

# Estudo dos tipos de sais presentes nos solos de fundações em Monteiro-PB

## *Study of the types of salts present in soils of foundations in Monteiro-PB*

Iracira José da Costa Ribeiro<sup>1\*</sup>; José Luiz Neto<sup>2</sup>; Fábio Barbosa Oliveira<sup>2</sup>; Gardênia Marinho Cordeiro<sup>1</sup>; Hosana Emília A. Sarmento Leite<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Instituto Federal da Paraíba, Docente.

<sup>2</sup> Instituto Federal da Paraíba, Discente.

58500-000, Monteiro-PB, Brasil.

\* iracira@hotmail.com

### **Resumo**

As eflorescências ocorrem devido à coexistência de umidade, de sais solúveis, de porosidade dos materiais e a possibilidade de evaporação da água. Uma das fontes de sais, objeto do estudo, remete-se ao solo da fundação, cujos sais migram para a alvenaria pela umidade ascensional. Foram então, coletadas amostras de solo no fundo de valas de fundações em obras para análise química, seguindo metodologia da EMBRAPA (1997). Os resultados mostraram que em menor profundidade (0,40 m) ocorreu maior condutividade (0,657 mS/cm) e uma maior concentração de íons cálcio (5,50 meq/litro). Já o menor valor (0,102 mS/cm) ocorreu na amostra mais profunda (1,70 m) e maior teor foi de cloretos (1,22 meq/litro). Foi verificada a ausência de carbonatos e sulfatos em todas as amostras. Isso pode acarretar a ascensão da solução salina para a edificação e, por conseguinte, demanda estudos na execução de fundações, em especial, referentes à impermeabilização.

**Palavras-chave:** *Eflorescência, Fundação, Sais solúveis, Solo.*

### **Abstract**

Efflorescences occurs due to the coexistence of moisture, soluble salts, porosity of materials and the possibility of water evaporation. One of the salt sources, object of this study, is related to the soil of the

foundation, whose salts migrate to the masonry by the ascensional humidity. Thus, soil samples were collected at the bottom of foundation ditches in construction work for chemical analysis, following the methodology of EMBRAPA (1997). The results showed that at lower depth (0.40 m) there was higher conductivity (0,657 mS/cm) and a higher concentration of calcium ions (5.50 meq/liter). The lowest value (0,102 mS/cm) occurred in the deepest sample (1.70 m) and the highest was chloride (1.22 meq/liter), as well as the absence of carbonates and sulfates in all the samples. The lower values of the ions occurred in the deepest sample. This can lead to the rise of the saline solution to the building and, therefore, demands studies in the execution of foundations, especially in relation to waterproofing.

**Keywords:** *Efflorescence, Foundation, Soluble salts, Soil.*

## 1 Introdução

As rochas expostas na superfície da terra sofrem intemperização por meio de processos contínuos físico-mecânicos, químico-orgânicos ou biológicos, originando assim a camada de sedimentos da superfície. Esses processos são mediados pela ação de fatores como clima, relevo, organismos vivos e o tempo, liberando os sais solúveis constituintes das rochas para formação do solo (RICHARDS [1]).

A origem dos sais deve-se também ao transporte de outras regiões. Os rios e oceanos podem ser a fonte de sais em solos cuja matriz é constituída de depósitos de eras geológicas antigas e que, com o tempo, foram sendo trazidos à superfície da crosta. A presença de sais no solo depende também da variação do lençol freático que permite a acumulação de sais na superfície por evaporação, principalmente quando essa profundidade varia entre 1,0 e 2,5 m. Os sais do solo contêm principalmente os cátions sódio, cálcio e magnésio e os ânions cloretos e sulfatos e, em menor quantidade, ocorrem potássio, bicarbonatos, carbonatos e nitratos, geralmente 98% dos sais solúveis dos solos são formados por estes íons (RICHARDS [1]).

Entretanto, como a água é o principal agente transportador dos sais, o solo pode se tornar salinizado pelo carreamento dos mesmos através de percolação ou por escoamento artificial dependendo da geomorfologia da região (SILVA [2]).

