuddin, M.; Al-Amoudi, O. S. B.; Adegunle, S. K.; Ali, S. I. Effects of carbonation pressure and duration on strength evolution of concrete subjected to accelerated carbonation curing. *Construction & Building Materials*, p.136-565, 2017.

Arrigoni, A.; Pelosato, R.; Melià, P.; Ruggieri, G.; Sabbadini, S.; Dotelli, G. Life cycle assessment of natural building materials: the role of carbonation, mixture components and transport in the environmental impacts of hempcrete blocks. *Journal of Cleaner Production*, p.149-1051, 2017.

Batezini, R.; Balbo, J.T. Estudo da condutividade hidráulica com carga constante e variável em concretos permeáveis. *IBRACON*, v.8, n.3, p.248-259,2015.

Belda, A.R.; De Weerd, K.; Hornbostel, K.; Geiker, M. R. Carbonation-induced corrosion: Investigation of the corrosion onset. *Construction and Building Materials*,p.162-847,2018.

Bonicelli, A.; Arguelles, G. M.; Pumarejo, L. G. F. Improving Pervious Concrete Pavements for Achieving More Sustainable Urban Roads. *Procedia Engineering*,p.161-1568, 2016.

Branch, J. L.; Epps, R.; Kosson, D. S. The impact of carbonation on bulk and ITZ porosity in microconcrete materials with fly ash replacement. *Advances in Materials Science & Engineering*, p.103-170,2018.

Chang, H.; Mu, S.; Feng, P. Influence of carbonation on “maximum phenomenon” in surface layer of specimens subjected to cyclic drying-wetting condition. *Cement and Concrete Research*,p.103-95,2018.

El-Hassan, H.; Kianmehr, P. Sustainability assessment and physical characterization of pervious concrete pavement made with GGBS. *MATEC Web of Conferences*,p.120-701,2017.

Georget, F.; Prévost, J. H.; Huet, B. Impact of the microstructure model on coupled simulation of drying and accelerated carbonation. *Cement and Concrete Research*,v.104,n.1,2018.

Guntakal, S. N.; Selvan, S. Application of pervious concrete for pavements: a review. *Rasayan Journal of Chemistry*,n.10,p.1-32,2017.

Haselbach, I.;Thomle, J. An Alternative Mechanism for accelerated carbon sequestration in concrete. *Sustainable Cities and Society*,p.12-25,2014.

He, Z.; Li, Y.; Zhang, W.; Ma, X.; Duan, L.; Song, H. Effect of re-carbonation on CO<sub>2</sub> capture by carbide slag and energy consumption in the calciner. *Energy Conversion and Management*,p.148-1468,2017.

Ho, L. S.; Nakarai, K.; Ogwa, Y.; Sasaki, T; Morioka, M. Effect of internal water content on carbonation progress in cement-treated sand and effect of carbonation on compressive strength. *Cement and Concrete Composites*,p.9-85,2018.

Hunnicut, W.; Struble, L.; Mondal, P. Effect of synthesis procedure on carbonation of calcium-silicate-hydrate. *Journal of the American Ceramic Society*,p.100-3736,2017.

Kemache, N.; Pasquier, L.C.; Cecchi, E.; Moudhen, I.; Blais, J.F.; Mercier, G. Aqueous mineral carbonation for CO<sub>2</sub> sequestration: From laboratory to pilot scale. *Fuel Processing Technology*, p.166-209,2017.

Lu, Y.; Chen, X.; Teng, X.; Zhang, S. Dynamic comprehensive behavior of recycled aggregate concrete based on split Hopkinson pressure bar tests. *Latin American Journal of Solids and Structures*,v.11,p.131-141,2014.

Meggers, F.; Leibundgut, H.; Kennedy, S.; Oin, M.; Schlaich, M.; Sobek, W. Reduce CO<sub>2</sub> from buildings with technology to zero emissions. *Sustainable Cities and Society*, v.2,v.1;p.29-36,2012.

Pade, C.; Guimarães, M. The CO<sub>2</sub> uptake of concrete in a 100 year perspective. *Cement and Concrete Research*,v.37,p.1348-1356,2007.

Serdar, M.; Poyet, S.; L'Hostis, V.; Bjegović, D. Carbonation of low-alkalinity mortars: Influence on corrosion of steel and on mortar microstructure. *Cement & Concrete Research*,p.101-33,2017.

Zhang, K.; Xiao, J. Time-dependent reliability analysis on carbonation behavior of recycled aggregate concrete based on gamma process. *Construction and Building Materials*,p.158-378,2018.