

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
DEC / CCT / PRAI
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE GEOTECNIA

Mestrando: Walker Luiz Oliveira do Vale

Orientadores: Prof. Dr. Heber Carlos Ferreira e Prof. Dr. Hans Raj Gheyi

Dissertação de Mestrado

0006 - 90 - 21 2681

Título

**Os Sais Solúveis nos Materiais de Construção da Cidade de
Campina Grande, Paraíba**

Campina Grande - Paraíba

Dezembro/1999

Walker Luiz Oliveira do Vale

Aluno de Mestrado em Engenharia Civil

CCT/PRAI/UFPB

OS SAIS SOLÚVEIS NOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DA CIDADE DE CAMPINA GRANDE, PARAÍBA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Civil
da Universidade Federal da Paraíba em cumprimento às exigências
para obtenção do grau de Mestre (M.Sc.).

Área de concentração: Geotecnia

Orientadores: Prof. Dr. Heber Carlos Ferreira

Professor do DEMA/CCT/UFPB

Prof. Dr. Hans Raj Gheyi

Professor do DEAg/UFPB

Campina Grande - PB

Dezembro/1999



V149s Vale, Walker Luiz Oliveira do.
Os sais solúveis nos materiais de construção da cidade de Campina Grande, Paraíba / Walker Luiz Oliveira do Vale. - Campina Grande, 1999.
121 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 1999.
"Orientação : Prof. Dr. Heber Carlos Ferreira, Prof. Dr. Hans Raj Gheyi".
Referências.

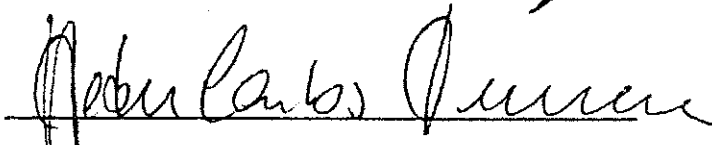
1. Sais Solúveis - Materiais de Construção - Campina Grande (PB). 2. Construção Civil. 3. Dissertação - Engenharia Civil. I. Ferreira, Heber Carlos. II. Gheyi, Hans Raj. III. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). IV. Título

CDU 631.423.5:691(813.3)(043)

**OS SAIS SOLÚVEIS NOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DA CIDADE
DE CAMPINA GRANDE, PARAÍBA**

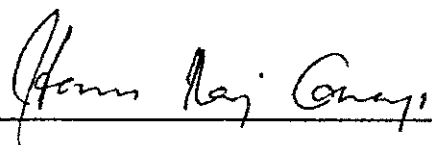
Walker Luiz Oliveira do Vale

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 13/12/1999.



Prof. Dr. Heber Carlos Ferreira

(Orientador)

x 

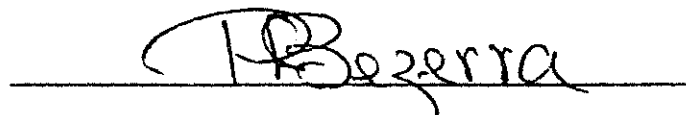
Prof. Dr. Hans Raj Gheyi

(Orientador)



Prof. Dr. Wilson Conciani

(Examinador externo - Professor Visitante)



Prof. Dr. Raimundo Leidimar Bezerra

(Examinador Interno)

Campina Grande - PB

Dezembro/1999

DEDICATÓRIA

À minha esposa Ênnery Tereza de Almeida.

Aos meus pais Luiz Oliveira do Vale e Alfredina Rosa Oliveira do Vale.

À minha sogra Nóra Oliveira de Almeida.

Ao meu cunhado Éwerton de Almeida.

AGRADECIMENTOS

À Deus, a Força Maior, e a espiritualidade, que sempre estiveram presentes nos momentos mais difíceis de minha vida.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e à ATECEL pela ajuda financeira.

Aos orientadores Prof. Dr. Heber Carlos Ferreira e Prof. Dr. Hans Raj Ghayi pela dedicação, disponibilidade, e paciência em transmitir seus conhecimentos.

À Professora Annemarie König, da Área de Engenharia Sanitária e Ambiental, pela orientação e fornecimento de equipamentos para realização de ensaios.

Ao Professor Manassés da Costa Agra Mello, do Laboratório de Fundição do Departamento de Engenharia Mecânica, pela autorização de uso do forno para queima de material da pesquisa.

À minha esposa, Ênnery Tereza de Almeida, pelo incentivo, paciência e presença, durante todos os momentos mais importantes de minha vida.

Aos meus pais, Luiz Oliveira do Vale e Alfredina Rosa Oliveira do Vale, a quem eu devo a minha estrutura educacional.

À minha sogra, Nóra Oliveira de Almeida, pelo incentivo e presença.

Ao meu cunhado, Éwerton de Almeida, pelo apoio e incentivo psicológico e material durante o decorrer do mestrado.

Ao Professor Elton Bauer, Professor Adjunto da Universidade de Brasília, pela contribuição na revisão bibliográfica, através de material de pesquisa.

Ao Engenheiro Eduardo Felipe Cavalcante Correia de Oliveira, pela doação de material para revisão bibliográfica.

Aos Professores Francisco Edmar Brasileiro e Raimundo Leidimar Bezerra, pela ajuda para o transporte de material.

Ao motorista, José Nogueira Sobrinho, pela ajuda no transporte das amostras.

À amiga, Sra. Mauriza Bezerra de Araújo, pelo incentivo na forma de conselhos, de orações e de palavras de ânimo.

A todos funcionários do Laboratório de Solos, do Laboratório de Salinidade, do Laboratório de Fundição e bibliotecas que ajudaram nesta pesquisa.

À todas as casas de materiais de construção que contribuíram com amostras.

Aos funcionários, Francisco de Assis Clementino de Oliveira e Francisco Alves da Silva, do Laboratório de Salinidade, pela ajuda nos ensaios.

Enfim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para realização deste trabalho.

RESUMO

O trabalho aqui apresentado faz parte de um conjunto de pesquisas referente a qualidade dos materiais utilizados pelos profissionais da construção civil de nossa região. Esse conjunto de pesquisas, que se detém no fenômeno eflorescente, tem como objeto de estudo os sais solúveis presentes nestes materiais. Esses sais produzem as chamadas eflorescências e subeflorescências, cujas ocorrências trazem consigo grandes prejuízos às estruturas das obras civis.

Os sais solúveis, que dão origem às eflorescências e subeflorescências, podem ser oriundos das matérias-primas, dos materiais de construção e seus componentes, da água existente no subsolo (lençol freático) e/ou do próprio solo no qual se localiza a obra. As eflorescências e subeflorescências resultam da cristalização dos sais solúveis, nas superfícies e/ou nos interstícios dos materiais e nas peças de construção, na forma de depósitos salinos, estes resultantes das migrações e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas. As eflorescências trazem em si um problema mais de ordem estética do que de ordem estrutural, ao contrário das subeflorescências, que devido às tensões internas produzidas por essas, ocasionam efeitos estruturais mais danosos.

No nosso estudo, detivemo-nos em amostras de brita, areia e massame, comercializados na cidade de Campina Grande, no estado da Paraíba, com o objetivo de estudar seus potenciais eflorescentes; tendo essas sido coletadas em dezesseis lojas comerciais de materiais de construção da referida cidade. As amostras perfizeram um total de quarenta e oito, subdividas em dezesseis amostras de brita, dezesseis amostras de areia e dezesseis amostras de massame, devidamente beneficiadas, armazenadas e catalogadas.

Foram utilizadas, no desenvolvimento dessa pesquisa, as Metodologias 2.34 a 2.40, da EMBRAPA (1979), com o objetivo de quantificação da composição iônica dos extratos de saturação das quarenta e oito amostras estudadas. Além das

metodologias, acima citadas, foram utilizadas as de determinação dos resíduos sólidos e da condutividade elétrica (EMBRAPA), e da determinação de sulfatos (APHA) das respectivas amostras.

A determinação da condutividade elétrica (CE) e dos resíduos sólidos teve como intuito a determinação de uma equação que correlacionasse condutividade elétrica e porcentagem de sais solúveis totais (%Sais Solúveis Totais). Através de estudos estatísticos, de regressão linear simples, baseado no trabalho realizado por Figueiredo e adaptação da equação desenvolvida por Richards, conseguiu-se tal correlação. No desenvolvimento do trabalho, foram utilizados dois materiais argilosos para a confecção dos “efflorwicks”, que testaram o grau de eflorescência em condições ambientes das amostras analisadas, baseado no estudo desenvolvido por Nascimento (1998) e recomendações de Amberg & Washburn (1946).

Baseado nas normas brasileira NB-1/78, da ABNT e espanhola EH - 80, indicada por Cánovas (1988), pode-se desenvolver a análise e discussão dos resultados.

Os resultados obtidos indicam ser possível a determinação da porcentagem total de sais solúveis através da condutividade elétrica e que as amostras estudadas de brita, areia e massame não apresentam teor prejudicial de salinidade. Do estudo realizado, pode-se ainda concluir que, as possíveis eflorescências e subeflorescências não são oriundas das amostras de brita, de areia ou de massame utilizadas nas obras civis, e que através de uma boa impermeabilização e de uma boa drenagem pode-se evitar o problema, visto que, o maior fator de influência é a presença de água.

ABSTRACT

The work here presented it is part of a group of researches regarding quality of the materials used by the professionals of the civil construction of our area. That group of researches, that he/she stops in the phenomenon efflorescences, he/she has as study object the present soluble salts in these materials. Those salts produce the calls efflorescences and subefflorescences, whose occurrences bring I get great damages to the structures of the civil works.

The soluble salts, that they create the efflorescences and subefflorescences, they can be originating from of the raw materials, of the construction materials and its components, of the existent water in the underground and/or of the own soil in which the work is located. The efflorescences and subefflorescences result of the crystallization of the soluble salts, in the surfaces and/or in the internal pores of the materials and in the construction pieces, in the form of saline deposits, these resultants of the migrations and posterior evaporation of saline solutions aqueous. The efflorescences brings in itself a more problem of aesthetic order than of structural order, unlike the subefflorescences, that due to the internal tensions produced by those, they cause more harmful structural effects.

