

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS PRINCIPAIS BLOCOS CERÂMICOS E AGREGADOS MIÚDOS COMERCIALIZADOS NA RIDE PETROLINA – JUAZEIRO

PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE MAIN CERAMIC BLOCKS AND SMALL AGGREGATES MARKETED IN THE PETROLINA AND JUAZEIRO RIDE

Neiton Silva Machado¹
Patrícia de Araújo Souza²
Clériton de Souza³
Deisiele Diniz Lima⁴
Kátia Araujo da Silva⁵
Cristiane Xavier Galhardo⁶
Marcos Sales Rodrigues⁷
Fábio Freire de Oliveira⁸

RESUMO: A degradação das alvenarias é provocada por numerosas causas, sendo estas derivadas de processo patológico com agentes ativos e/ou passivos. Dentre estas, o depósito de sais solúveis nas superfícies das estruturas, denominados eflorescência, é um problema grave nas edificações da Região Integrada de Desenvolvimento Econômico de Petrolina, PE e Juazeiro, BA. Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar as características físicas, físico-químicas e químicas dos principais blocos cerâmicos e agregados miúdos comercializados nesta região. O experimento foi em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições para os blocos cerâmicos e com nove tratamentos e seis repetições para os agregados miúdos. Com os resultados deste trabalho foi possível a identificação dos materiais de construção com maior potencialidade para formação da eflorescência nas alvenarias de vedação e estrutural. Além disso, a determinação das características físicas dos agregados miúdos possibilitará aos profissionais da região acesso a informações mais precisas para correta dosagem racional de argamassas e concretos, pois o módulo de finura e massa específica são parâmetros importantes nesse caso.

1212

Palavras-chave: Eflorescência. Salinidade. Areia. Tijolo.

¹ Doutor em Engenharia Agrícola e professor da Universidade Federal do Vale do São Francisco – Campus Ciências Agrárias. Petrolina – Pernambuco – Brasil.

² Mestre em agronomia/produção vegetal pela Universidade Federal do Vale do São Francisco – Campus Ciências Agrárias. Petrolina – Pernambuco.

³ Engenheiro agrônomo pela Universidade Federal do Vale do São Francisco – Campus Ciências Agrárias. Petrolina – Pernambuco.

⁴ Engenheira agrônoma pela Universidade Federal do Vale do São Francisco – Campus Ciências Agrárias. Petrolina – Pernambuco.

⁵ Mestre em agronomia/produção vegetal pela Universidade Federal do Vale do São Francisco – Campus Ciências Agrárias. Petrolina – Pernambuco.

⁶ Doutora em Ciências e professora da Universidade Federal do Vale do São Francisco – Campus Ciências Agrárias. Petrolina – Pernambuco – Brasil.

⁷ Doutor em produção vegetal e professor da Universidade Federal do Vale do São Francisco – Campus Ciências Agrárias. Petrolina – Pernambuco – Brasil.

⁸ Doutor em técnicas energéticas e nucleares e professor do Instituto Federal do Sertão Pernambucano – Campus Zona Rural. Petrolina – Pernambuco – Brasil.

ABSTRACT: Masonry degradation is caused by numerous causes, which are derived from pathological processes with active and/or passive agents. Among these, the deposit of soluble salts on the surfaces of the structures, called efflorescence, is a serious problem in the buildings of the Petrolina-PE and Juazeiro-BA Integrated Economic Development Region. Therefore, this study aimed to evaluate the physical, physicochemical and chemical characteristics of the main ceramic blocks and small aggregates sold in this region. The experiment was a completely randomized design with four treatments and six replications for the ceramic blocks and nine treatments and six replications for the small aggregates. The results of this work allowed the identification of building materials with greater potential for efflorescence formation in sealing and structural masonry. In addition, the determination of the physical characteristics of small aggregates will allow professionals in the region to access more accurate information for the correct rational dosage of mortars and concretes since the modulus of fineness and specific mass are important parameters in this case.

keywords: Efflorescence. Salinity. Sand. Brick.

INTRODUÇÃO

É perceptível nas regiões áridas e semiáridas, como grande parte do Nordeste brasileiro apresenta condições climáticas favoráveis a uma elevada salinização do solo. Por esse motivo, o conjunto: sais solúveis e ventos contínuos faz do Nordeste uma região com condições favoráveis para o surgimento de eflorescências e subeflorescências provocando degradação nas alvenarias estruturais e vedação (SILVA, 2011).

Os sais de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalino-ferrosos (cálcio e magnésio, solúveis ou parcialmente solúveis em água) são os mais encontrados nas eflorescências (GRANATO, 2005). Estes são encontrados tanto nos materiais de construção utilizados, como no solo onde a edificação será erguida, pois a composição mineralógica e a posição geográfica da edificação no relevo são fatores importantes a serem observados.

Binda e Molina (1990), explicam que fatores como: porosidade, resistência mecânica, deformabilidade, tipos de sal, frequência, duração do molhamento e ciclos de secagem podem influenciar a durabilidade do material. No entanto, a fase de molhamento e secagem do material, com uma solução de sal, pode promover efeito perturbador decorrente da cristalização dos sais solúveis (FASSINA et al., 2002).

No que diz respeito aos blocos cerâmicos, podem ocorrer agressões originárias do meio externo ou do próprio material, facilitando o surgimento da eflorescência. Existem alguns fabricantes de produtos cerâmicos que utilizam o carbonato de bário como aditivo no processo de fabricação. Esta adição previne que, no processo de cozimento, se forme sulfato de bário insolúvel antes da formação de sulfato de cálcio (MECHA, 1993).

Entretanto, Monteiro (2009) aponta em seus estudos que os sulfatos de cálcio e magnésio são as impurezas das argilas que, com mais frequência, formam sais. Embora, Suassuna (1996) comenta que entre os fatores responsáveis pela salinização, a qualidade da água é considerado o mais importante. Ademais, Swamy e Laiw (1995) afirmam que as propriedades do concreto e do meio ao qual está exposto (incluindo as características da solução de cloretos) são os dois fatores mais influentes na penetração de cloretos. Além disso, os autores enfatizam que cimentos compostos com diferentes porcentagens de sílica ativa, escória de alto forno e cinza volante já provaram ser mais resistentes à penetração de cloretos que o cimento Portland comum.

De acordo com Cavalcanti e Freire (2007), os íons cloretos contidos nos agregados, aglomerantes e na água de amassamento podem acelerar a pega do cimento e com isso diminuir o tempo de trabalhabilidade do concreto. Podem também reagir com o ferro – aluminato tetracálcico e com o aluminato tricálcico para formar cloroaluminatos, podendo provocar um aumento da porosidade e, por consequência, uma diminuição da resistência do concreto. Um efeito secundário muito temido dos cloretos é a corrosão das armaduras de aço. Cavalcanti e Freire (2007) afirmam ainda que, os sulfatos reagem com diferentes constituintes da pasta (Aluminato tricálcico), dando um composto chamado *sal de Candlot*. A formação tardia deste sal expansivo pode conduzir a formação de fissuras, que ocasionam a quebra do concreto.

1214

No entanto, Zsembery (2001) ressalta que nem todo o sal existente na umidade pode causar danos. Os sais mais problemáticos são o sulfato de sódio e cloreto de magnésio. Porém, Young (1995) afirma que os tipos de sais comumente encontrados em paredes de alvenaria são cloreto de sódio e sulfato de cálcio, sendo o ataque de sulfato um dos tipos mais frequente relatado por Binda e Molina (1990).

A quantidade de sal necessária para provocar danos irá depender da natureza da alvenaria. Entretanto, mais do que 0,5%, em peso, é considerada motivo de preocupação (ABU-BAKAR; WAN-IBRAHIM; MEGAT JOHARI, 2011). Sabe-se que não há normas brasileiras prevendo um limite máximo em íons para todos os constituintes das argamassas e concretos, a NBR 6118 refere-se apenas ao limite máximo de 500 mgL^{-1} de íons cloro para a água destinada ao amassamento. Todavia, Cavalcanti e Freire (2007) afirmam que na França as normas são mais claras quanto a esse aspecto. Young (1995) comenta que na Austrália, o ataque de sal tem sido o principal e mais grave mecanismo de decadência das alvenarias.