A salinidade do solo ocorre principalmente nas regiões áridas e semiáridas do mundo. A região semiárida do Nordeste do Brasil se destaca como uma das mais afetadas por apresentar baixa precipitação pluviométrica, associada à pouca atividade bioclimática. Também um menor grau de intemperização e manejo deficiente do solo promove a salinização. Isto conduz à formação de solos com alta concentração de sais (PEDROTTI et al [3]).

Os sais solúveis que provocam a destruição das edificações podem estar presentes no solo, na água subterrânea, na atmosfera, nos materiais de construção, como também podem ser originados de reações entre os componentes dos materiais. Outra fonte de contaminação ocorre em países de clima frio que usa sais para degelo, cuja solução de neve derretida juntamente com os sais ascende pela alvenaria, principalmente quando a topografia do local contribui para acumular essa solução, provocando danos na base das paredes (CHAROLA; ROUSSET; BLÄUER [4]).

A formação dos depósitos salinos nas superfícies e no interior das alvenarias é uma das manifestações patológicas de grande incidência. Além de frequente, o fenômeno é complexo, sabendo que os sais podem ser originados tanto na etapa de fabricação dos produtos como na interação entre os diversos componentes do sistema de vedação como também de reações secundárias entre esses componentes e o solo ou o meio ambiente. Esse tipo de manifestação patológica influencia na durabilidade das alvenarias e revestimentos como problemas de nível estético, de diminuição das condições de habitabilidade, de perda de vestígios históricos e da possível diminuição da segurança estrutural (PUIM [5]).

Os sais presentes no solo e/ou nos materiais utilizados na construção podem afetar as edificações, principalmente os sistemas de alvenaria e concreto armado. Os sais solúveis são transportados pela água até a superfície das peças e, quando se dá a evaporação do solvente, estes se depositam e cristalizam-se, formando manchas, geralmente de cor branca, denominadas de eflorescências (RIBEIRO [6]).

A presença de umidade pode provocar diversos fenômenos de degradação na alvenaria, entre os quais a formação de eflorescências e subflorescências e o ataque por sulfatos. A funcionalidade do edifício pode ficar comprometida por conta da formação de microrganismos ou da redução da propriedade de isolamento térmico. A origem do aparecimento deste

problema pode está ligada ao contato com águas pluviais, a umidade proveniente do solo, a umidade advinda da construção e ao uso indevido da edificação (BERTOLINI [7]).

Segundo Taguchi [8], as manchas, corrosão, bolor, fungos, algas, líquens, eflorescências, descolamento de revestimento, fissuras e mudança de coloração do revestimento são as manifestações mais comuns referentes aos problemas de umidade em edificações. Em seu estudo destaca ainda que os danos típicos provocados pela umidade ascendente são: manchas na base das construções; destruição dos rebocos e da argamassa de ligação pelo depósito de sulfatos; formação de bolores; aumento da dispersão de calor proveniente do interior do edifício; alvenarias das paredes mais frias onde se verificam com muita facilidade fenômenos de condensação; ambiente insalubre e destacamento das camadas superficiais por efeito da cristalização de sais.

Verduch e Solana [9] afirmam que a formação de véus (manchas de sais) ocorre nos materiais cerâmicos em situações distintas e se classificam em dois grupos: subflorescências e eflorescências. As subflorescências ou criptoflorescências são véus não visíveis, ocasionados quando os depósitos cristalinos são formados sob a superfície da peça, nos poros e na rede capilar, podendo ocasionar consideráveis danos à durabilidade do sistema pelas forças de expansão criadas. Já as eflorescências são véus visíveis que ocorrem quando há a cristalização dos sais na superfície das peças.

Tuna [10] descreve em sua pesquisa que as eflorescências se diferenciam conforme a sua forma. Podem se apresentarem como cristais pontiagudos individuais prismáticos ou aciculares (em forma de agulhas). Este tipo de eflorescência encontra-se pouco solidificado com o substrato numa primeira fase, fortalecendo-se essa ligação ao longo do tempo. Um segundo tipo são as eflorescências denominadas “fluffy” que são facilmente removidas, constituídas por elevado volume de finas fibras numa fase hidratada. Os cristais são aciculares e normalmente só produzem um efeito estético desagradável. Um terceiro tipo se trata de eflorescências pulverulentas que formam agregados pouco coesos com o substrato e apresentam grãos muito finos. Por meio do tato e da apalpação, pode ser diferenciado cada um desses tipos.