In our study, we studied samples of coarse aggregate, it sands and sand-clay mixtures, marketed in the city of Campina Grande, in the state of Paraíba, with the objective of studying its potential efflorescences; the samples of material were collected at sixteen commercial stores of materials of construction of the referred city. The samples performed a total of forty eight, subdivide in sixteen samples of coarse aggregate, sixteen samples of sand and sixteen sand-clay mixtures, properly beneficiaries, stored and classified.

They were used, in the development of that research, the Methodologies 2.34 to 2.40, of EMBRAPA (1979), with the objective of quantification of the ionic composition of the extracts of saturation of the forty eight studied samples.

Besides the methodologies, above mentioned, the one of determination of the solid residues were used and of the electric conductivity (EMBRAPA), and of the sulphates determination (APHA) of the respective samples.

The determination of the electric conductivity (CE) and of the total solid residues serve to the elaboration of an equation that correlated electric conductivity and percentage of total soluble salts (% Total Soluble Salts). Through statistical studies, of simple lineal regression, based on the work accomplished by Figueiredo and adaptation of the equation developed by Richards, such correlation was gotten. In the development of the work, two loamy materials were used for the making of the "efflorwicks", that they tested the efflorescences degree in ambient conditions of the analyzed samples, based on the study developed by Nascimento (1998) and recommendations of Amberg & Washburn (1946).

Based on the Brazilian norms NB-1/78, of ABNT and Spanish HEY - 80, indicated by Cánovas (1988), it can be developed the analysis and discussion of the results.

The obtained results indicate to be possible the determination of the total percentage of soluble salts through the electric conductivity and that the studied samples of coarse aggregate, it sands and sand-clay mixtures do not present harmful text of salinity. Of the accomplished study, it cannot him still to end that, the possible efflorescences and subefflorescences are not originating from of the samples coarse aggregate, of sand or of sand-clay mixtures used in the civil works, and that through a good drainage and of a good drainage the problem can be avoided, because, the largest influence factor is the presence of water.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	1
------------------------------	---

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
-----------------------------	---

2.1 - Eflorescências	5
----------------------------	---

2.1.1 - Definição, mecanismo de formação, tipos e compostos constituintes	5
---	---

<u>Definição</u>	5
------------------------	---

<u>Mecanismo de formação</u>	6
------------------------------------	---

<u>Tipos</u>	7
--------------------	---

<u>Compostos constituintes</u>	8
--------------------------------------	---

2.1.2 - Produtos afetados	10
---------------------------------	----

2.1.3 - Causas e efeitos	10
--------------------------------	----

2.1.4 - Medidas de prevenção	15
------------------------------------	----

2.1.5 - Metodologias e especificações	20
---	----

<u>Metodologias</u>	20
---------------------------	----

<u>Especificações</u>	22
-----------------------------	----

2.1.6 - “Efflorwick test”	24
---------------------------------	----

2.1.7 - Trabalhos desenvolvidos na Universidade Federal da Paraíba, Campus	
--	--

II	25
----------	----

CAPÍTULO III

MATERIAIS E MÉTODOS	29
---------------------------	----

3.1 - Introdução	29
------------------------	----

Porcentagens de precisão dos ensaios de quantificação dos íons das amostras de brita segundo Richards (1954).....	46
Estatística descritiva da composição iônica das diferentes amostras de brita.....	47
Estatística descritiva dos valores obtidos da percentagem de sais solúveis totais das diferentes amostras de brita	48
4.2.2 - <u>Areia</u>	48
Valores obtidos do pH na pasta saturada e da CE do extrato de saturação das amostras de areia.....	48
Valores obtidos dos ensaios de quantificação dos íons das amostras de areia.....	49
Resultados da determinação dos resíduos sólidos nas amostras de areia.....	50
Determinação da equação específica das amostras de areia por regressão linear simples.....	51
Determinação da percentagem de sais solúveis totais (%Sais Solúveis Totais) a partir das Equações (1) e (5) para as amostras de areia.....	53
Estatística descritiva dos valores de pH das pastas saturadas, da CE dos extratos de saturação e das composições iônicas das diferentes amostras de areia.....	54
Estatística descritiva do pH e da CE das diferentes amostras de areia	54
Porcentagens de precisão dos ensaios de quantificação dos íons das amostras de areia segundo Richards (1954).....	55
Estatística descritiva da composição iônica das diferentes amostras de areia	56
Estatística descritiva dos valores obtidos da percentagem de sais solúveis totais das diferentes amostras de areia	57
4.2.3 - <u>Massame</u>	57
Valores obtidos do pH na pasta saturada e da CE no extrato de saturação das amostras de massame.....	57
Valores obtidos dos ensaios de quantificação dos íons das amostras de massame	58
Resultados da determinação dos resíduos sólidos secos como sais solúveis nos extratos de saturação das amostras de massame.....	59

Determinação da equação específica das amostras de massame por regressão linear simples.....	60
Determinação da percentagem de sais solúveis totais (%Sais Solúveis Totais) a partir das Equações (1) e (6) para as amostras de massame	61
Estatística descritiva dos valores de pH das pastas saturadas, da CE dos extratos de saturação e das composições iônicas das diferentes amostras de massame	63
Estatística descritiva do pH e da CE das diferentes amostras de massame.....	63
Porcentagens de precisão dos ensaios de quantificação dos íons das amostras de massame segundo Richards (1954)	64
Estatística descritiva da composição iônica das diferentes amostras de massame	65
Estatística descritiva dos valores obtidos da percentagem de sais solúveis totais das diferentes amostras de massame.....	66
4.3 - "Efflorwick Test"	66
 <u>CAPÍTULO V</u>	
CONCLUSÕES.....	69
 <u>CAPÍTULO VI</u>	
SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	71
<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	72
ANEXOS.....	81
<u>Amostras de Brita</u>	82
<u>Amostras de Areia</u>	88
<u>Amostras de Massame</u>	94
<u>DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA</u>	125

TABELAS

TABELA 2.01 - Compostos salinos, fórmulas químicas, graus de solubilidade e origens das eflorescências.....	9
TABELA 2.02 - Aspectos, características, locais de formação, causas prováveis e reparos de eflorescências	17
TABELA 2.03 - Tempos de cura em ambiente marinho, de acordo com o tipo de cimento portland.....	24
TABELA 3.01: Identificação dos pontos de coleta das amostras na cidade de Campina Grande	31
TABELA 4.01 - Valores de pH na pasta saturada e da CE no extrato de saturação obtidos a partir das amostras de brita.....	40
TABELA 4.02 - Valores obtidos dos ensaios de quantificação dos íons das amostras de brita.....	41
TABELA 4.03 - Resultados obtidos a partir da determinação do resíduo sólido nas amostras de brita.....	42
TABELA 4.04 - Equação específica das amostras de brita por regressão linear simples.....	43
TABELA 4.05 - Percentagens de sais solúveis totais das amostras de brita a partir das equações (1) e (4).....	44
TABELA 4.06 - Estatística descritiva do pH da pasta saturada e da CE do extrato de saturação para as diferentes amostras de brita	45
TABELA 4.07 - Porcentagens de precisão dos ensaios de quantificação dos íons segundo Richards (1954).....	46
TABELA 4.08 - Estatística descritiva da composição iônica das diferentes amostras de brita.....	47
TABELA 4.09 - Estatística descritiva dos valores obtidos das percentagens de sais totais.....	48

TABELA 4.10 - Valores de pH na pasta saturada e da CE no extrato de saturação obtidos a partir das amostras de areia.....	49
TABELA 4.11 - Valores obtidos dos ensaios de quantificação dos íons das amostras de areia.....	50
TABELA 4.12 - Resultados obtidos a partir da determinação do resíduo sólido nas amostras de areia.....	51
TABELA 4.13 - Equação específica das amostras de areia por regressão linear simples.....	52
TABELA 4.14 - Percentagens de sais solúveis totais das amostras de areia a partir das equações (1) e (5).....	53
TABELA 4.15 - Estatística descritiva do pH da pasta saturada e da CE do extrato de saturação para as diferentes amostras de areia	54
TABELA 4.16 - - Percentagens de precisão dos ensaios de quantificação dos íons segundo Richards (1954).....	55
TABELA 4.17 - Estatística descritiva da composição iônica das diferentes amostras de areia.....	56
TABELA 4.18 - Estatística descritiva dos valores obtidos das percentagens de sais totais.....	57
TABELA 4.19 Valores de pH na pasta saturada e da CE no extrato de saturação obtidos a partir das amostras de massame	58
TABELA 4.20 - Valores obtidos dos ensaios de quantificação dos íons das amostras de massame.....	59
TABELA 4.21 - Resultados obtidos a partir da determinação do resíduo sólido nas amostras de massame.....	60
TABELA 4.22 - Equação específica das amostras de massame por regressão linear simples.....	61
TABELA 4.23 - Percentagens de sais solúveis totais das amostras de massame a partir das equações (1) e (6).....	62
TABELA 4.24 - Estatística descritiva do pH da pasta saturada e da CE do extrato de saturação para as diferentes amostras de massame.....	63

TABELA 4.25 - - Porcentagens de precisão dos ensaios de quantificação dos íons segundo Richards (1954).....	64
TABELA 4.26 - Estatística descritiva da composição iônica das diferentes amostras de massame.....	65
TABELA 4.27 - Estatística descritiva dos valores obtidos das percentagens de sais totais.....	66
TABELA 4.28 - Classificação visual quanto a deposição salina nos efflowicks em condições ambientais	66
TABELA A16-1 - Síntese dos resultados obtidos a partir dos ensaios realizados com as amostras de brita	122
TABELA A16-2 - Síntese dos resultados obtidos a partir dos ensaios realizados com as amostras de areia	123
TABELA A16-3 - Síntese dos resultados obtidos a partir dos ensaios realizados com as amostras de massame.....	124

ANEXOS

Anexo 1 - Resultados por amostra.....	81
Anexo 2 - Normas e metodologias.....	101
Anexo 3 - Método 2.1 - Análises químicas	102
Anexo 4 - Método 2.32 - Porcentagem de água na pasta saturada.....	103
Anexo 5 - Método 2.33 - Condutividade elétrica no extrato de saturação	105
Anexo 6 - Método 2.34 - Cálcio no extrato de saturação.....	106
Anexo 7 - Método 2.35 - Magnésio no extrato de saturação	108
Anexo 8 - Método 2.36 - Sódio no extrato de saturação.....	110
Anexo 9 - Método 2.37 - Potássio no extrato de saturação	111
Anexo 10 - Método 2.38 - Carbonatos no extrato de saturação.....	112
Anexo 11 - Método 2.39 - Bicarbonatos no extrato de saturação.....	113
Anexo 12 - Método 2.40 - Cloretos no extrato de saturação	114
Anexo 13 - Método turbidimétrico - determinação de sulfatos	115
Anexo 14 - Resíduo sólido.....	118
Anexo 15 - Efforwick Test - Preparação e ensaios	119
Anexo 16 - Tabelas resumos dos resultados obtidos a partir das amostras de brita, areia e massame	121

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A presença de substâncias nocivas nos materiais de construção é bastante freqüente, o que acarreta muitos danos para as obras de engenharia civil, e posteriormente, um custo adicional em sua manutenção, gerando assim, uma necessidade de novos estudos com o objetivo de encontrar soluções adequadas, se não preventivas e/ou curativas.