Costa (2011), estudando a degradação provocada por sais nas edificações de Angicos, no estado do rio Grande do Norte, concluiu que por meio do teste de condutivimetria há uma indicação de que, esse alto grau de salinidade percebido pela análise visual das alvenarias das edificações, pode estar relacionado com o teor de sais presente nos materiais de construção.

Silva (2011), identificando os fatores que provocam eflorescência nas construções, na cidade de Angicos no estado do Rio Grande do Norte, concluiu que não tem uma relação direta entre o grau de eflorescência dos blocos cerâmicos e os sais contidos nas argilas, bem como entre os teores de sais solúveis das argilas e dos blocos cerâmicos. Além disso, o teor de sais solúveis e o aparecimento de eflorescências dos materiais cerâmicos estão intrinsecamente associados às características de processamento de fabricação e armazenamento.

Entretanto, Abu-Bakar, Wan-Ibrahim e MegatJOHARIAfirmam que não há dúvida de que o sal solúvel, transportado pela umidade da condição natural ou ambiente, pode causar a deterioração ou decomposição do desempenho de paredes de alvenaria. Os sais solúveis comumente encontrados em alvenaria são sulfato de sódio e cloreto de sódio. Essa degradação é decorrente da cristalização do sal nos poros das estruturas, que pode gerar pressão suficiente para romper a microestrutura do material, sendo esses efeitos controlados pela natureza química da cristalização dos sais.

A condutividade elétrica normalmente é utilizada para estimar os teores de sais na solução. Embora, quando se trabalha com solos (agregados miúdos - areias) existe uma dificuldade de se obter a solução para análise, pois dentre as técnicas desenvolvidas para extração da solução do solo encontrados na literatura, destacam-se os métodos do deslocamento (ELKHATIB et al., 1986), centrifugação (ADAMS et al., 1980; MIRANDA et al., 2006), pasta de saturação do solo (RICHARDS, 1954; SOUZA et al., 2013); cápsulas extratoras porosas (LAO et al., 2004; LIMA, 2009) e extratos aquosos em diferentes relações solo:água (RICHARDS, 1954; CHOWDHURY; MARSCHNER; BURNS, 2011a,b). O método da pasta saturada é um método subjetivo com relação ao ponto indicador de saturação do solo e de lenta extração; entretanto, ainda é um dos métodos tidos como referência no Brasil. A extração da solução do solo com diferentes relações solo:água (1:2 ;1:5 e 1:10) foi estudada por (SOUZA et al., 2013). Estes concluíram que a metodologia é simples e apresenta potencial de uso para extração e posterior caracterização da fase aquosa do solo. O processo de filtragem pode ser descartado quando o intuito é a determinação somente da

condutividade elétrica. Já a NBR9917: 1987, que aborda o tema determinação de sais cloretos e sulfatos solúveis em agregados para concreto, determina uma metodologia diferente das citadas anteriormente para a obtenção da solução para análise.

Bezerra et al. (2012), realizando ensaios de eflorescência baseado na norma da ASTM C 67-92a concluíram que o ensaio apresenta uma metodologia simples, que qualquer pessoa pode fazer, basta apenas seguir a norma e adaptar aos meios e materiais existentes na região, além de que o ensaio permite mostrar que o produto cerâmico pode conter uma considerável quantidade de sais solúveis que eflorescem nas superfícies das peças e que ao ser usado vão gerar patologias indesejáveis nos revestimentos.

Cavalcanti e Freire(2007) afirmam que os principais critérios de caracterização de um agregado, seja ele continental ou marinho, são: granulometria do material; propriedades da areia, incluindo-se a quantidade de elementos finos, as impurezas orgânicas, e a reatividade com os álcalis do cimento; o teor de CaCO_3 ; e o teor em sais. Além de que Ferreira e Bergmann (2011), estudando a formação da eflorescência em cerâmica vermelha e fatores de influência no transporte dos íons SO_4^{2-} e Ca^{2+} , afirmam que existe relação entre a eflorescência dos íons investigados com as propriedades físicas (absorção de água e porosidade aparente), distribuição do tamanho dos poros, solubilização e condutividade elétrica.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade dos principais agregados miúdos (areias e pó de pedra) e blocos cerâmicos comercializados na região de Petrolina/Juazeiro por meio da: 1) determinação da concentração dos íons cloreto, sulfato, carbonato, bicarbonato, sódio, potássio, cálcio, magnésio, ferro e tanino nos blocos cerâmicos e agregados miúdos; 2) determinação da condutividade elétrica da solução por meio da metodologia proposta por Souza et al. (2013) e correlacionar com as concentrações de sais solúveis totais determinada conforme Menezes et al. (2006); 3) caracterização física dos agregados miúdos através da: granulometria, massa específica real (massa específica de partículas), massa específica aparente (massa específica do agregado solto), porcentagem de material pulverulento; 4) realização de ensaios de eflorescência nos blocos cerâmicos de acordo com a norma ASTM C 67 (1992).

Ademais, em se tratando da avaliação de agregados, diversos trabalhos na literatura científica têm reforçado a importância de mais estudos nesta área de construção civil(COUTO; MELO JÚNIOR; DUARTE, 2021; IZÁ; TOMAZ; SILVA, 2022; LOPES et al., 2023a,b). Reforçando que quanto mais estudo, pesquisas e qualificações, colocando tudo

isso em prática, apesar de mesmo assim ocorrer alguns erros, os Engenheiros podem salvar vidas.

Material e Métodos

Descrição da região e coleta do material

A Figura 1 ilustra as principais regiões metropolitanas do Brasil enquanto a Figura 2 representa com maior detalhe a Região Administrativa Integrada de Desenvolvimento do Pólo Petrolina e Juazeiro que é uma RIDE - Região Integrada de Desenvolvimento Econômico, criada pela lei complementar n.º 113, de 19 de setembro de 2001, e regulamentada pelo decreto n.º 4366, de 9 de setembro de 2002. Ela engloba mais de 700 mil habitantes numa área com cerca de 35 mil quilômetros quadrados. É constituída pelos municípios de Lagoa Grande, Orocó, Petrolina e Santa Maria da Boa Vista, no estado de Pernambuco, e pelos municípios de Casa Nova, Curaçá, Juazeiro e Sobradinho, no estado da Bahia.

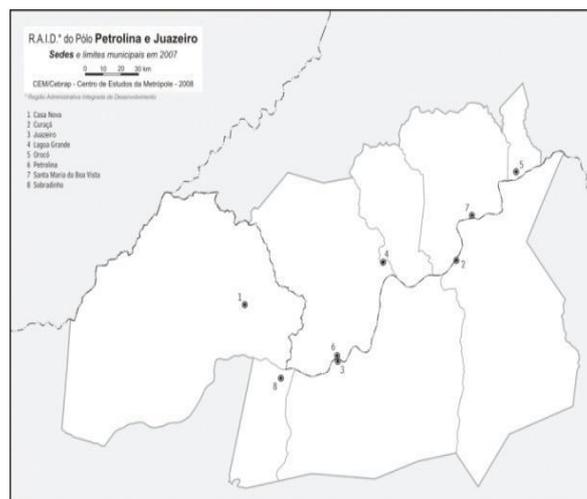
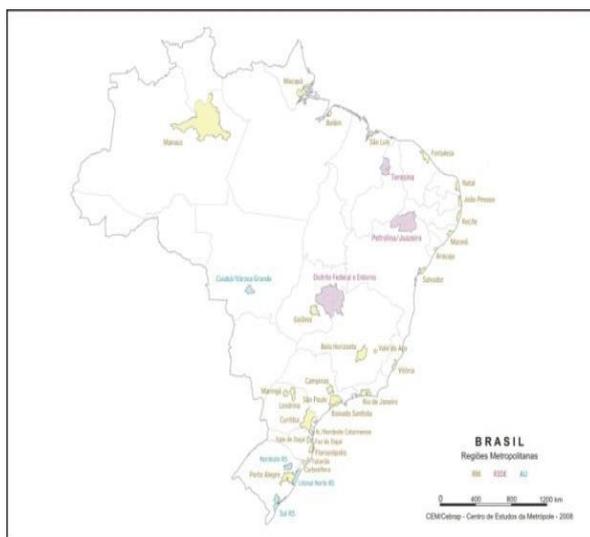


Figura 1. Localização das regiões metropolitanas do Brasil.