De acordo com Gewehr [11], para que um correto diagnóstico das manifestações patológicas seja feito é importante que se tenha conhecimento sobre a origem da enfermidade. Existem

várias causas para a degradação de uma edificação e estas podem ser classificadas em diretas e indiretas. As causas diretas agem de maneira concreta sobre a construção e seus materiais. Estas podem ser físicas, mecânicas e químicas. As causas físicas são responsáveis pela presença de umidade nos edifícios que, combinadas com a porosidade dos materiais, a elevada absorção capilar e o vento, provocam infiltrações. As causas mecânicas são os esforços mecânicos sobre as construções superiores ao previsto no projeto estrutural, as sobrecargas temporárias, cargas dinâmicas e também a transmissão de esforços mecânicos por deformação nos elementos estruturais ou fachadas e acabamentos. Os sais solúveis contidos nos tijolos, pedras e argamassas são causas químicas, que com auxílio da umidade podem provocar eflorescências. Já as causas indiretas, estão relacionadas à construção, como erros de projeto, má qualidade dos materiais empregados, dimensões inadequadas de elementos construtivos, falta de manutenção da obra entre outras.

Para evitar os problemas de cristalização de sais na edificação é necessário proteger esta da água, evitando sua entrada e facilitando a sua saída. Como medida de prevenção deve-se interromper a subida da água nas fundações e o cuidado com o sistema de drenagem, para que estejam em boas condições de conservação, garantindo o escoamento. A drenagem é destinada a coletar as águas superficiais em terrenos com baixa permeabilidade, conduzindo-as ao sistema de instalações prediais de águas pluviais. Pode ser efetuada através de uma rede de tubos porosos ou valas periféricas (SOCOLOSKI [12]).

A implantação de um sistema de impermeabilização eficiente pode evitar que a umidade do solo penetre nas alvenarias e prevenir a formação das eflorescências. Os sistemas existentes são classificados de acordo com a diferença entre suas concepções, princípios de funcionamento, materiais, técnicas de aplicação, entre outros. Os principais sistemas de impermeabilização disponíveis no mercado da construção civil são os materiais asfálticos, as argamassas cimentícias e as resinas poliméricas (LIMA; PASSOS; COSTA [13]).

O objetivo desta pesquisa foi fazer uma análise dos solos de fundações da cidade de Monteiro, localizada na região semiárida do cariri paraibano. As análises realizadas, indicando a quantidade de sais em cada ponto da fundação, servirão de embasamento para verificação da formação ou não de eflorescências nas futuras edificações.

## 2 Materiais e Métodos

As amostras foram coletadas em cinco construções ainda na fase da escavação da fundação, em pontos distintos, na cidade de Monteiro - PB. O método da coleta foi de forma direta, em que a equipe se deslocou até as obras selecionadas, utilizando materiais como luvas, pás e sacolas. Foram coletados do fundo das valas escavadas cerca de 3,00 kg de solo. As profundidades variaram em cada obra, sendo de 1,60 metros na primeira obra visitada, na segunda obra de 1,70 metros, na terceira obra de 0,50 metros, na quarta obra de 0,40 metros e na quinta foi de 0,45 metros.

Para iniciar o processo dos ensaios, as amostras foram levadas ao laboratório de construção do IFPB - *Campus* Monteiro, para obtenção do extrato solúvel, seguindo metodologia da EMBRAPA [14] junto a Ribeiro [6]. Primeiramente o solo passou por secagem em estufa à 110°C durante 24h. As amostras passaram na peneira de malha #10 com abertura de 2 mm e separados 200 gramas para misturar com 500 ml de água destilada a temperatura ambiente. Após a mistura da solução, foi feita imediatamente a filtragem em papel filtro com diâmetro de 15,0 cm, gramatura de 80 g/m, espessura de 205,0 µm e permeabilidade ao ar de 14,0 l/s.m<sup>2</sup>. O filtro foi adaptado a um funil acoplado a uma proveta para a filtração e também com a ajuda de bombas de vácuo para obter o extrato solúvel de cada amostra (ver Figura 1).



Figura 1 – Método de obtenção do extrato solúvel. (Fonte: Própria, 2017).