A tecnologia da construção precisa ter um controle total das patologias causadas por tais substâncias, sejam estas provenientes das matérias-primas, dos materiais de construção e seus componentes, da água presente no subsolo (lençol freático) e/ou do próprio solo onde se localiza a obra. Faz-se necessário o desenvolvimento de métodos seguros de detecção, quantificação e de prevenção, com o objetivo principal de evitar ou minimizar a presença e os efeitos de tais substâncias em nossas obras, sendo assim, tais pesquisas, neste sentido, são de suma importância.

Encontramos, dentre as substâncias nocivas, os chamados sais solúveis, que são substâncias que ocasionam sérias conseqüências para as construções, tais como: eflorescências, subeflorescências e corrosões nas armaduras do concreto armado. Os sais solúveis, quando presentes nas obras de engenharia, atacam as suas estruturas, podendo causar não só um desconforto estético, mas a sua ruína.

As chamadas eflorescências, responsáveis, geralmente, pela degradação estética, apresentam-se em forma de manchas de cores variadas, dependendo da predominância do tipo de sal na composição dos seus depósitos eflorescentes.

Já as subeflorescências, responsáveis pela degradação das obras, ocorrem no interior das peças, produzindo tensões internas e,

conseqüentemente, problemas de ordem estrutural, esses de sérias conseqüências para a construção civil.

As eflorescências, acima citadas, são depósitos salinos que se instalam em alvenarias e em peças à base de cimento, como é o caso do concreto, devido a hidratação e migração de seus sais constituintes e/ou de sais provenientes de outras localidades, fora da estrutura. Este fenômeno é muitas vezes, erroneamente, denominado de “salitre”, segundo Kleinlogel (1955), pois salitre é o termo aplicado para eflorescências produzidas a partir de nitrato de cálcio, derivado de substâncias nitrogenadas, tais como: urinas e esterco; sendo assim, deve-se usar sempre o termo eflorescência para designar tais ocorrências. Seu mecanismo de formação consiste na migração de sais hidratados, do interior dos materiais ou de outra localidade, para o seu exterior, seguido de evaporação e precipitação dos sais em forma de depósitos salinos sobre as superfícies dos materiais. A recuperação das estruturas atingidas por eflorescências representa um custo adicional, muito alto, para a construção civil, sendo assim a grande necessidade de estudos mais detalhados e precisos, com o objetivo de prevenção.

Já as subeflorescências, ao contrário das eflorescências, ocorrem de maneira mais sutil e mais voraz, pois a sua atuação ocorre no interior do elemento estrutural, provocando tensões internas danosas.

Os custos e os cuidados na construção não finalizam com o término da obra, entretanto perduram por toda sua vida útil. Portanto, fazem-se necessárias pesquisas no âmbito das patologias construtivas, sejam elas por vícios de projeto, por má execução, por catástrofes naturais, por má qualidade do subsolo, por lençol freático contaminado e/ou por materiais inadequados.

Para a determinação das eflorescências e subeflorescências muitos métodos foram desenvolvidos, e o mais utilizado dentre eles é o denominado de “efflorwick test”, desenvolvido inicialmente por Amberg & Washburn, em 1946, e utilizado por muitos outros pesquisadores, tais como: Brownell (1950, 1958a e 1958b), Ritchie (1955), Young (1957) e Rogers (1959), dentre outros.

No Brasil, a EMBRAPA (1979) adota a metodologia da condutividade elétrica do extrato de saturação (Método 2.33) para classificar os solos agrícolas quanto a sua salinidade e recomenda uma série de metodologias para quantificar os componentes salinos (Métodos 2.34 a 2.40). Várias outras metodologias são empregadas para a determinação dos diversos sais presentes nas eflorescências e subeflorescências, tais como: análise química, difração de raios—X, análise térmica diferencial, dentre outros. Na construção civil brasileira, as especificações de qualidade do material de construção quanto a salinidade são limitadas pelos valores de pH e pelos valores de concentração de cloretos e sulfatos, propostas pela norma geral NB - 1 (ABNT, 1978).

Na literatura mundial estudada, encontramos alguns trabalhos acerca do problema de salinidade e eflorescências em materiais de construção, mas existe ainda uma grande necessidade de novos estudos, principalmente, no âmbito de nossa região. Dessa forma, pesquisas com objetivo de classificar a qualidade dos materiais e de suas matérias-primas fazem-se necessárias, pois, por causa da má qualidade desses materiais, ocorrem, muitas vezes, os problemas na construção civil.

Partindo dessa necessidade, na Universidade Federal da Paraíba, Campus II, iniciou-se um conjunto de trabalhos sobre o tema: sais solúveis nos materiais de construção, dos quais pode-se citar, os trabalhos realizados por Ribeiro (1996), estudando a qualidade dos tijolos fabricados em vinte e cinco olarias do estado da Paraíba quanto ao grau eflorescente, objetivando correlacionar teor de sais solúveis dos tijolos com os sais presentes em suas matérias-primas e com os seus graus de eflorescência. Tem-se ainda o trabalho realizado por Macedo (1997), estudando as matérias-primas e os tijolos cerâmicos furados produzidos no estado com o objetivo de caracterizá-los e qualificá-los segundo as normas técnicas da ABNT. Da mesma linha de pesquisa, Nascimento (1998), cujo objeto de estudo são amostras de matérias-primas de quinze olarias de tijolos já estudadas por Ribeiro, em sua dissertação, objetivando estudar a influência que a concentração de sais

solúveis na água de amassamento exerce na propriedades cerâmicas e eflorescentes de produtos de cerâmica vermelha nas temperaturas de queima de 700°C, 800°C e 900°C.

O trabalho, desenvolvido e aqui apresentado, estuda a qualidade da brita, da areia e do massame comercializados na cidade de Campina Grande, estado da Paraíba, tendo como objetivo de estudo:

- a) Determinar o grau de influência no processo eflorescente que exerce a presença de sais nos materiais brita, areia e massame;
- b) tornar a equação sugerida por Richards, que converte condutividade elétrica em porcentagem de sais solúveis, de uso mais específico para os materiais brita, areia e massame do estado da Paraíba, comercializados na cidade de Campina Grande;
- c) avaliar a concentração de sais solúveis nos materiais estudados através da condutividade elétrica (CE);
- d) observar e qualificar o comportamento das referidas amostras (brita, areia e massame) através do “efflowick test”.

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Eflorescências

2.1.1 - Definição, mecanismo de formação, tipos e compostos constituintes

Definição

Segundo diversos autores e pesquisadores, tais como Jackson (1925), Anderegg (1952), Ritchie (1955), Barzaghi (1983) e Uemoto (1988a, 1988b), as eflorescências podem ser definidas como sendo um fenômeno caracterizado pela deposição de sais solúveis, usualmente de cor branca, sobre as superfícies dos materiais, originados pela migração de água rica em sais do interior dos materiais. Esta definição é insatisfatória, pois os sais solúveis, que compõem as eflorescências, podem ser provenientes, da própria estrutura interna dos materiais, como também, de diversos outros lugares, tais como: do solo, cuja obra está implantada; do lençol freático, pertencente ao local da implantação; das matérias-primas, constituintes dos diversos materiais de construção, como por exemplo: os tijolos; entre outros. Existem ainda, além das eflorescências, as chamadas subeflorescências, que são depósitos salinos, ou melhor cristalizações salinas, que ocorrem no interior dos materiais. As subeflorescências, por sua vez, produzem grandes tensões internas devido a expansão cristalina, e conseqüentemente, são mais prejudiciais do que as eflorescências. Segundo Binda & Baronio (1986), as eflorescências são apenas os depósitos salinos que se instalam na superfície do concreto e alvenarias, entretanto as subeflorescências são cristalizações salinas que ocorrem nos poros dos elementos estruturais, próximos às superfícies.

Mecanismo de formação

No mecanismo de formação da eflorescência existem três fatores igualmente importantes: a presença de sais solúveis (constituintes do depósito salino), a presença de água (agente solubilizador e transportador desses sais) e a presença da pressão hidrostática (que proporcionará a migração da solução salina) (Uemoto, 1988a e b).

As eflorescências têm como mecanismo de formação, a dissolução e o transporte dos sais solúveis, sejam estes originados dos próprios materiais ou não, a partir da ação da água, proveniente da precipitação pluviométrica, do subsolo (lençol freático) e/ou de outra fonte qualquer, que migra, por pressão hidrostática, para a superfície dos materiais, e ao evaporar-se, resulta na formação de um depósito salino, denominado de eflorescência.