Figura 2. Identificação dos municípios da RIDE Petrolina Juazeiro.

As Figuras de 3 a 8 ilustram o efeito da eflorescência em estruturas de concreto e em alvenarias antigas e novas de blocos cerâmicos na cidade de Petrolina-PE, ressaltando a importância do estudo do tema para a região.



Figura 3. Precipitação de sal na superfície do solo na cidade de Petrolina-PE

Fonte: arquivo pessoal dos autores



Figura 4. Efeito da salinidade na estrutura de concreto (fosso de visita) da rede de esgoto da cidade de Petrolina

Fonte: arquivo pessoal dos autores



Figura 5. Eflorescência em alvenarias de blocos cerâmicos na cidade de Petrolina-PE

Fonte: arquivo pessoal dos autores.



Figura 6. Degradação das alvenarias de blocos cerâmicos devido ao sal na cidade de Petrolina-PE

Fonte: arquivo pessoal dos autores.



Figura 7. Início da formação da eflorescência em alvenarias de blocos cerâmicos em edificações novas na cidade de Petrolina-PE

Fonte: arquivo pessoal dos autores.



Figura 8. Detalhe da eflorescência em alvenarias de blocos cerâmicos em edificações novas na cidade de Petrolina-PE

Fonte: arquivo pessoal dos autores.

Os agregados miúdos para análise foram obtidos por meio de amostragem composta aleatória de acordo com a NBR NM 26. Foram coletados diretamente nas jazidas, ou nas caçambas dos caminhões transportadores encontrados com frequência na RIDE Petrolina Juazeiro (Tabela 1).

Tabela 1. Agregados miúdos e blocos cerâmicos mais comercializados na RIDE Petrolina Juazeiro

Amostra	Descrição regional do material	Principal utilização na região
Am.1	Areia grossa “lavada” –dragada do Rio São Francisco	Concreto
Am.2	Areia grossa “suja” –leito de riacho	Concreto e textura rústica
Am.3	Areia grossa “limpa” - Juremal	Concreto
Am.4	Areia média “suja”	Assentamento de bloco e reboco
Am.5	Areia média “escura” – Serra da Santa	Assentamento de bloco e reboco
Am.6	Areia fina “amarela”	Aterro
Am.7	Areia fina “vermelha”	Assentamento de bloco e reboco
Am.8	Areia fina “branca”	Assentamento de bloco e reboco
Am.9	Pó de pedra “Gnaise”	Assentamento de piscinas de fibra
Am.10	Marca 1	Alvenaria de vedação
Am.11	Marca 2	Alvenaria de vedação
Am.12	Marca 3	Alvenaria de vedação
Am.13	Marca 4	Alvenaria de vedação

Os blocos cerâmicos foram adquiridos por meio de amostragem nas lojas de materiais de construção, espalhadas pelas cidades da RIDE Petrolina Juazeiro. Após a coleta, as amostras foram transportadas e armazenadas nos laboratórios de física e química do solo no *Campus* de Ciências Agrárias – CCA da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF para posterior análise.

1219

Foram coletados e avaliados nove tipos de agregados miúdos e quatro marcas distintas de blocos cerâmicos, normalmente comercializados na região conforme descrito nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Caracterização química das amostras

A determinação da concentração dos íons: cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto, sulfato, bicarbonato, carbonato e ferro nos agregados miúdos e blocos cerâmicos ocorreu de acordo com a metodologia proposta pela NBR 9917-1987 e pelo manual de métodos de análise de solo (EMBRAPA, 1997). A determinação do teor de cloretos solúveis inclui o teor de iodeto e brometos solúveis em água, eventualmente presentes nos agregados.

A determinação da concentração de taninos nas amostras foi realizada por meio da metodologia espectrofotometria...

A condutividade elétrica da solução foi determinada por meio de um condutímetro marca Lucadema, modelo Luca 150P.

A solução dos blocos cerâmicos e agregados miúdos foram obtidos de acordo com as metodologias propostas pela NBR 9917-1987, pelo manual de métodos de análise de solo (EMBRAPA, 1997) e relação sólido: água destilada de 1:2; 1:5 e 1:10 sem processo de filtragem (SOUZA et al., 2013).

Para converter os valores de condutividade elétrica, dos extratos da pasta de saturação, para porcentagem de sais totais foi utilizado as equações propostas por Menezes et al. (2006).

Os blocos cerâmicos foram triturados e peneirados em peneira 0,30mm; pesou-se 50g de cada amostra e adicionou-se 125 mL de água destilada à temperatura ambiente, numa relação massa/água de 1:2,5. Em seguida, agitou-se as amostras em mesa agitadora a 135 rpm por 15 minutos. As amostras ficaram em repouso por 24h e após esse tempo, procedeu-se a filtragem em bomba a vácuo com membrana de porosidade de 0,45 μ m.

Mediu-se o pH com equipamento da marca MSTecnoyon, modelo mPA-210, bem como a condutividade elétrica com condutivímetro da marca MSTecnoyon, modelo mCA-150, dos extratos em água.

Para determinação de sódio e potássio, submetem-se os extratos das amostras ao fotômetro de chama, obtendo-se os teores de sódio e potássio através de leitura direta no aparelho.

Para determinação de cloreto, padronizou-se solução de nitrato de prata 0,01 mol L⁻¹, com cloreto de sódio (padrão primário). Para isso, pesou-se duas massas de 0,0144 e 0,0149 g de NaCl, respectivamente, adicionou-se 50mL de água destilada, 1 mL de cromato de potássio (indicador) e procedeu-se a titulação com AgNO₃, até a formação do precipitado cromato de prata.

Após a padronização, pipetou-se 10mL de cada amostra, transferiu-se a alíquota para erlenmeyer de 250mL, adicionou-se 1mL do indicador cromato de potássio 1% e titulou-se as amostras com AgNO₃.

Para determinação de sulfato, preparou-se 1L de solução padrão de sulfato de sódio 100ppm e 250mL de solução tampão MgCl₂.6H₂O/NaAc.3H₂O/KNO₃/HAc, (7,5g MgCl₂.6H₂O, 1,25g NaAc.3H₂O, 0,25g KNO₃, 0,5mLHAc). Foram preparados sete padrões de sulfato de sódio nas concentrações de 2,5; 5,0; 10,0; 20,0; 25,0; 30,0 e 40,0ppm, a partir de diluições da solução estoque de 100 ppm. Em seguida, esses padrões foram adicionados a béqueres contendo 0,5g de cloreto de bário e 2 mL da solução tampão. Agitou-se por um minuto, e depois se deixou repousar por cinco minutos. Após esse tempo, mediu-se a

absorbância em espectrofotômetro com comprimento de onda de 420nm. Com base nesses resultados construiu-se a curva de calibração (Figura 9).