### 3 Resultados e discussões

Os dados obtidos nos ensaios estão mostrados na Tabela 1, em que se determinou a condutividade elétrica e os teores de cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonatos, bicarbonatos e cloretos em meq/l. Enquanto que os sulfatos foram apenas detectados presença ou ausência.

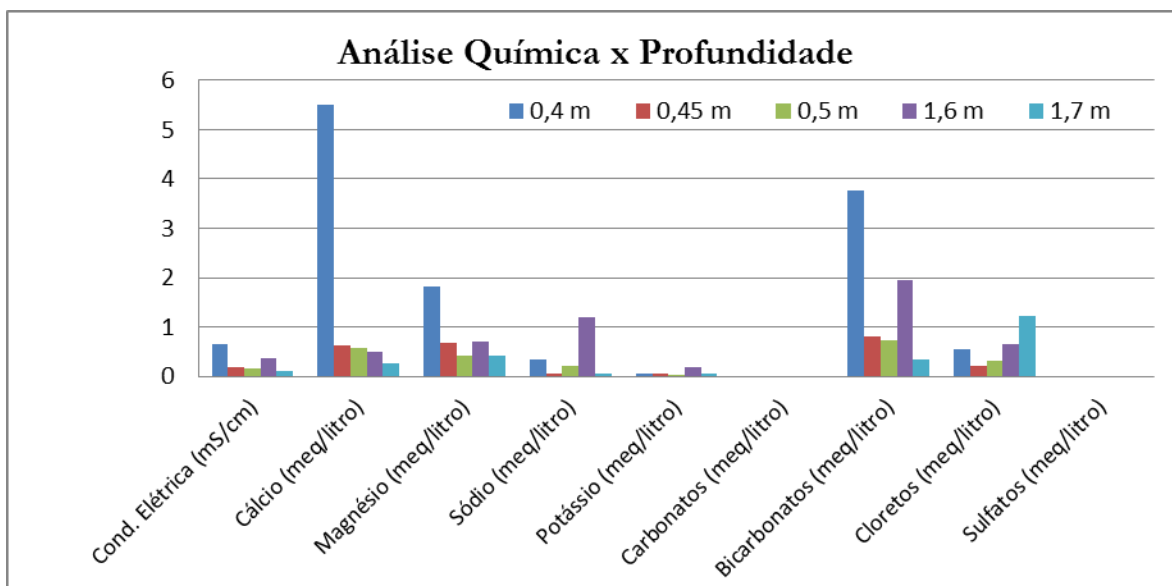
**Tabela 1** – Dados da análise do extrato solúvel das amostras de solos. (Fonte: LIS – UFCG - 2017).

ANÁLISE QUÍMICA	AMOSTRAS/ PROFUNDIDADE (m)				
	1	2	3	4	5
	0,40	0,45	0,50	1,60	1,70
Condutividade Elétrica (mS/cm)	0,657	0,193	0,154	0,37	0,102
Cálcio (meq/litro)	5,50	0,62	0,58	0,49	0,26
Magnésio (meq/litro)	1,82	0,68	0,43	0,72	0,43
Sódio (meq/litro)	0,34	0,06	0,21	1,20	0,05
Potássio (meq/litro)	0,07	0,05	0,04	0,20	0,05
Carbonatos (meq/litro)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonatos (meq/litro)	3,77	0,80	0,74	1,96	0,35
Cloretos (meq/litro)	0,55	0,22	0,32	0,65	1,22
Sulfatos (meq/litro)	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência

Na Figura 2 apresneta-se a condutividade elétrica e análise química em relação às profundidades de coleta de amostras. Para a menor profundidade (0,40 m) obteve-se um maior valor de condutividade elétrica e maiores concentrações de cálcio, magnésio e bicarbonatos. Enquanto que para maior profundidade (1,70 m) obteve-se os menores valores, exceto os cloretos. Segundo Silva et al [15] em profundidades de 0-10 cm a condutividade elétrica (CE) do extrato de saturação apresentou valores médios de 57,33 dS m<sup>-1</sup> e na camada de 30-60 cm foi de 22,43 dS m<sup>-1</sup>, indicando o alto nível de salinidade da área estudada. Foi observado que a CE mais alta está nas camadas superficiais, ou seja, mais próximo à área de ação radicular o que dificultaria à sobrevivência de espécies sensíveis a salinidade no local. Para esses autores os valores de condutividade elétrica são maiores nas camadas superiores devido a ascensão capilar dos sais solúveis, onde a água de lençol freático com sais diluídos ascende por capilaridade pelos poros e é evaporada ao chegar à superfície promovendo assim o acúmulo de sais nas



camadas superiores. Tal evento pode ser confirmado pelos teores de cátions solúveis ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$  e  $\text{Na}^{+}$ ), que também aumentaram na superfície.