Estes sais, segundo Uemoto (1988a), geralmente, são de natureza inorgânica, consistindo principalmente de cloretos, sulfatos e carbonatos alcalinos. Estes sais, por possuírem elevados graus de solubilidade, quando hidratados, percolam no meio poroso dos produtos cerâmicos e/ou dos produtos que possuam cimento em sua constituição, até as suas superfícies, e ao se dar a evaporação da água da solução, cristalizam-se em depósitos de sais, formando as chamadas eflorescências (Chatterji & Dhariyal, 1958; Pinto, 1986; Anderegg, 1952; Ritchie, 1955).

Já o mecanismo de formação das chamadas subeflorescências é semelhante ao mecanismo de formação das eflorescências, entretanto diferencia-se, por permanecer no interior dos materiais e dos elementos construtivos, provocando, devido a expansão cristalina, tensões internas altíssimas. As tensões cristalinas ocasionam desintegração das estruturas, principalmente quando em estado de confinamento. Sendo assim, as subeflorescências, devido a cristalização, recristalização e aumento paulatino da quantidade de sais nas paredes dos poros das estruturas, torna-se bem mais prejudicial para estruturas do que as chamadas eflorescências.

Tipos

Segundo Uemoto (1988b), as eflorescências podem ser classificadas em três tipos, ou seja, tipo I, II e III. As do tipo I, as mais comuns, caracterizam-se por um depósito salino, de cor branca, pulverulento, muito solúvel em água. Pode ser abundante e apresentar-se na forma de véu. Surgem em superfícies de alvenaria aparente (tijolos cerâmicos) ou revestidas com argamassa, juntas de assentamentos, em regiões próximas a caixilhos mal vedados, em ladrilhos cerâmicos, em juntas de ladrilhos cerâmicos esmaltados e azulejos.

Já as do tipo II, menos comuns, apresentam-se como um depósito de cor branca com aspecto de escorrimento, muito aderente e pouco solúvel em água e que em contato com ácido clorídrico produz efervescência. Geralmente, formam-se em regiões próximas a elementos de concreto ou sobre superfícies de alvenaria.

As do tipo III, em relação aos outros, também podem manifestar-se como depósitos de sal branco, entre juntas de alvenaria aparente, que se apresentem fissuradas por expansão da argamassa de assentamento. Este tipo de eflorescência não é muito freqüente.

Já de acordo com Muzzin (1982), existem sete tipos de eflorescências, descritas a seguir:

1. tipo I - este tipo tem a mesma definição adotada por Uemoto (1988b), ou seja, são de coloração branca e bastante abundantes. Seu grau de solubilidade em água é alta e apresenta-se na forma de véus;
2. tipo II - este tipo de eflorescência, também denominada de criptoflorescência, possui em sua constituição sais brancos, cuja cristalização produz tensões internas bastante consideráveis nos tijolos, devido a variações sucessivas de volume, daí a degradação da alvenaria;
3. tipo III - este tipo de eflorescência, cuja outra denominação é exudação, tem a mesma definição adotada por Uemoto (1988b), correspondente ao tipo II. São eflorescências muito aderentes e pouquíssimo solúveis, de

coloração branca, e efervescentes quando em contato com um ácido, por exemplo, o ácido clorídrico;

4. tipo IV - este tipo de eflorescência corresponde à definição dada por Uemoto (1988b) no tipo III. Ocorre em juntas de alvenarias, em forma de depósitos brancos, que apresentam fissuras;
5. tipo V - este tipo de eflorescência manifesta-se por depósitos com coloração castanho claro, sobre tijolos ou juntas de argamassas;
6. tipo VI - este tipo de eflorescência é raro e manifesta-se com coloração verde ou amarela, na mesma forma do tipo I;
7. tipo VII - este tipo surge na forma de depósitos de coloração castanho escuro sobre superfícies de tijolos e juntas de argamassas.

Compostos constituintes

As eflorescências são formadas por diversos tipos de compostos. De acordo com Brownell (1950), Muzzin (1982) e Chin & Petry (1993), os sulfatos de potássio e de sódio são os mais frequentes compostos encontrados nas eflorescências; ocorrendo com menor frequência sulfatos de magnésio e cálcio.

Segundo Uemoto (1988a), as eflorescências são constituídas principalmente por sulfatos, bicarbonatos, silicatos, cloretos e nitratos de metais alcalinos (sódio e potássio), e alcalino terrosos (cálcio e magnésio). Esta afirmação de Uemoto é confirmada em seu trabalho "Patologia: Danos Causados por Eflorescência" (Uemoto, 1988b). Ocorrem também, em menor frequência, os carbonatos de cálcio, de potássio e de sódio; os cloretos de potássio e de sódio e os glicolatos de cálcio. Segundo vários outros autores/pesquisadores, tais como Hammer (1953), Stahmann (1955) e Chin & Petry (1993), as eflorescências apresentam cores que dependerão de seus compostos constituintes, ou seja, dos sais presentes no fenômeno eflorescente.

A seguir, na TABELA 2.01, apresenta-se os mais freqüentes compostos detectados nas eflorescências, segundo Muzzin (1982), Uemoto (1988b), Bauer (1993), Chin & Petry (1993) e Ribeiro (1996).

TABELA 2.01 - Compostos salinos, fórmulas químicas, graus de solubilidade e origens das eflorescências (MUZZIN, 1982).

Compostos salinos	Fórmula química	Solubilidade em água	Origem Provável da Eflorescência
Carbonato de cálcio	Ca CO ₃	Pouco solúvel	Argamassas
Carbonato de magnésio	Mg CO ₃	Pouco solúvel	Argamassas
Carbonato de potássio	K ₂ CO ₃	Muito solúvel	Cimento portland
Carbonato de sódio	Na ₂ CO ₃	Muito solúvel	Cimento portland
Hidróxido de cálcio	Ca(OH) ₂	Pouco solúvel	Cimento portland e cal
Hidróxido de ferro	Fe(OH) ₂	Insolúvel	Ferro em contato com tijolos
Sulfato de cálcio bihidratado	CaSO ₄ ·2H ₂ O	Solúvel	Tijolos
Sulfato de magnésio	Mg SO ₄	Muito solúvel	Tijolos
Sulfato de potássio	K ₂ SO ₄	Muito solúvel	Reação tijolo-cimento
Sulfato de sódio	Na ₂ SO ₄	Muito solúvel	Reação tijolo-cimento
Sulfato de vanádio	V SO ₄	Muito solúvel	Tijolos
Cloreto de cálcio	Ca Cl ₂	Muito solúvel	Água de amassamento
Cloreto de magnésio	Mg Cl ₂	Muito solúvel	Água de amassamento
Cloreto de alumínio	Al Cl ₃	Solúvel	Limpeza com ácido muriático

continua

TABELA 2.01 - Continuação

Cloreto de ferro	Fe Cl_3	Solúvel	Limpeza com ácido muriático
Nitrato de amônia	NH_4NO_3	Muito solúvel	Solo adubado
Nitrato de cálcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	Muito solúvel	Excrementos e urinas
Nitrato de potássio	KNO_3	Muito solúvel	Solo adubado
Nitrato de sódio	NaNO_3	Muito solúvel	Excrementos e solo adubado
Glicolato de cálcio	$(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_3)_2\text{Ca}$	Pouco solúvel	Aditivo anti- congelante (etileno glicol)

2.1.2 - Produtos afetados

De acordo com Uemoto (1988b), o fenômeno da eflorescência pode ocorrer em qualquer elemento da edificação, trazendo efeitos estéticos e/ou estruturais. O fenômeno ocorre em materiais cerâmicos, tais como: tijolos, telhas, pisos cerâmicos, ladrilhos cerâmicos, etc. e em produtos a base de cimento, como por exemplo: argamassas e concretos. Ainda segundo Uemoto (1988b), os locais de maior ocorrência são: em superfícies de alvenaria aparente, em superfícies de alvenaria de argamassa revestida, em regiões próximas a caixilhos mal vedados, em superfícies de ladrilhos cerâmicos não esmaltados, em juntas de pisos cerâmicos esmaltados e azulejos, em superfícies de argamassas ou concreto, entre fissuras de alvenarias, entre juntas de argamassa e tijolos e em alvenaria muito expostas à ação da chuva.

2.1.3 - Causas e efeitos

Conforme Uemoto (1988a e 1988b), para que a eflorescência ocorra faz-se necessário três fatores igualmente importantes: o teor de sais solúveis

(estes podem estar presentes nos materiais ou em seus componentes, na água de amassamento das argamassas ou concretos, no subsolo da obra, no lençol freático da região ou nas matérias-primas), a presença de água (cuja influência será na solubilização e no transporte dos sais) e a pressão hidrostática (que propiciará a migração da solução para a superfície dos materiais).

Ainda de acordo com Uemoto (1988a e b), existem outros fatores externos que favorecem o fenômeno, que são: 1) a quantidade de solução que aflora, principalmente para os sais pouco solúveis: quanto maior a quantidade de água, maior é a fração solubilizada; 2) o aumento do tempo de contato, que favorece a solubilização de maior teor de sais; 3) a elevação da temperatura, que além de favorecer a solubilização, aumenta a velocidade de evaporação da umidade absorvida pelo elementos da alvenaria e 4) a porosidade dos componentes afetados (tijolos, argamassas, telhas, blocos, ladrilhos, concreto, etc.)

As eflorescências, de acordo com a classificação quanto ao tipo I, II e III, possuem as seguintes causas primárias: nas do tipo I - causadas por sais provenientes dos tijolos, dos cimentos, da reação química entre os compostos dos tijolo e do cimento, da água utilizada no amassamento, dos agregados utilizados na argamassa, das substâncias contidas no solo e/ou do próprio ar atmosférico; nas do tipo II - causadas por sais basicamente de carbonato de cálcio, formado a partir da cal livre do cimento e nas do tipo III - causadas por sulfatos de cálcio, originados dos tijolos ou da reação entre os sulfatos de sódio ou de potássio existentes, com a cal do cimento (Uemoto, 1988b).