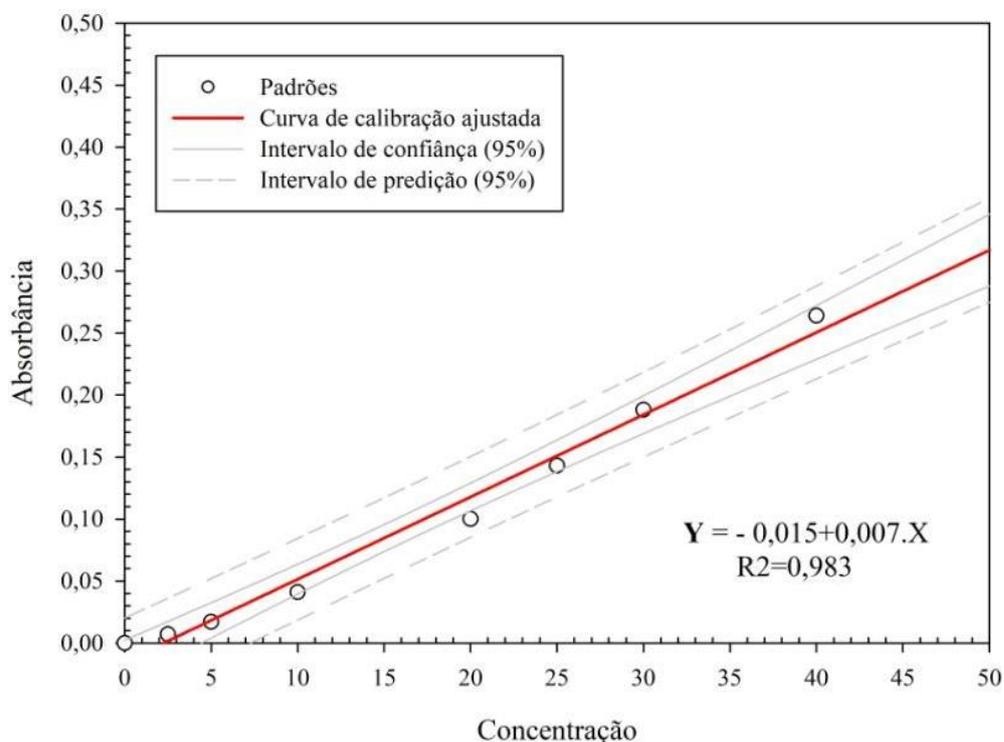


Figura 9. Curva de calibração utilizada para determinação da concentração de sulfato

Posteriormente, pipetou-se 10 mL das amostras, adicionou-se aos béqueres contendo cloreto de bário e a solução tampão, agitou-se por um minuto e descansou por cinco minutos. Mediu-se a absorbância a 420 nm e determinou-se a concentração de sulfato a partir da curva de calibração construída.

Para determinação de carbonato e bicarbonato, pipetou-se uma alíquota de 10 mL da amostra. Adicionou-se 1 gota de fenolftaleína. Com uma bureta de 25 mL, titulou-se a amostra com HCl até o aparecimento de uma cor levemente rosada (pH=8,3). Após a viragem da fenolftaleína, adicionou-se de 3 gotas de verde de bromocresol, e continuou-se a titulação até a cor da solução começar a mudar de azul para verde (pH=4,5). Aqueceu-se a solução até a cor do indicador voltar para azul (o pH aumenta um pouco). Esfriou-se a solução a temperatura ambiente, e prosseguiu-se a titulação até o indicador virar para verde outra vez.

As determinações de cálcio, magnésio e ferro foram feitas por absorção atômica, em um aparelho da marca Perkin Elmer Analyst 400, no laboratório de química do solo do Instituto Federal do Sertão Pernambucano, campus Zona Rural. Pipetou-se 0,5 mL da amostra para tubos de ensaio. Em seguida, adicionou-se 10 mL de óxido de lantânio 0,1%.

Para cálcio, utilizou-se curva de calibração com os pontos 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; e 12,0 ppm. Para magnésio, utilizou-se curva de calibração com os pontos 0,15; 0,20; 0,50; 0,90; e 1,50ppm. Para determinação de ferro, utilizaram-se os pontos 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; e 3,0 ppm.

Caracterização física dos agregados miúdos

As análises físicas dos agregados miúdos foram realizadas de acordo com as metodologias específicas para cada análise conforme Tabela 2.

Tabela 2. Análise e métodos para caracterização dos agregados miúdos

Análise	Método
Amostragem de agregados e redução para ensaios de laboratório	NBR NM 26: 2001 NBR NM 27: 2009
Composição granulométrica dos agregados	NBR NM 248: 2003
Determinação do teor de material pulverulento	NBR NM 46: 2003
Determinação da massa unitária e volume de vazios	NBR NM 45: 2006
Massa específica, massa específica aparente e absorção do agregado miúdo	NBR NM 52: 2009 NBR NM 30: 2001
Impurezas orgânicas em agregados miúdos	NBR NM 49: 2001
Determinação do teor de umidade total, por secagem em estufa	Manual de métodos de análise de solo(Embrapa, 1997)

Após a análise granulométrica dos agregados miúdos foi calculado o módulo de finura (MF) somando-se com aproximação de 0,01, as porcentagens retidas acumuladas nas peneiras da série normal (75,0 - 37,5 - 19,0 - 9,5 - 4,75 - 2,36 - 1,18 - 0,60 - 0,30 - 0,15 mm) dividida por 100. O valor é tanto maior quanto maior o tamanho do agregado.

Ensaio de eflorescência dos blocos

O ensaio visual de eflorescência dos blocos cerâmicos foi realizado de acordo com a metodologia proposta pela norma ASTM C 67 (1992).

Cada bloco foi colocado em uma bandeja plástica, a qual foi adicionada água destilada até uma altura de 2,54 cm (uma polegada). Os blocos ficaram imersos em água destilada por sete dias, e durante esse período foi feita reposição diária da água que era absorvida pelos blocos. Depois desse tempo, os blocos foram colocados em estufa a 100 °C por 24h. Após a secagem, o bloco que foi ensaiado e o bloco que ficou em repouso (testemunha) foram emparelhados para comparação a olho nu e por meio de registros fotográficos.

Determinação da percentagem de saturação (PS)

Os blocos cerâmicos triturados e os agregados miúdos foram colocados em cilindros de metal de 5 cm de altura e 5 cm de diâmetro, com um tecido fino preso na parte inferior por um elástico. Depois, os cilindros foram colocados em bandejas, adicionou-se água destilada a um nível próximo das bordas dos cilindros, e estes ficaram imersos em água destilada durante 12 horas (uma noite). No dia seguinte, pesaram-se os cilindros, obtendo-se a massa saturada. Depois, os cilindros foram colocados em estufa a 105 °C por 24h. Após esse tempo, pesaram-se novamente os cilindros, obtendo-se a massa seca do material. O PS foi calculado pela equação 1:

$$PS = \frac{a-b}{c} \quad (\text{Eq.1})$$

Em que:

a = massa saturada(g);

b = massa seca(g);

c = volume do cilindro (cm³).

Determinação da percentagem de sais totais contidos nos blocos cerâmicos e agregados miúdos

1223

Para converter os valores de condutividade elétrica (C.E.) da suspensão de 1:2,5 em valores de C.E. da pasta de saturação, utilizou-se os valores de C.E. da pasta de saturação e das suspensões de 1:2 e 1:5 determinadas por Souza et al. (2013), adaptando-as para a suspensão de 1:2,5 por meio de regra de três simples, uma vez que estas apresentam comportamento linear no intervalo estudado. Depois, por meio de regressão linear simples, correlacionaram-se os valores de C.E. da pasta de saturação encontrados por Souza et al. (2013) com a C.E. da suspensão de 1:2,5 calculada, utilizando-se a equação da regressão para converter os valores de C.E. da suspensão de 1:2,5 para C.E. da pasta de saturação.

Para calcular a porcentagem de sais totais dos agregados miúdos e blocos cerâmicos, utilizou-se a equação 2, proposta por Menezes et al. (2006):

$$\%Sais = \frac{y \times PS}{10^3} \quad (\text{Eq.2})$$

Em que:

% sais = quantidade de sais presentes nos materiais de construção;

y = equação da regressão linear entre a condutividade elétrica (C.E.) e o teor de sais no extrato de saturação;

PS = porcentagem de saturação(%).

Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado(DIC). A avaliação dos blocos cerâmicos foi com quatro tratamentos (marcas) e seis repetições; e a avaliação dos agregados miúdos com nove tratamentos (oito tipos de areias naturais mais uma artificial - pó de pedra - Gnaisse) com seis repetições.

Após as análises físicas, físico-químicas e químicas, os dados foram tabulados e realizou-se o teste de normalidade, teste de homogeneidade da variância, análise de variância e teste de média “Tukey” a 5% de probabilidade para comparação das médias utilizando o software SigmaPlot 11. Todas as análises químicas foram realizadas em duplicata e/ou triplicata.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas granulométricas para os referidos agregados miúdos estão representadas na Figura 10 e o módulo de finura que correspondente à soma, com aproximação de 0,01, das porcentagens retidas acumuladas nas peneiras da série normal (75,00 – 37,50 – 19,00 – 9,50 – 4,75 – 2,36 – 1,18 – 0,60 – 0,30 – 0,15 mm) dividida por 100, está apresentado na Tabela 3. Observa-se que o valor é tanto maior quanto maior o tamanho do agregado.