**Figura 2** – Comparativo de dados da Análise química *versus* a profundidade.

(Fonte: Própria, 2017).

A norma NBR 7211: 2009 [16] estabelece valores para contaminação de agregados com cloretos e sulfatos inferiores a 0,1% para concreto armado e 0,01% de cloretos para concreto protendido. Já a norma NBR 15900: 2009 [17] estabelece que na água de amassamento deve ser considerado os seguintes parâmetros máximos para sais:

- Cloretos: 500 mg/l (concreto protendido ou graute);
- Cloretos: 1000 mg/l (concreto armado);
- Cloretos: 4500 mg/l (concreto simples sem armadura);
- Sulfatos: não deve exceder 2000 mg/l.

Os resultados de condutividade elétrica podem ser convertidos em porcentagem de sais totais, determinada pela equação (1), com dados de Richards [1] e adaptado por Ribeiro [6].

$$\% \text{Sais} = (\text{CE} \cdot 640 \cdot V_A \cdot 100) / (10^3 \cdot P) \quad (1)$$



Na qual, a %Sais é a quantidade de sais presentes nas amostras, CE é a condutividade elétrica (mS/cm), VA é o volume de água destilada (0,50 litros), P é a massa da amostra (200 gramas) e 640 é o fator de correção de mS/cm para mg/l (Richards [1] p.69). Os valores convertidos são mostrados na Tabela 2.

**Tabela 2** – Dados convertidos. (Fonte: LIS – UFCG - 2017).

ANÁLISE QUÍMICA	AMOSTRAS/ PROFUNDIDADE (m)				
	1	2	3	4	5
	0,40	0,45	0,50	1,60	1,70
Condutividade Elétrica (mS/cm)	0,657	0,193	0,154	0,370	0,102
%Sais	0,105	0,03	0,02	0,06	0,016
Cálcio (mg/litro)	440,0	49,60	46,4	39,2	20,80
Magnésio (mg/litro)	88,45	33,05	20,90	35,0	20,90
Sódio (mg/litro)	7,82	1,38	4,83	27,6	1,15
Potássio (mg/litro)	2,74	1,95	1,56	7,82	1,96
Carbonatos (mg/litro)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonatos (mg/litro)	229,97	48,80	45,14	119,56	21,35
Cloretos (mg/litro)	19,52	7,81	11,36	23,08	43,31

Foi verificado uma maior concentração de íons nas escavações mais rasas, como a amostra 4, com 0,40 m de profundidade e apresentou maior condutividade elétrica (0,657 mS/cm) ou maior porcentagem de sais (0,105%). Nesta amostra a quantidade de cloretos foi de 19,52 mg/l, bem inferior ao valor máximo recomendado pela norma NBR 15900: 2009 que estabelece até 1000 mg/l de cloretos na água de amassamento para concreto armado. Usando a equação (1) pode-se adaptar para determinar a porcentagem de cloretos como mostrado na equação (2).

$$\%Cl = (Cl.*V*100)/(10^3.P) \quad (2)$$

$$\%Cl = (23,08 \text{ mg/l} * 0,5 \text{ l} * 100) / 200000 \text{ mg} = 0,006\%$$

**Tabela 3** – Porcentagem de cloretos. (Fonte: Própria, 2017).

AMOSTRAS	1	2	3	4	5
Cloretos (mg/litro)	23,08	43,31	11,36	19,52	7,81
Cloretos (%)	0,006	0,010	0,003	0,005	0,002

Os dados obtidos para cloretos estão de acordo com a norma NBR 7211: 2009. Mas esses valores da norma se referem a agregado miúdo. Especificamente para teor de sais em solos de fundações não foi encontrado um valor especificado em norma. As normas brasileiras especificam os teores de cloretos e sulfatos para agregado miúdo e água de amassamento e, nesta pesquisa, foi verificada uma grande quantidade de bicarbonatos, cálcio e magnésio que podem formar compostos com sulfatos presentes e migrar pelas fundações, prejudicando as alvenarias e outros sistemas associados. Como os sais estão presentes no solo de fundação e em outros materiais da edificação, então se recomenda um sistema eficiente de impermeabilização da fundação, associado a um bom sistema de drenagem da água do solo.