Segundo outros pesquisadores, tais como Brownell (1950) e Muzzin (1982), nos produtos cerâmicos, os sais solúveis que produzirão eflorescências, podem ter a sua origem durante a queima do produto cerâmico e deve-se a reações entre os constituintes da matéria-prima e os gases sulfurosos, originados dos combustíveis; a tal processo dá-se o nome de "scum" ou "scuming" (Jackson, 1925 e Reynolds, 1925).

Ribeiro (1996) observou que os sais presentes nas matérias-primas dos tijolos não exercem grande influência nas eflorescências. Entretanto, as eflorescências são causadas pelos sais originados no processo de queima desses tijolos. De acordo com Brownell (1950), esta ocorrência dá-se, principalmente, quando a matéria-prima apresenta pirita, visto que a sua oxidação ocorre numa temperatura entre 400°C e 900°C. A pirita, segundo Reynolds (1925), oxida-se devido a ação do ar e da umidade, dando origem ao sulfato de ferro, que ao reagir com o calcário, forma o sulfato de cálcio.

Nascimento (1998), na primeira etapa de seu trabalho, juntamente com Figueiredo (1997), observaram que a melhor temperatura de queima é em torno de 900°C. Já segundo Muzzin (1982), a queima dos produtos cerâmicos acima de 950° C eliminará os sulfatos alcalinos e os sulfatos de magnésio, e que a queima acima de 1050° C eliminará o sulfato de cálcio. Brownell (1958b) e Uemoto (1988b) também recomendam a queima dos produtos cerâmicos a 950°C para eliminação dos sulfatos. Dessa maneira, fica constatado a grande importância do controle da temperatura de queima como uma arma no combate ao fenômeno eflorescente.

Os produtos cerâmicos, mesmo sem sais, podem vir a ser veículos para soluções salinas de outros produtos, tais como: da água subterrânea ou do próprio solo (Young, 1957). De acordo com Bauer (1993), deve-se ter cuidado na limpeza com solução de ácido clorídrico em revestimentos cerâmicos, pois caso não se tomem as devidas precauções, a solução poderá penetrar no rejuntamento gerando grandes quantidades de eflorescências, devido às reações do ácido com os componentes do cimento, formando sais muitos nocivos, com alta solubilidade, como por exemplo: cloreto de cálcio, cloreto de alumínio e cloreto de ferro.

Um dos principais fatores que influencia no surgimento de eflorescências em produtos cerâmicos, tais como: tijolos, telhas, pisos e ladrilhos, como em concretos, é a porosidade que apresentam, favorecendo a percolação d'água e, conseqüentemente, favorecendo a solubilização e o

transporte dos sais (Barzaghi, 1983). Devido a isto, um dos meios de prevenção é aumentar o grau de impermeabilização dos materiais, sejam eles cerâmicos ou à base de cimento.

Já em produtos à base de cimento, no decorrer da cura das argamassas, podem ocorrer reações entre os hidratos alcalinos do cimento e os sulfatos, provenientes dos tijolos, dando origem aos hidróxidos de cálcio (Verçoza, 1975; Muzzin, 1982). Um dos sais mais prejudiciais, denominado o sal de Candlot, é formado a partir da reação do sulfato de cálcio com o aluminato hidratado de cálcio do cimento (Verçoza, 1975). Conforme Kleinlogel (1955), a este sal dá-se também o nome de bacilo do cimento, pois atua de modo análogo ao das bactérias patogênicas nos organismos animais. Este sal possui elevado grau de cristalização, ocasionando elevadas pressões internas nas alvenarias, argamassas e concretos (Kleinlogel, 1955). Ainda segundo Verçoza (1975), o sulfato de magnésio, ao reagir com o aluminato hidratado de cálcio do cimento, forma o mesmo sal. Este sal é muito expansivo, trazendo para as alvenarias, argamassas e concretos, fissuras, desagregações e até mesmo, ruína total.

Segundo Ritchie (1955) e Cincotto & Helene (1987), o cimento tem maior tendência para produzir eflorescências quando associado a outros constituintes da argamassa e/ou dos tijolos, pois é rico em compostos alcalinos (Na_2O e K_2O). Segundo Lima (1993), os cimentos pozolânicos por possuírem a vantagem de proporcionar menor calor de hidratação e menor permeabilidade aos líquidos, proporcionam maior resistência aos agentes agressivos.

Os ensaios realizados por Wilson (1928), em vários tipos de argamassas, de cimento e areia, como também de cal e areia, apresentaram o surgimento de eflorescências. As eflorescências nas argamassas de cal e areia, são ocasionadas pela presença de hidróxido de cálcio coloidal, em suspensão, ou da presença de óxidos não hidratados. Faz-se necessária uma boa extinção da cal virgem, na confecção da argamassa, para minimizar seus efeitos.

Já o surgimento de subeflorescências em peças de concreto armado, produz um problema bastante grave, cuja recuperação é de custo elevado e complexidade técnica, pois provocam corrosão na armadura. As eflorescências ocorrem da mesma maneira que ocorrem nos produtos cerâmicos, contudo sua percepção não é muito evidente, pois muitas das vezes, confundem-se com a cor cinza do concreto. O concreto armado, devido à problemática da corrosão das armaduras, deve reunir não apenas condições de resistência mecânica, mas também condições de constituição que o leve a suportar as ações externas, de caráter físico-químico. As ações do tipo físico, que podem chegar a destruir o concreto, são devidas a efeitos expansivos produzidos pela formação de gelo e/ou degelo, ou ainda, pela cristalização dos sais dentro dos poros existentes no concreto. Já as ações do tipo químico são mais prejudiciais e podem ser causadas por vários motivos, tais como: gases contidos na atmosfera (CO_2 , SO_2), águas puras ou contaminadas, compostos de natureza orgânica, como por exemplo: óleos, gorduras, combustíveis entre outros (Anderegg, 1929 e Cánovas, 1988). Os compostos salinos propiciam a parcial ou total corrosão das armaduras dos concretos armados, levando-os a ruína (Anderegg, 1929; Kleinlogel, 1955; Andrade, 1992; Cincotto & Helene, 1987 e Virmani, 1991).

Os componentes do concreto contribuem para o surgimento de eflorescências. Estes são: a brita, a areia, o cimento e a água. A brita não deve ter sulfeto de ferro, principalmente a pirita e a pirotita, em quantidades superiores a 10%, visto que, quando há sua oxidação, formam-se sulfatos, que, por sua vez, dão origem à eflorescências, que propiciam a corrosão das armaduras (Cánovas, 1988). A presença de pirita e de pirotita no agregado é denunciado pela formação de vesículas na superfície das peças, cujos interiores apresentam cor preta e muitas vezes têm propriedades magnéticas (Guimarães & Cincotto, 1985).

A areia utilizada deve conter poucos cloretos e sulfatos, devendo-se evitar a utilização da areia de praia, por ser rica em sais (Kleinlogel, 1955).

Já o cimento, possuindo álcalis livres, reagem estes com outros constituintes do concreto formando cristais de sais, que geralmente, permanecem dentro dos poros do concreto, ocasionando expansão e fissuras neste (Parsons & Insley, 1948). Segundo Mehta (1994), os efeitos da umidade e a cristalização de sais são fatores mais destrutivos na degradação de monumentos históricos, pois tais cristalizações produzem pressões altíssimas, suficientes para romper a maioria das rochas.

A água de amassamento, por sua vez, não deve ser pura ou destilada, pois possui um alto grau de dissolução da cal e outros constituintes do cimento, mas pode conter impurezas dentro de certos limites (Anderegg, 1929). A água de amassamento também não pode ser contaminada com substâncias nocivas ao concreto.

2.1.4 - Medidas de prevenção

Segundo o estudo realizado, um dos maiores fatores de surgimento de eflorescências é a presença de água no processo de dissolução dos sais e percolação da solução resultante. Sendo assim, um dos meios de prevenir o fenômeno eflorescente é a eliminação desse fator, seja através de uma adequada drenagem subterrânea, seja numa eficaz impermeabilização dos materiais, e/ou seja por uma maior impermeabilidade dos materiais. Com esta precaução, conseguiremos prevenir a ocorrência de tal patologia, as vezes, prejudicial esteticamente, as vezes prejudicial estruturalmente.

De acordo com Uemoto (1988b), o fenômeno da eflorescência pode ser evitado ou minimizado, observando-se os seguintes cuidados:

- a) não utilizar materiais e componentes com elevado teor de sais solúveis;
- b) não utilizar tijolos com elevados teores de sulfatos, a fim de se evitar a formação de substâncias solúveis em água ou produtos expansivos;

- c) em caso de alvenaria aparente, a absorção de água de chuva pelo tijolo ou por capilaridade, pode ser diminuída utilizando-se uma pintura impermeável resistente à exposição à solução salina;
- d) em caso de execução de alvenarias em regiões secas, saturar os tijolos com água a fim de diminuir a absorção de água de amassamento pelo tijolo, por capilaridade, reduzindo o risco de reação tijolo-cimento;
- e) proteger sempre da chuva a alvenaria recém-terminada;
- f) reduzir ao máximo a penetração de água na alvenaria;
- g) evitar infiltração de umidade tanto do solo como da chuva executando-se boa vedação e impermeabilização;
- h) a reação tijolo-cimento pode ser minimizada utilizando-se argamassa mista (cimento:cal:areia);
- i) a lixiviação da cal do cimento pode ser reduzida utilizando-se cimentos que liberem menor teor de cal na sua hidratação, tais como: cimentos pozolânicos ou de alto-forno.

Dentre inúmeras prevenções já citadas, uma medida geotécnica bastante eficaz, é a utilização de drenagens, visto que serve de meio de coleta e eliminação da água que serviria de meio de transporte salino. Como vimos eliminando este fator, estaremos eliminando a ocorrência do fenômeno eflorescente

Na TABELA 2.02, estão resumidos aspectos, características, locais de formação, causas prováveis e recomendações de reparo das eflorescências, segundo o tipo, proposto por Uemoto (1988b).