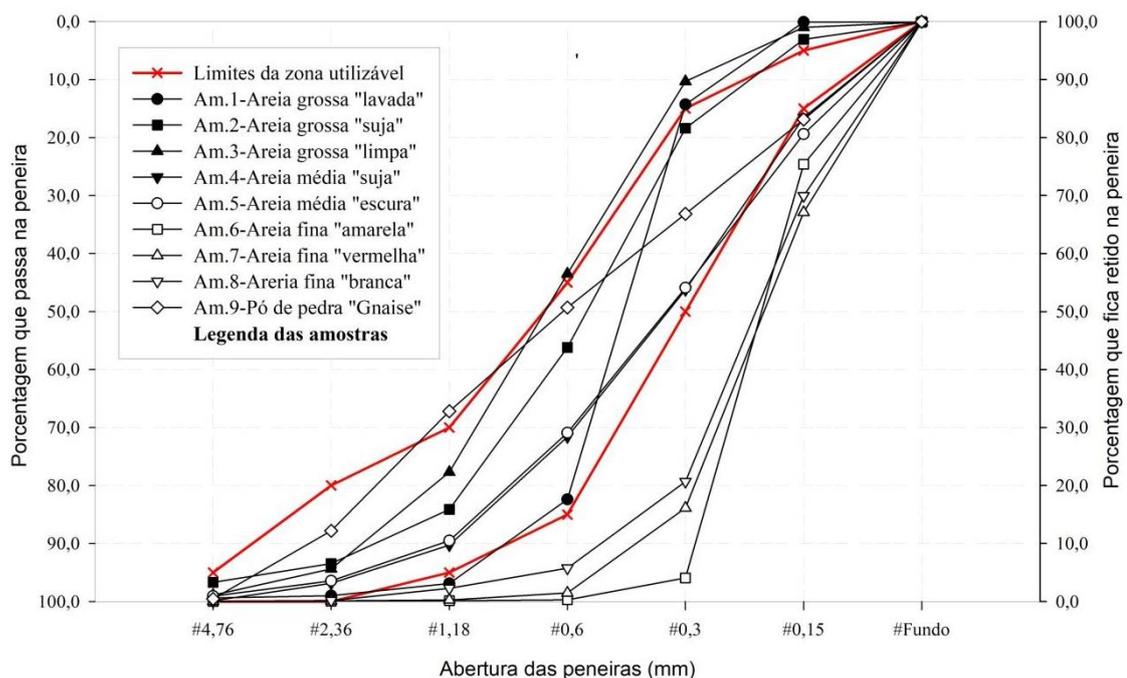


Figura 10. Curva granulométrica dos agregados miúdos

Tabela 3. Análises físicas dos agregados miúdos

Amostra	D.A	D.P	M.P	M.F
	-----(g cm^{-3})-----		(g kg^{-1})	
Am.1	1,73	2,72	1,36	2,07
Am.2	1,51	2,65	82,08	2,48
Am.3	1,60	2,65	13,64	2,74
Am.4	1,42	2,55	274,56	1,78
Am.5	1,58	2,73	245,44	1,78
Am.6	1,58	2,54	45,48	0,79
Am.7	1,59	2,70	157,40	0,85
Am.8	1,65	2,72	129,04	0,98
Am.9	1,76	-	108,08	2,46

Sendo: D.A=Densidade aparente; D.P=Densidade de partículas; M.P=Material pulverulento; M.F=Módulo de finura.

A amostra nove (pó de pedra - areia artificial de gnaiss) apresenta uma distribuição granulométrica regular em todas as peneiras, demonstrando assim ser um material excelente para ser utilizado como envelope de drenos agrícolas. Ademais, observa-se que as areias correspondentes às amostras seis, sete e oito, ou seja, as areias denominadas na região de fina não se enquadram dentro da zona utilizável. Ficando assim demonstrado que não é um material apropriado para utilização na construção civil sem um prévio ajuste na granulometria

De acordo com os dados da Tabela 3, verifica-se que a densidade aparente e densidade de partículas de todas as amostras dos agregados miúdos apresentaram valores considerados normais quando comparados com valores encontrados na literatura. Comportamento similar foi observado para o módulo de finura para todas as amostras. Já para o material pulverulento, houve divergência, as amostras quatro e cinco apresentaram valores altos (274,56 e 245,44 g kg^{-1} , respectivamente) e a amostra um baixo (1,36 g kg^{-1}). Este fato pode ser explicado quando se observa a Figura 11, que apresenta o resultado colorimétrico da fração orgânica presente nas amostras, ou seja, a maior parte do material pulverulento presente nas amostras quatro e cinco é originária de material orgânico. Ademais, a amostra 1 (areia grossa lavada dragada do Rio São Francisco) apresentou coloração similar à amostra 9 (areia artificial - pó de pedra) fato este que não ocorreu no resultado do material pulverulento Tabela 3.

Na Figura 12 estão representadas as concentrações de tanino e ferro. Verifica-se que as amostras dois (Areia grossa “suja” - leito de riacho) e quatro (Areia média “suja”) foram as que apresentaram as maiores concentrações de tanino 3,3 e 2,1 mg L^{-1} , respectivamente.

Resultado este que corrobora com o fato destas areias serem denominadas regionalmente de “areia suja”. Ademais, este resultado confirma que a coloração mais escura deste material é realmente de origem orgânica e não só decorrente da concentração de ferro, pois os maiores valores da concentração de ferro foram encontrados nas amostras nove (Pó de pedra “Gnaise”) e três (Areia grossa “limpa” - Juremal), sendo 0,25 e 0,20 mg L⁻¹, respectivamente. As quais apresentaram concentrações relativamente baixas de tanino 0,85 e 0,47 mg L⁻¹, respectivamente, valores estes estatisticamente iguais conforme pode ser verificado na Tabela 5.

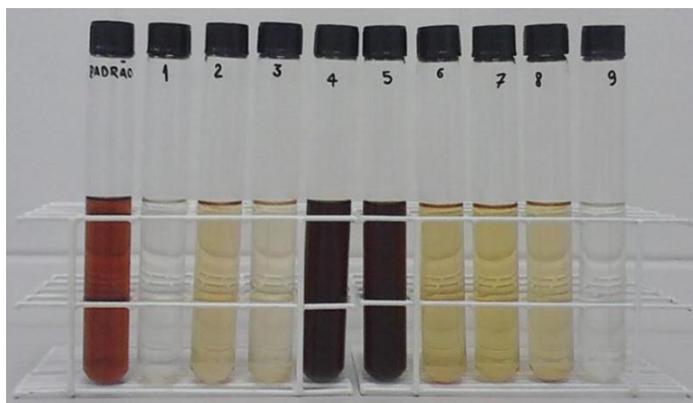


Figura 11. Material orgânico presente nas amostras de agregados miúdos

A cor padrão, na Figura 11, foi obtida por meio do ácido tânico na concentração 1g 100 mL⁻¹.

Na Figura 13 e Tabela 4, encontram-se os valores de pH, condutividade elétrica (C.E.), e os teores de cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto, sulfato, bicarbonato, carbonato, tanino e ferro dos agregados miúdos e blocos cerâmicos analisados, respectivamente.

Verifica-se que os valores de pH em água dos materiais estão em um intervalo de 6,95 a 7,93, não interferindo assim na acidificação do meio. Segundo Belie, Costa e Van Nieuwemberg (1997), o concreto é naturalmente alcalino (pH=12,6). Reduções do pH a valores abaixo de 5,5 são prejudiciais ao concreto, causando processo de corrosão do aço.