#### **4 Conclusões**

O solo apresenta diferentes quantidades de sais conforme varia a localização e a profundidade. Os resultados mostraram perfeitamente essa variação, pois a menor profundidade correspondeu a maior quantidade de sais. Isso indica que há maior potencial de surgirem eflorescências em profundidades rasas. Por isso, é necessário executar um sistema de impermeabilização da fundação com pintura asfáltica ou outro sistema e produto similar. O processo deve seguir a normatização que recomenda três demãos cruzadas de impermeabilizante. Deve-se fazer também um sistema de drenagem para evitar que a água do subsolo dissolva esses sais e migre para a edificação. Ou seja, a melhor forma de prevenir as eflorescências é barrar ou drenar a solução salina, uma vez que é muito complexa a remoção dos sais do solo.

#### **Agradecimentos**

Ao Instituto Federal da Paraíba pelo incentivo em forma de bolsas para alunos e aos construtores da cidade de Monteiro pela colaboração em ceder solo para a pesquisa.

#### **Referências**

- [1] RICHARDS, L. A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington D.C., U.S. Salinity Laboratory. 160p. (USDA Agriculture Handbook, 60).

- [2] SILVA, E. F. F. Manejo de fertirrigação e controle da salinidade da cultura do pimentão utilizando extratores de soluções de solo. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Escola Superior de Agricultura Luis Queiroz, Piracicaba, 2002.
- [3] PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P. N.; LUCAS, A. A. T.; SANTOS, P. B. S. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, v. 19, n. 2, mai-ago. p. 1308-1324, 2015.
- [4] CHAROLA, A. E.; ROUSSET, B.; BLÄUER, C. Deicing Salts: An Overview. 4th International Conference on Salt Weathering of Buildings and Stone Sculptures, University of Applied Sciences Potsdam, Germany, 20-22 September, 2017.
- [5] PUIM, P. G. A. C. Controlo e reparação de anomalias devidas à presença de sais solúveis em edifícios antigos. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2010.
- [6] RIBEIRO, I. J. C. Os sais solúveis na construção civil. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1996.
- [7] BERTOLINI, L. Materiais de construção: patologia, reabilitação e prevenção. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- [8] TAGUCHI, M. K. Avaliação e qualificação das patologias das alvenarias de vedação nas edificações. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, 84 f, Curitiba, 2010.
- [9] VERDUCH, A. G.; SOLANA, V. S. Formação de eflorescência na superfície de tijolos. Cerâmica Industrial, São Paulo, v.5, n.5, p.38, 2000.
- [10] TUNA, J. M. R. Caracterização in-situ de eflorescências e de outros compostos salinos em paramentos. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2011, 174 p.
- [11] GEWEHR, U. Aplicabilidade e eficiência de dois métodos de saneamento de paredes degradadas por umidade e sais a partir de uma revisão bibliográfica e de um estudo de caso. 179 p. Dissertação (Mestrado em engenharia). Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- [12] SOCOLOSKI, R.F. Tratamento de umidade ascensional em paredes através de barreiras químicas por gravidade. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2015.
- [13] LIMA, J. L. A.; PASSOS, F. U.; COSTA, D. B. Processo integrado de projeto, aquisição e execução de sistemas de impermeabilização em edifícios residenciais. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 59-77, jul./set, 2013.



**3º Encontro Luso-Brasileiro de Degradação em Estruturas de Concreto Armado**  
**São Carlos, São Paulo, Brasil**  
**22 a 24 de agosto de 2018**

---

- [14] EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análise de solo. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.
- [15] SILVA et al. Distribuição de sais em área degradada do perímetro irrigado do Moxotó, Ibimirim – Pernambuco. II INOVAGRI International Meeting, Fortaleza-CE, 2014.
- [16] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 7211: Agregados para Concreto – Especificação, Rio de Janeiro, 2009.
- [17] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA – NBR 15900-1: Água para amassamento do concreto. Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.