TABELA 2.02 - Aspectos, características, locais de formação, causas prováveis e reparos de eflorescências (Uemoto, 1988b).

Aspectos e características da eflorescência	Locais de formação	Causas prováveis, atuando com ou sem simultaneidade	Reparos
<p>Tipo I</p> <p>Pó branco pulverulento, solúvel em água.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. em superfície de alvenaria aparente 2. em superfície de alvenaria de argamassa revestida 3. em regiões próximas a caixilhos mal vedados 4. em superfície de ladrilhos cerâmicos não esmaltados 5. em juntas de pisos cerâmicos esmaltados e azulejos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. sais solúveis presentes nos materiais: água de amassamento, agregados ou aglomerantes; 2. sais solúveis presentes nos materiais cerâmicos (tijolos, telhas, ladrilhos, etc.); 3. sais solúveis contidos no solo; 4. poluição atmosférica; 5. reação tijolo-cimento. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. eliminação da fonte de umidade; 2. aguardar a eliminação dos sais pela ação da chuva em casos de eflorescências em superfície externa; 3. lavagem com água; 4. escovamento da superfície processo mecânico; 5. após saturar a alvenaria com água, lavar com solução clorídrica a 10%, e seguida com água abundante.

Continua

TABELA 2.02 - Continuação

<p>Tipo II</p> <p>Depósito branco com aspecto de escorrimento, muito aderente e pouco solúvel em água; em presença de ácido apresenta efervescência.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. em superfície de componentes próximos a alvenarias ou concretos; 2. em superfície de argamassa ou concreto. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. carbonatação de cal liberada na hidratação do cimento; 2. carbonatação de cal não carbonatada, proveniente de argamassas mistas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. eliminação da percolação de água; 2. lavagem com solução clorídrica, conforme indicado anteriormente; 3. em caso de depósito abundante, escovamento da superfície por processo mecânico e lavagem com ácido conforme indicado anteriormente.
<p>Tipo III</p> <p>Depósito branco, solúvel em água, com efeito de expansão.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. entre fissuras de juntas de alvenarias; 2. entre juntas de argamassa e tijolos; 3. locais de alvenaria muito expostos à ação da chuva. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. expansão devido à hidratação do sulfato de cálcio existente no tijolo ou da reação tijolo-cimento; 2. formação de sal expansivo por ação do sulfato. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. não realizar reparos, esperar a estabilização do fenômeno; 2. reparo usando cimento isento de sulfatos.

O fenômeno da eflorescência pode ser evitado, ou minimizado, observando os seguintes cuidados:

- a) se a matéria-prima do produto cerâmico possuir pirita, deve-se adicionar sílica que reagirá com o sulfeto de sódio, proveniente da oxidação da pirita, formando silicato de sódio, relativamente insolúvel (Brownell, 1950);
- b) ainda segundo Brownell (1958a), quando a matéria-prima do produto cerâmico apresentar pirita, pode-se adicionar pequena quantidade de cloreto de amônia para reagir com o ferro da pirita e produzir como produto final cloreto de ferro, cuja combinação com o enxofre dá origem a sulfeto de hidrogênio, que é volátil. As reações ocorrem em torno de 350°C;
- c) segundo Hammer (1953), a adição de compostos de bário, ajudam a precipitar o sulfato de bário, diminuindo assim a porosidade do produto;
- d) os sulfatos de cálcio e magnésio podem ser combatidos, ou seja, insolubilizados, adicionando-se carbonato de bário, durante a preparação do produto cerâmico, com o objetivo de evitar o chamado "scum" (Reynolds, 1925; Grimshaw, 1971);
- e) ainda segundo Grimshaw (1971), outra maneira de combater o "scum", é melhorar a circulação de ar e reduzir a quantidade de gases sulfurados;
- f) outra maneira de reduzir a porosidade dos produtos cerâmicos, e conseqüentemente, reduzir formação de depósitos de sais, é adicionar resíduos cerâmicos industriais, ricos em sílica e em óxido de chumbo (Ortelli & Vincenzini, 1984);
- g) conforme Wilson (1928), adições de carbonato de bário previnem temporariamente eflorescências de sulfatos de cálcio e magnésio, todavia adições de hidróxido de bário são mais eficazes, pois resultam em compostos pouco solúveis. Wilson (1928) observou também que adições de cloreto de bário não são favoráveis, visto que formam compostos muito solúveis;

- h) outro procedimento a ser utilizado, para redução de eflorescências nas argamassas, é a da substituição de parte do cimento por cal hidratada e o do massame por areia lavada (Guimarães & Cincotto, 1985);
- i) adicionar cinzas volantes para reduzir a porosidade do concreto (Sauman, 1992);
- j) segundo Cánovas(1988), cimentos pobres em cal e ricos em sílica, favorecem a proteção do concreto, pois há um aumento de silicato bicálcico em detrimento do silicato tricálcico, aumentando assim a resistência do concreto ao ataque de águas puras ou ácidas;
- k) segundo Stahmann (1955), quando ocorre a eflorescência em alvenarias de construções já concluídas, faz-se necessário a retirada do reboco e escovamento dos tijolos, com água quente ou oxigenada;
- l) utilização de argamassa colante para assentamento de revestimentos cerâmicos secos em contrapiso também seco (Fiorito, 1994);
- m) na proteção das fundações, fazer uso de uma camada impermeabilizante sobre a fundação, antes da alvenaria, com o objetivo de evitar-se a ascensão capilar d'água através dos tijolos (Anderegg, 1952).
- n) segundo Muzzin (1982), a queima dos produtos cerâmicos acima de 950° C, eliminará os sulfatos alcalinos e que a queima acima de 1050° C, eliminará o sulfato de cálcio.

2.1.5 - Metodologias e especificações

Metodologias

Existem inúmeras metodologias para analisar as eflorescências e os seus sais solúveis. Na determinação dos tipos de compostos salinos, que formam o fenômeno eflorescente, temos metodologias tais como: difração de raios-X, análise térmica diferencial e a análise química. A EMBRAPA (1979) desenvolveu, para a análise química dos sais solúveis, os Métodos 2.34 a 2.40, que determinam os teores de cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonatos,

bicarbonatos e cloretos. Já para determinação dos sulfatos, o método desenvolvido pela APHA (1989), denominado de método turbidimétrico para determinação de sulfatos, é o mais indicado.

Na verificação da tendência de um material apresentar eflorescência temos a metodologia denominada de “efflorwick test”, cuja utilização por vários pesquisadores, tais como: Amberg & Washburn (1946), Brownell (1950, 1958a e 1958b), Ritchie (1955), Young (1957) e Rogers (1959), entre outros, foi intensa. Utilizando-se do “efflorwick test”, Amberg & Washburn classificaram as eflorescências apenas de forma qualitativa, todavia Ritchie (1955) e Rogers (1959), em seus trabalhos, para avaliar argamassas, usaram tal metodologia para também medir a quantidade de material solúvel.

A norma C 67 (ASTM, 1992), “Standard test methods of sampling and testing brick and structural clay tile”, de 1992, trata-se de uma metodologia para classificação de eflorescências em tijolos, cuja utilização foi mostrada por Ribeiro em sua dissertação (Ribeiro, 1996). Existe ainda, para avaliar o grau de eflorescência de materiais de alvenaria, a norma belga B 24-209 (IBN, 1994).

Em um estudo bibliográfico no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), foram pesquisadas as seguintes normas:

- a) Association Francaise de Normalisation: NF EN 480-10 - Admixtures for concrete, mortar and grout. Test methods. Part. 10: Determination of water soluble chloride content (AFNOR, 1996).
- b) American Society for Testing Materials: C867 - Standard test method for soluble sulfate in ceramic whiteware clays (Photometric Method) (ASTM, 1994); C1152 - Standard test method for acid-soluble choride in mortar and concrete (ASTM, 1990); C1218 - Standard test method for water-soluble choride in mortar and concrete (ASTM, 1992); C1411 - Standard test method for water-soluble chorides present as admixes in graded aggregate road mixes (ASTM, 1993) e C4542 - Standard test method for pore water

extraction and determination of the soluble salt content of soils by refractometer (ASTM, 1995).

- c) British Standards Institution: BS 812 Part 117 - Testing Aggregates. Part 117: Method for determination of water soluble chloride salts (BSI, 1988).
- d) Deutsches Institut für Normung: DIN 51100 - Testing of ceramic raw material and materials. Determination of the soluble salts (Percolator Method) (DIN, 1957); DIN EN 772-5 - Methods of test for masonry units. Part 5: Determination of soluble salt content of clay masonry units. German version PREN 772-5 (DIN, 1992); DIN EN 1015-17 - Methods of test for mortar for masonry. Part 17: Determination of soluble chloride content of fresh and hardened mortars. German version PREN 1015-17 (DIN, 1993) e DIN ISO11277 - Soil Quality. Determination of particle size distribution in mineral soil material. Method by sieving and sedimentation following removal of soluble salts, organic matter and carbonates (DIN, 1994).

Temos ainda, da revisão bibliográfica:

1. Institut Belge de Normalisation - NBN B 24-209. Essais de matériaux de maçonnerie. Efflorescence. Bruxelles (IBN, 1974).
2. Institut Belge de Normalisation - NBN 578. Mortiers pour maçonnerie et en duits. Bruxelles (IBN, 1963).

Especificações

Segundo a norma NB-1 (ABNT, 1978), os valores limites admissíveis tanto para a água de amassamento do concreto, quanto para os seus agregados, são os indicados a seguir:

Resíduo sólido.....	500mg/l
Sulfatos.....	300mg/l
Cloretos.....	500mg/l
pH.....	5,8 a 8,0

Todavia segundo a norma espanhola EH - 80, estes valores limites aumentam (Cánovas, 1988):

pH.....	≥ 5
Substâncias dissolvidas.....	≤ 15g/l
Sulfatos.....	≤ 1g/l
Íon cloro (cloretos).....	≤ 6g/l
Hidratos de carbono.....	não devem conter
Substâncias orgânicas solúveis em éter.....	< 15g/l

Segundo Cánovas(1988), o valor limite de cloretos para concretos não armados (concreto simples) pode ser considerado 20g/l. Já para concretos protendidos, o valor limite de cloretos deve ser considerado 0,25g/l, visto que existe um maior risco de corrosão das armaduras, devido as grandes tensões. Em casos de utilização de cimentos pobres em aluminatos, o valor limite recomendada para os sulfatos pode ser considerada 5g/l (Cánovas, 1988).