Quando se observa os valores de C.E. na amostra nove (Pó de pedra “Gnaise”) e amostra dois (Areia grossa “suja” -leito de riacho), estas apresentaram valores altos 256,6 e 191,9 $\mu\text{S cm}^{-1}$, respectivamente, para esta variável quando comparada com a C.E. da água do Rio São Francisco 0,07 dSm⁻¹ (HOLANDA et al., 2016). Comportamento semelhante foi verificado para o íon cloreto na amostra oito (Areia fina “branca”). Já a nove (Pó de pedra

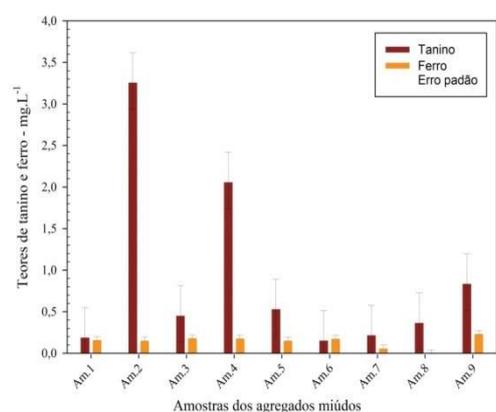


Figura 12. Concentração de taninos e ferro nas amostras dos agregados miúdos

“Gnaise”) para o íon cloreto $83,3 \text{ mg L}^{-1}$. Este fato indica que estas areias quando utilizadas na construção civil, sem os devidos cuidados, podem contribuir significativamente para o surgimento da eflorescência nas estruturas.

Observa-se também que todas as amostras analisadas não apresentaram teores de bicarbonato detectável. Este resultado também foi encontrado por Menezes et al. (2006) que avaliando extratos de saturação, verificou que não houve teores de carbonato em virtude do valor de pH (abaixo de 8,0).

Os valores dos cátions variaram de 0,17 a $43,33 \text{ mg L}^{-1}$. Esses valores foram bem inferiores aos encontrados por Menezes et al. (2006).

Observa-se que dentre os agregados miúdos, a amostra nove (Pó de pedra “Gnaise”) apresentou o maior teor de sulfato ($83,26 \text{ mg L}^{-1}$), seguida da amostra dois (areia grossa suja de leito de riacho), que é utilizada para fins de concreto ($30,79 \text{ mg L}^{-1}$). Dos blocos cerâmicos, o bloco da marca 3 (amostra 12) teve o maior teor de sulfato ($80,23 \text{ mg L}^{-1}$). De acordo com Silveira (1996), os íons sulfato presentes na edificação quando entram em contato com o cimento, reagem com os compostos hidratados do mesmo, levando a uma redução da coesão e perda gradual da resistência e rigidez da massa. Entretanto, os valores de sulfato encontrados neste trabalho foram inferiores aos valores máximos permitidos na água de amassamento que é 600 mg L^{-1} (PETRUCCI, 1998).

Os íons cloreto causam corrosão do aço do concreto (ANDRADE, 2001). O máximo teor de cloretos em relação à água de amassamento é 500 mg L^{-1} (NBR-6118) e o teor máximo no concreto armado é 0,15% da massa do cimento (Neville, 1997 citado por Dal Ri, 2002). Os teores de cloretos, deste estudo, variaram de 4,84 a $25,22 \text{ mg L}^{-1}$, sendo inferiores aos limites estabelecidos na literatura e ou norma.

Os carbonatos variaram de 2,89 a $45,52 \text{ mg L}^{-1}$. Teores acima de 1000 mg L^{-1} causam retardamento da pega do cimento. Os teores de ferro também ficaram abaixo dos limites máximos (PETRUCCI, 1998).

Tabela4: Análises físico-químicas e químicas dos agregados miúdos e blocos cerâmicos

Trat.	pH	CE	Cálcio	Magnési o	Sódio	Potássio	Cloreto*	Sulfato	B	Carbonat o	Tanino	Ferro
		$\mu\text{S cm}^{-1}$	mg.L^{-1}									
Agregados miúdos												
1	6,950c	14,480e	9,350c	0,363bc	1,000c	0,000e	4,842d	4,177c	0	4,493b	0,209c	0,177a
2	7,760ab	191,967b	11,603b	0,623b	43,333a	1,000d	16,481b	30,793b	0	35,442a	3,278a	0,170a
3	7,020c	23,930e	9,450c	0,477bc	2,000c	1,000d	5,426cd	5,389c	0	5,092b	0,473bc	0,200a
4	7,087c	62,843d	8,313c	0,253bc	5,667b	8,000b	8,536c	5,490c	0	4,592b	2,079ab	0,197a
5	7,010c	26,527e	9,200c	0,250bc	4,333bc	2,000d	5,518cd	10,086c	0	5,092b	0,552bc	0,170a
6	7,423c	13,635e	8,717c	0,220bc	2,333c	0,667de	6,840cd	4,884c	0	4,592b	0,173c	0,193a
7	6,987c	48,337d	7,640c	0,173c	3,000c	1,333d	8,155cd	3,773c	0	2,995b	0,238c	0,0767b
8	6,983c	91,633c	7,863c	0,547bc	7,333b	3,333c	22,547a	4,126c	0	2,895b	0,387bc	0,0167b
9	7,937a	256,633a	17,687a	1,600a	7,667b	13,667a	5,641c	83,258a	0	23,961a	0,858bc	0,250a
Erro padrão	0,0710	-	0,399	0,0882	0,846	0,226	0,673	3,868	-	2,458	0,341	0,0232
Blocos cerâmicos												
10	7,887b	201,467b	13,367ab	1,047a	24,667b	6,333c	8,548a	29,914c	0	43,429a	0,494a	0,310a
11	7,810b	215,133b	15,567a	1,110a	5,333d	8,333b	6,250b	44,621b	0	26,956ab	0,851a	0,147a
12	7,487b	260,633a	10,683b	1,297a	42,333a	14,333a	9,126a	80,227a	0	19,967b	0,602a	0,160a
13	8,140a	227,367ab	16,033a	0,717a	18,000c	13,333a	9,556a	33,015bc	0	45,526a	1,158a	0,143a
Erro padrão	0,0691	8,018	0,604	0,312	1,139	0,289	0,363	-1228	-	-	-	0,0532

Trat. = Tratamentos; B= Bicarbonato

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

*inclui o teor de iodeto e brometos solúveis em água, eventualmente presentes nos agregados.

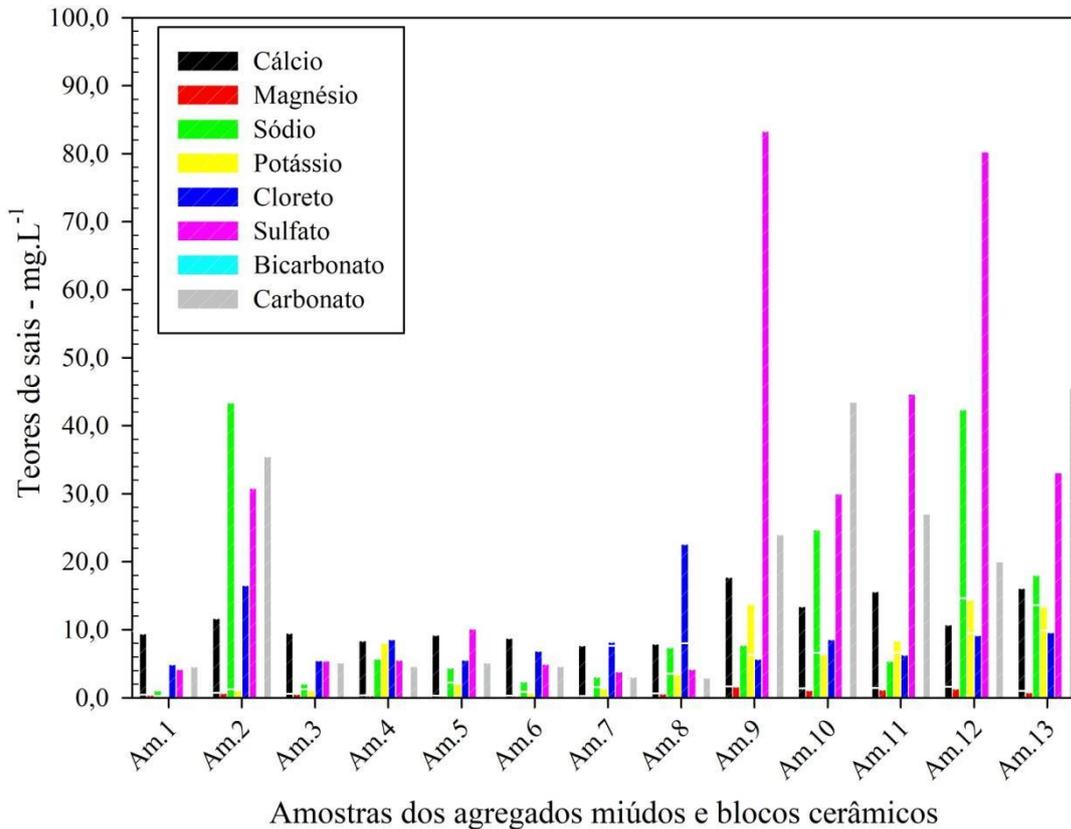


Figura 13. Teores de sais solúveis (mg L⁻¹) nas amostras analisadas.