Na literatura consultada, encontramos outras recomendações de ordem prática. Conforme Mehta (1994), por exemplo, concentrações de sulfatos acima de 0,1% no solo ou 150mg/l na água, tráz perigo ao concreto e concentrações acima de 0,5% no solo ou 2g/l na água, provocam sérios efeitos. Nos materiais a base de solo-cimento, valores acima de 1% de sulfatos de cálcio ou magnésio ocasionam sua desagregação (Oliveira, 1994). Ainda segundo Cánovas(1988), a brita não deve conter sulfeto de ferro, principalmente a pirita e a pirotita, em quantidades superiores a 10%, visto que quando há oxidação, formam-se sulfatos, que por sua vez, dão origem a eflorescências, cujo surgimento propicia corrosão das armaduras dos concretos armados. As normas francesas recomendam para estruturas a serem executadas em água do mar, o emprego de cimentos com um conteúdo de C_3A não maior que 10%, devendo o conteúdo de aluminato tricálcico obedecer a seguinte condição: $C_3A\% + 0,27C_3S\% \leq 23,5\%$.

Em relação ao tempo de cura do concreto, a CEB recomenda que a cura deve ser aplicada até que o concreto atinja pelo menos 70% da resistência especificada para a estrutura (Cánovas, 1988). Na TABELA 2.03, estão apresentados os valores recomendados.

TABELA 2.03 - Tempos de cura em ambiente marinho, de acordo com o tipo de cimento utilizado (Cánovas, 1988).

Tipo de cimento	Tempo de cura (dias)	
	Protegido	Não protegido
Portland normal	7	10
Siderúrgico	10	15
Pozolânico	20	30

2.1.6 - "Efflorwick test"

Devido a necessidade de determinar-se as fontes de eflorescências dos tijolos, foi desenvolvido pelo Departamento de Pesquisa do Estado de Nova York, Universidade Alfred, um ensaio denominado de "efflorwick test", que consta de um "pavio" (wick), de um material cerâmico, cujo objetivo é verificar a tendência dos materiais de apresentarem eflorescência, tais como: tijolos, argamassas, cimentos, agregados e outros materiais estruturais. Para tal foi desenvolvidos vários estudos acerca da tendência eflorescente de vários materiais de alvenaria (Amberg & Washburn, 1946; Ritchie, 1955; Young, 1957; Brownell, 1958a,b e Rogers, 1959). Inicialmente, em 1943, o "wick" era um cilindro de 5,08cm de diâmetro por 10,16cm de comprimento, de um material cerâmico, sendo utilizados também, além do cilindro, outras formas de "wicks". As altas temperaturas de queima dos "efflorwicks", ao passo que proporcionavam baixos valores de absorção, ocasionavam a inatividade dos sais solúveis (Amberg & Washburn, 1946). Os autores sugerem os seguintes métodos para verificar a tendência eflorescente dos diferentes materiais.

Solos: O método de ensaio consiste em colocar o “wick” (pavio) em um recipiente de vidro, juntamente, com 50ml de água destilada e em seguida, evaporar em temperatura controlada. Adiciona-se 5g de material a ser ensaiado com 50ml de água destilada, repetindo-se o procedimento até a quantidade de 25g de material de ensaio (Amberg & Washburn, 1946).

Argamassas e cimentos: As argamassas e os cimentos foram ensaiados por um procedimento que difere somente no preparo dos 25g de material a ser ensaiado. Esta quantidade de material foi misturado previamente e colocado ao redor da base do cilindro (wick), deixado endurecer, durante 7 a 28 dias. Um total de 300ml de água devem ser adicionados, 50ml a cada tempo, dentro de um processo de evaporação da água de saturação do “wick” (Amberg & Washburn, 1946).

2.1.7 - Trabalhos desenvolvidos na Universidade Federal da Paraíba, Campus II

Partindo da necessidade de um estudo da qualidade dos materiais da região, Ribeiro (1996) desenvolveu um trabalho acerca da qualidade dos tijolos produzidos no estado, tendo como objetivo estudar a relação entre o teor de sais solúveis dos tijolos (blocos de vedação furados), fabricados no estado da Paraíba, com os sais presentes nas matérias-primas desses, juntamente com o seu grau de eflorescência. Além do estudo acima citado, Ribeiro (1996) realizou também o estudo de um piso cerâmico contaminado por sais solúveis.

Foram coletadas em vinte e cinco indústrias cerâmicas do estado, com unidades de produção de tijolos em funcionamento, amostras de tijolos e matérias-primas, durante o segundo semestre de 1994 e o primeiro semestre de 1995, representando 80,6% das indústrias contatadas.

Através dos resultados obtidos, Ribeiro (1996) concluiu que o surgimento de eflorescências nos tijolos não está relacionado com os teores de sais solúveis na matéria-prima e sim com a quantidade de sais solúveis extraídos dos próprios tijolos. Ribeiro (1996) também concluiu que

porcentagens de sais extraídos de tijolos abaixo de 0,014% não são suficientes para provocarem eflorescência, ao passo que teores acima de 0,176% são suficientes para desenvolverem eflorescências.

Macedo (1997) realizou um trabalho acerca das matérias-primas e dos produtos de cerâmica vermelha para uso na construção civil, em especial, tijolos cerâmicos furados produzidos no Estado da Paraíba. Ele estudou as características das matérias-primas que são utilizadas em pequenas indústrias (olarias) e dos produtos acabados - tijolos - que são normalmente fornecidos ao mercado consumidor, frente às normas da ABNT.

Dando prosseguimento ao trabalho desenvolvido por Ribeiro (1996), Nascimento (1998), em colaboração com Figueiredo (1997), coletaram 15 amostras de argila. Estas foram coletadas dentre as jazidas das vinte e cinco amostras estudadas por Ribeiro. Neste trabalho, foi desenvolvido, através de regressão linear simples, uma relação matemática que correlaciona percentagem de sais solúveis totais com condutividade elétrica, cuja utilização específica destina-se à cerâmica vermelha.

Dos resultados obtidos do trabalho desenvolvido por Figueiredo (1997), conclui-se que a percentagem de sais solúveis totais pode ser correlacionada com a condutividade elétrica pela expressão matemática a seguir:

$$\% \text{Sais Solúveis Totais} = \frac{Y \cdot PS}{10^6} \quad (1)$$

Sendo,

$$Y = 145,58 + 776,14 CE \quad (2)$$

Onde:

- %Sais Solúveis Totais - representa a porcentagem total de sais solúveis contida no extrato de saturação da argila;
- PS - representa a porcentagem de saturação da argila, que representa o volume de água necessário para saturar a amostra em termos de porcentagem;

Y - representa o valor obtido através de regressão linear simples entre os sais contidos no extrato de saturação da argila, como resíduo sólido seco, e a condutividade elétrica do extrato de saturação da argila (dS/m), a exemplo da equação (2), onde:

CE - representa a condutividade elétrica.

Tal expressão matemática foi utilizada primeiramente por Ribeiro (1996), para converter os valores da condutividade elétrica, dos extratos de saturação das argilas para percentagem de sais solúveis totais nas argilas. Entretanto, na equação utilizada por Ribeiro (1996), o valor do fator de conversão utilizado foi 640, conforme recomendações de Richards (1954).

$$\% \text{Sais Solúveis Totais} = \frac{\text{CE} \cdot 640 \cdot \text{PS}}{10^6} \quad (3)$$

No trabalho desenvolvido por Figueiredo (1997), o fator de conversão (640) da Equação (3), foi substituído por um fator de correção variável, cujo valor é função da condutividade elétrica (CE), Equação (1). Este fator (Y) foi obtido através de regressão linear simples, entre a condutividade elétrica (CE) e o resíduo sólido do extrato de saturação.

Neste trabalho, considera-se-á a equação recomendada por Figueiredo (1997), cujo valor do fator de correção é em função da CE, ou seja:

$$\% \text{Sais Solúveis Totais} = \frac{\text{Y} \cdot \text{PS}}{10^6} \quad (1)$$

Obs.: Y será determinado de acordo com o material analisado (brita, areia ou massame).

Nascimento (1998) elaborou um trabalho com o objetivo de desenvolver uma metodologia de pesquisa que pudesse auxiliar, de forma simples e sistemática, pessoas ligadas a área da construção civil, como técnicos, engenheiros civis, engenheiros de materiais e oleiros, na obtenção e confecção de produtos cerâmicos, mais precisamente de tijolos e telhas, que

pudessem apresentar a menor tendência possível a apresentação de eflorescências e subeflorescências quer no produto acabado ou durante a sua vida útil.

A partir dos ensaios realizados, Nascimento (1998) concluiu que os comportamentos desenvolvidos pelos corpos-de-provas são influenciados pela temperatura de queima e concentração de sais solúveis na água de amassamento.

Os resultados do estudo realizado por Nascimento (1998) permitem concluir que as melhores argilas para serem utilizadas como matérias-primas dos "efflorwicks test" foram as de Mamanguape (amostra nº 7) e de Picuí (amostra nº 24), queimadas a temperatura de 900°C.

Com base no estudo bibliográfico realizado, a problemática da eflorescência e subeflorescência na construção civil é de suma importância, visto que traz consigo efeitos bastante danosos, se não no término da obra, durante a sua vida útil, acarretando elevado custo de reparo e manutenção. As chamadas subeflorescências, que desenvolvem-se no interior dos materiais, possuem um carácter bem mais prejudicial do que as eflorescências, ao passo que produzem tensões internas elevadas. Tanto as eflorescências, como as subeflorescências, oriundas do mesmo mecanismo de formação, tendo como fator principal de atuação, entre outros, a presença de água. A eliminação deste fator, através de uma boa impermeabilização e de uma boa drenagem, evitará a ocorrência do processo eflorescente. A temperatura ambiental e de queima, a umidade relativa, o grau de solubilização dos sais presentes nos materiais também constituem fatores de influência no surgimento das eflorescências e subeflorescências. Através de processos preventivos, tais como: drenagem, impermeabilização, controle de temperatura de queima dos materiais cerâmicos, seleção adequada de materiais de construção, etc, poderemos eliminar as eflorescências e subeflorescências das obras civis.