Na Tabela 5 estão apresentadas as porcentagens totais de sais. Observa-se que o bloco cerâmico da marca 1 (amostra 10), teve a maior porcentagem de sais totais 0,0023% respectivamente.

As Figuras 14, 15, 16 e 17 apresentam o resultado do ensaio de efluorescência. Verifica-se que após o ensaio, os blocos que apresentaram formação de manchas na superfície foram o bloco da marca 1 (amostra 10) e o bloco da marca 4 (amostra 13). Os blocos cerâmicos apresentam alto grau de porosidade, o que facilita a percolação da água, levando a formação de efluorescência. Além disso, de acordo com Bezerra et al. (2012), em adição a quantidade de sais nos blocos, há também sais solúveis no solo e na água subterrânea promovendo o fenômeno que se agrava a cada ciclo de molhagem e secagem.

Nas Figuras 18 e 19 estão os resultados das regressões lineares entre a pasta saturada e a suspensão na proporção 1:2,5 e C.E. e os teores totais de sais solúveis presentes nas amostras analisadas. Percebe-se que houve uma correlação significativa entre os parâmetros avaliados com o coeficiente de determinação ajustado igual a 0,94 e 0,98, respectivamente.

Tabela 5. Porcentagem total de sais

Amostras dos agregados miúdos	Porcentagem de sais	Amostras dos blocos cerâmicos	Porcentagem de sais
Am.1	0,0023	Am.10	0,0102
Am.2	0,0015	Am.11	0,0059
Am.3	0,0020	Am.12	0,0085
Am.4	0,00077	Am.13	0,0070
Am.5	0,0050	-	-
Am.6	0,00050	-	-
Am.7	0,0010	-	-
Am.8	0,0010	-	-
Am.9	0,0057	-	-



Figura 14. Eflorescência na amostra 10

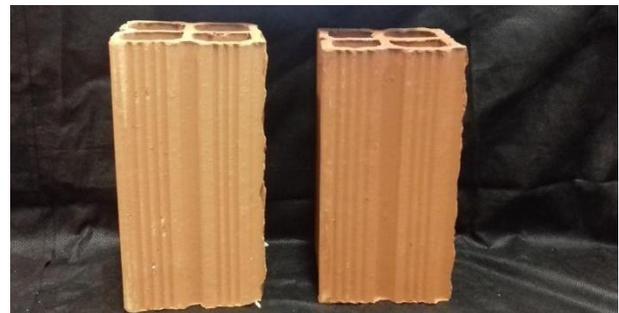


Figura 15. Eflorescência na amostra 11



Figura 16. Eflorescência na amostra 12



Figura 17. Eflorescência na amostra 13

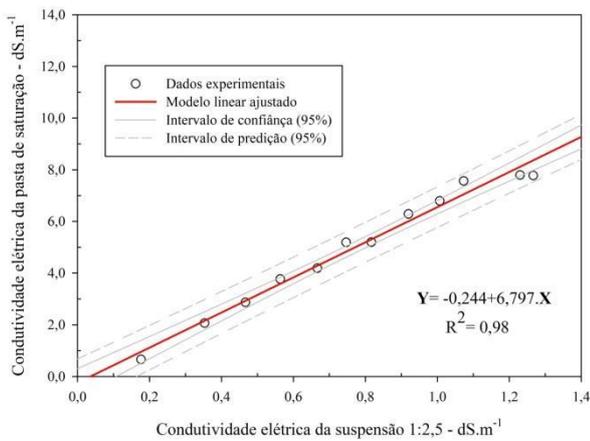


Figura 18. Correlação entre condutividade elétrica (C.E.) na pasta de saturação e da suspensão 1:2,5

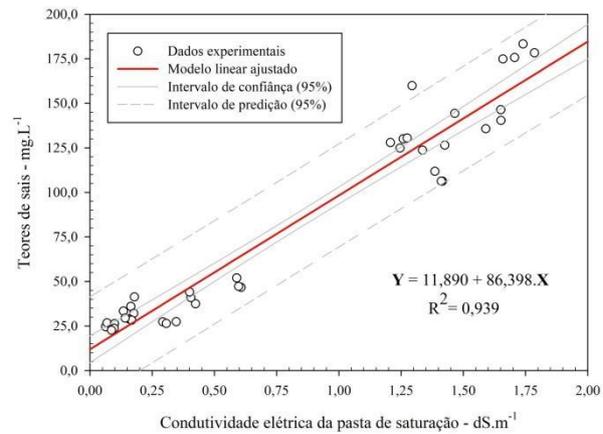


Figura 19: Correlação entre teores de sais solúveis e condutividade elétrica (C.E.) na pasta de saturação

Verificou-se que a maioria dos materiais analisados apresentou baixas porcentagens de sais solúveis. Portanto, inferiu-se que a maior parte dos problemas com eflorescência, comuns na região, não ocorrem somente devido aos materiais utilizados nas construções, mas em parte porque as edificações são construídas sob solo naturalmente salino sem uma técnica construtiva adequada. Assim, para evitar este inconveniente com a formação de eflorescência, devem-se fazer uma drenagem e utilizar impermeabilizantes nas fundações rasas das edificações a fim de evitar que a água solubiliza os sais presentes no solo e suba nas alvenarias pelo efeito da capilaridade. Estes resultados corroboram com os encontrados por Ferreira et al. (2019) estudando o efeito do uso de areia de praia nas propriedades de argamassas mistas: análise da variação granulométrica afirmam que as areias de praia (APs) e as areias naturais (ANs) de rio apresentam comportamentos físicos semelhantes, embora as APs possuam distribuição granulométrica mais uniforme e maior quantidade de finos. Do ponto de vista físico, essas características não justificam a restrição do uso de areias de praia em concretos e argamassas, desde que não haja armaduras nesses compósitos. Se utilizado algum tratamento que remova os sais, a utilização de AP surge como uma alternativa viável e com grande potencial para ser utilizada como material de construção, uma vez que a extração de AN de rio ocasiona sérios problemas ambientais.

CONCLUSÕES

A Areia grossa “suja” coletada no leito de riacho da RIDE Petrolina Juazeiro apresenta elevados valores de condutividade elétrica, de concentração de sódio e de cloretos, fato que pode contribuir significativamente para a formação das eflorescências nas estruturas das edificações da

região e que a areia grossa lavada, dragada do leito do rio São Francisco, não apresenta este inconveniente. As areias denominadas na região de finas, não se enquadram dentro da faixa utilizável na construção civil no quesito de granulometria.

As quatro marcas de blocos cerâmicos analisadas apresentaram altos valores de condutividade elétrica, ambas acima de $200 \mu\text{S cm}^{-1}$ e elevadas concentrações de sulfato, carbonatos e sódio. A concentração do íon sulfato nos blocos cerâmicos da marca 3 (amostra 12 - $80,227 \text{ mg L}^{-1}$) foi similar aos encontrados nas amostras do pó de pedra (amostra 9 - $83,258 \text{ mgL}^{-1}$), que também apresentou uma alta condutividade elétrica, $256,633 \mu\text{S cm}^{-1}$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABU-BAKAR, B. H., M. H. WAN-IBRAHIM, MEGAT JOHARI, M. A. A Review: Durability of fired clay brick masonry wall due to salt attack. **International Journal of Integrated Engineering**, v.1, n.2, p. 111-127, 2011.

ADAMS, F.; BURMESTER, C.; HUE, N. V.; LONG, F. L. A comparison of column-displacement and centrifuge methods for obtaining soil solutions. **Soil Science Society of American Journal**, v.44, p.733-735, 1980.

ANDRADE, J. J. O. Contribuição à previsão da vida útil das estruturas de concreto armado atacadas pela corrosão de armaduras e iniciação por cloretos. 255 p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR9917: 1987 Agregados para concreto – Determinação de Sais cloretos e sulfatos solúveis

_____NBR NM 26: 2001 Agregados - Amostragem

_____NBR NM 27: 2009 Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório

_____NBR NM 30: 2001 Agregado miúdo - Determinação da absorção de água

_____NBR NM 45: 2006 Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios

_____NBR NM 46: 2003 Agregados – determinação do material fino que passa através da peneira $75 \mu\text{m}$, por lavagem

_____NBR NM 49: 2001 Agregado miúdo - Determinação de impurezas orgânicas

_____NBR NM 52: 2009 Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente

____NBR NM 248: 2003 Agregados – Determinação da composição granulométrica

____NBR 6118: 2003 Projeto de estruturas de concreto –Procedimento.

ASTM C 67-92a, “Standard test methods of sampling and testing brick and structural clay tile” (1992).

BELIE, N.; COSTER V.; VAN NIEUWENBURG, D. Use of fly ash or silica fume to increase the resistance of concrete to feed acids. **Magazine of Concrete Research**, v.49, n.181, p. 337-344,1997.

BEZERRA, A. P. L; BARBOZA, J. S.; PAIVA, T. F. F.; FERREIRA, T. S. S. S.; RIBEIR, I. J. C.Ensaio de efluorescência baseado na norma da ASTM C 67-92a. In VII CONNEPI - Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação Palmas - TO, 2012. 5 p.

BINDA, L.; MOLINA, C. Building material durability: Semi markov approach. **Journal of Material in Civil Engineering**, v.2, n.4, p.223-239. 1990.

CAVALCANTI, V. M. M.; FREIRE, E G. S. S. A possibilidade de utilização de areias marinhas como agregado na construção civil na região metropolitana de Fortaleza, estado do Ceará. **Gravel**, n.5, p.11-24. 2007.

CHOWDHURY, N.; MARSCHNER, P.; BURNS, R. G. Response of microbial activity and community structure to decreasing soil osmotic and matric potential. **Plant and Soil**, v.344, p.241-254, 2011b.

CHOWDHURY, N.; MARSCHNER, P.; BURNS, R. G. Soil microbial activity and community composition:Impact of changes in matric and osmotic potential. **SoilBiology&Biochemistry**,v.43, p.1229-1236, 2011a.

COSTA, R. A. D. Degradação provocada por sais nas edificações de angicos - RN. 47 p. Monografia (Graduação de Ciência e Tecnologia), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angico, 2011.

COUTO, D. B.; MELO JÚNIOR, D. S.;DUARTE T. A. S. Estudo da troca de agregados convencionais por vidro moído em blocos de concreto não estrutural. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v.7, n. 9, 2021.

DAL RI, M. Efeitos da adição de cal hidratada em concretos com altos teores de adição mineral na penetração de cloretos e na solução aquosa dos poros do concreto. 111 p. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Maria, 2002.

ELKHATIB, E. A.; BENNETT, O. L.; BALIGAR, V. C.; WRIGHT, R. J. A centrifuge method for obtaining soil solution using an immiscible liquid. **Soil Science Society of American Journal**, v.50, p.297-299, 1986.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro,RJ: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.212 p.

FASSINA, V., FAVARO, M.; NACCARI, A.; PIGO, M. Evaluation of compatibility and durability of a hydraulic lime based plaster applied on brick wall masonry of historical buildings affected by rising damp phenomena. **Journal of Cultural Heritage**, v.3, p.45-51. 2002.

FERREIRA, C. C.; BERGMANN, C. P. Formação da eflorescência em cerâmica vermelha: fatores de influência no transporte dos íons SO_4^{2-} e Ca^{2+} . **Cerâmica**, v. 57, p. 356-363, 2011.

FERREIRA, R. L. S.; BARROS, I. M. S.; COSTA, T. C. S.; MEDEIROS, M.; SÁ, M. V. V. A.; CARNEIRO, A. M. P. Efeitos do uso de areia de praia nas propriedades de argamassas mistas: análise da variação granulométrica. **Revista Matéria**, v. 24, n. 2, 2019.

GRANATO, J. E. **Patologia das fachadas revestidas de cerâmica e granito**. (Notas de aula do curso de patologia das construções). Viapol, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

IZÁ, C. L.; TOMAZ, R. C. C. G.; SILVA, J. D. S. Diagnósticos e soluções patológicas em concreto armado. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v.8, n.11, p. 426-448, 2022.

LAO, M. T.; JIMÉNEZ, S.; EYMAR, E.; FERNÁNDEZ, E. J. Nutrient levels of the solution obtained by means of suction cups in intensive tomato cultivation. **Phyton**, v.4, p.29-37, 2004.

LIMA, C. J. G. S. Calibração e manejo de extratores de cápsulas porosas e transdutores de pressão para monitoramento de íons na fertirrigação. 109 p. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009.

LOPES, D. P.; SANTOS, G. S.; MARCOMINI, L. H. B.; MELO, R. A.; PEDROSO, V. A. Reciclagem de resíduos da construção civil no Brasil. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v.9, n.01, p. 926-940, 2023a.

LOPES, D. P.; SANTOS, G. S.; MARCOMINI, L. H. B.; MELO, R. A.; PEDROSO, V. A. Variação da resistência do concreto de acordo com o tipo de rocha utilizada como agregado graúdo. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v.9, n.01, p. 1013-1023, 2023b.

MECHA, C. O. Patologia de lapiedra y del ladrillo. In: COMISSIÓN DE ASSUNTOS TECNOLÓGICOS. Curso de conservación y restauración de edificios. Madrid: Serviço de publicaciones del colégio oficial de arquitectos de Madrid, 1993. 186-209 p.

MENEZES, R. R.; FERREIRA, H. S.; NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C. Sais solúveis e eflorescência em blocos cerâmicos e outros materiais de construção – revisão. **Cerâmica**, v.52 n.321, 2006.

MIRANDA, J.; COSTA, L. M.; RUIZ, H. A.; EINLOFT, R. Composição química da solução de solo sob diferentes coberturas vegetais e análise de carbono orgânico solúvel no deflúvio de pequenos cursos de água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.633-647, 2006.

MONTEIRO, C. M. O. L. Influência da gipsita no surgimento de eflorescência em telhas cerâmicas. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia dos Materiais) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de cimento Portland**. 13. ed. São Paulo: Globo, 1998. 307 p.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: United States Salinity Laboratory, USDA, Agriculture Handbook 60. 1954. 160 p.

SILVA, I. T. D. S. Identificação dos fatores que provocam eflorescência nas construções em angicos - RN. 50 p. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angico-RN, 2011.

SILVEIRA, A. A. A utilização da cinza de casca de arroz com vistas a durabilidade de concretos: estudo do ataque por sulfatos. 139 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996.

SOUZA, E. R; MELO, H. F.; ALMEIDA, B. G.; MELO, D. V. M. Comparação de métodos de extração da solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.5, p. 510-517, 2013.

SUASSUNA, J. **O processo de salinização das águas superficiais e subterrâneas no Nordeste Brasileiro**. Recife-PE: Fundação Joaquim Nabuco 1996.

SWAMY, R. N.; LAIW, J. C. **Effectiveness of supplementary cementing materials In controlling chloride penetration into concrete**. In: Malhotra, V. M. (ed) Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete. ACI International Conference, 5th, Milwaukee. Detroit: American Concrete Institute, 1995. 657-674 p.

1235

YOUNG, D. Rising damp and salt attack. **Heritage Conservation**, v.3, n.8, p.21. 1995.

ZSEMBERY, S. **Manual 2: The properties of clay masonry units, clay brick and paver institute (CBPI)**. Australia: ThinkBrick, 2001. 26 p.