CAPÍTULO III

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Introdução

Neste capítulo são apresentados os materiais estudados e os métodos de ensaios utilizados para viabilização desta pesquisa. Todo o procedimento experimental foi realizado nos laboratórios dos Departamentos de Engenharia Civil e de Engenharia Agrícola, no Campus II, da Universidade Federal da Paraíba (UFPb).

Para escolha dos materiais, fez-se um levantamento em dezesseis casas de materiais de construção da cidade de Campina Grande, juntamente com as jazidas de origem. A seguir apresentam-se maiores detalhes a respeito das amostras coletadas.

3.2 - Materiais

Foram utilizados para fins desta pesquisa os materiais básicos de construção: brita, areia e massame. Estes materiais foram coletados nas lojas de materiais de construção que abastecem a cidade de Campina Grande, listados a seguir. Cada amostra coletada consistia de cerca de 5kg.

Para a confecção dos “efflorwicks”, foi utilizado um material argiloso estudado por Ribeiro (1996) e por Nascimento (1998). Este foi coletado na de Picuí (amostra nº 24). Este material argiloso foi utilizado devido às boas características quanto ao baixíssimo grau de eflorescência, sendo assim, serve de matéria-prima adequada para confecção dos “efflorwicks”.

Características da argila utilizada:

Amostra: n° 24

Cerâmica CASA DA PEDRA - Proprietário: José Antônio

Localização: Picuí - PB - Bacia Hidrográfica: Seridó

Características: CE = 0,38 dS/m; Soma dos cátions = 4,87meq/l; Soma dos ânions = 4,20meq/l e Percentagem de sais solúveis totais = 0,01, de acordo com os resultados obtidos por Ribeiro(1996) ou 0,008; de acordo com os resultados obtidos por Figueiredo(1997).

Tijolos analisados: Absorção = 13,6%; CE = 0,04 dS/m; Teor de sais = 0,010%

Obs.: Ambas as amostras (n° 7 e n° 24) obedecem os limites estabelecidos pela norma NBR 7171 (ABNT,1992).

A seguir, apresenta-se na TABELA 3.01, os diversos materiais analisados nesta pesquisa.

TABELA 3.01 - Identificação dos pontos de coleta das amostras na cidade de Campina Grande.

Identificação dos pontos de coleta das amostras na cidade de Campina Grande				Materiais coletados e procedência		
Ordem	Estabelecimento comercial	Endereço	Telefone	Brita*	Arcia	Massame
01	Casa Barbosa	Rua João Quirino, 864 - Catolé	337-2920	B1	A1 - Barra de São Miguel	M1 - Boa Vista
02	Depósito São João	Rua Vereador Benedito Mota, 57 - Alto Branco	321-2560	B2	A2 - Barra de Santana	M2 - Alça Sudoeste
03	Polo Rocha Materiais de Construção	Rua Apônia Amourim, 553 - Alto Branco	321-4689	B3	A3 - Barra de Santana	M3 - Genipapo
04	CIMAC - Comércio Ind. de Mat. de Const. Ltda.	Av. Almirante Barroso, 12 - Liberdade	321-6358	B4	A4 - Barra de Santana	M4 - Lucas
05	Real Materiais de Construção	Av. João Cavalcante Arruda, 22 - Presidente Médice	335-2800	B5	A5 - Barra de Santana	M5 - Massaranduba
06	Piramidal	Av. Juscelino Kubistchek, 2175 - Cruzeiro	335-3209	B6	A6 - Barra de Santana	M6 - Lucas
07	Casanova	Av. Juscelino Kubistchek, 2175 - Cruzeiro	335-1945	B7	A7 - Barra de Santana	M7 - Lucas
08	Neves Materiais	Rua D. Pedro II, 1041 - Prata	971-9949	B8	A8 - Boa Vista	M8 - Genipapo
09	Albuquerque Material de Construção	Rua Joaquim Caroca, 10 - Bodocongó	333-1054	B9	A9 - Pocinhos	M9 - Boa Vista
10	O Quarentão	Av. Almirante Barroso, 40 - Liberdade	322-2180	B10	A10 - Barra de Santana	M10 - Lucas
11	Comercial Costa e Clementino Ltda	Av. Almirante Barroso, 1058 - Liberdade	321-3527	B11	A11 - Barra de Santana	M11 - Lucas
12	Casa Santa Maria	Rua Assembléia de Deus, 2509 - Pedregal	333-1775	B12	A12 - Barra de Santana	M12 - Lucas
13	J. Macêdo de Construção	Av. Assis Chateaubriand, 1388 - Liberdade	331-3899	B13	A13 - Barra de Santana	M13 - Massaranduba
14	Armazém Constrular	Av. Juscelino Kubistchek, 679 - Cruzeiro	335-1155	B14	A14 - Barra de Santana	M14 - Lucas
15	Galêgo Materiais de Construção	Av. Aprígio Veloso, 1249 - Bodocongó	333-1886	B15	A15 - Barra de Santana	M15 - Massaranduba
16	Tadeu Materiais de Construção	Rua Floripedes Coutinho, s/n - Bodocongó	333-1265	B16	A16 - Barra de Santana	M16 - Genipapo

*Todas as amostras de britas são da Pedraq, e são provenientes do Distrito de São José da Mata.

Obs.: As diferentes amostras foram denominadas pelos subscritos 1, 2, 3..., referindo-se aos estabelecimentos onde foram coletadas. Por exemplo: amostra B1, significa que trata-se de uma amostra de brita e que esta foi coletada no estabelecimento correspondente ao 1, ou seja, Casa Barbosa.

3.3 - Métodos

3.3.1 - Beneficiamento das amostras de materiais, determinação de pH da pasta saturada, determinação da condutividade elétrica do extrato de saturação e determinação da composição iônica dos extratos de saturação

Beneficiamento das amostras:

- Brita: com o objetivo de uniformizar ao máximo as amostras de brita, estas foram britadas, em britador mecânico, e peneiradas na peneira nº 8 (2,4mm). Após o peneiramento dos materiais britados, estes foram armazenados em sacos plásticos, devidamente catalogados (B1, B2, B3, ..., B16), com o intuito de evitar contaminações com outros agentes e manter as características naturais.
- Areia e massame: as amostras de areia e massame, com o objetivo de manter as suas características naturais, elas foram armazenadas em sacos plásticos, devidamente catalogadas, respectivamente, (A1, A2, A3, ..., A16 e M1, M2, M3, ..., M16), com o intuito de evitar contaminações de agentes exteriores.

Determinação do pH, da CE e da composição iônica

Para a medição do pH da pasta saturada foi utilizado o medidor de pH digital DMPH-2 Digimed.

Para a medição da condutividade elétrica do extrato de saturação foi utilizado o condutímetro E 527 Metrohm Herisau, de leitura direta, com sensibilidade de duas casas decimais. O ajuste da temperatura foi realizado pelo fator de correção desenvolvido por Richards (1954). Os valores são dados em mmhos/cm ou dS/m.

Nos ensaios para quantificação dos íons, determinou-se as características salinas dos materiais de construção: massame, areia e brita. Para determinação

destas características (Ca, Mg, Na, K, Cl, CO₃, HCO₃), utilizou-se os Métodos 2.32 a 2.40 (EMBRAPA, 1979), enquanto que para os sulfatos, foi utilizado o método turbidimétrico (APHA, 1989).

Para verificação dos resultados utilizou-se a porcentagem de precisão dada pela seguinte expressão:

$$\% \text{Precisão} = \frac{[\text{Total de cátions} - \text{Total de ânions}]}{[\text{Total de cátions} + \text{Total de ânions}]} \times 100$$

Conforme Richards (1954), os resultados com valores abaixo de 5% são considerados de excelente precisão, valores entre 5% e 10% são considerados aceitáveis e, acima de 10%, devem ser reanalisados.

Métodos

- Método 2.32 - EMBRAPA - SNLCS Manual de Métodos de Análise de Solo. Método: Extrato de Saturação.
- Método 2.33 - condutividade elétrica, empregando o condutivímetro (E 527 Metrohm Herisau de leitura direta, com precisão de duas casas decimais). Para determinar a condutividade elétrica, seguiu-se o Método 2.33 da EMBRAPA (1979) e ajuste da temperatura pelo fator de correção determinado por Richards (1954).
- Métodos 2.34 e 2.35 - determinação de cálcio e magnésio - método complexométrico pelo EDTA.
- Métodos 2.36 e 2.37 - determinação de sódio e potássio - método fotométrico ou espectrofotométrico.
- Métodos 2.38 e 2.39 - determinação de carbonatos e bicarbonatos - método volumétrico com titulação pelo ácido sulfúrico.
- Método 2.40 - determinação de cloretos - método volumétrico pelo nitrato de prata.
- Método Turbidimétrico para determinação de sulfatos (APHA, 1989).
- Resíduo Sólido (EMBRAPA, 1979)

Estes métodos estão detalhados nos Anexos 3 a 15.

3.3.2 - Estudo de correlação entre a condutividade elétrica e a percentagem de sais solúveis totais

Através de regressão linear simples, determinou-se a interdependência entre a condutividade elétrica e a percentagem de sais solúveis totais, obtendo assim, três equações específicas para cada tipo de material analisado (brita, areia e massame). As análises foram processadas num computador Pentium 100, utilizando a planilha eletrônica Excel, versão 7.0. Por meio de correlação linear simples, determinou-se a interdependência entre as variáveis x e y , cuja equação é dada por $y = a+bx$, em que x representa o termo independente (CE) e y o termo dependente (resíduo sólido), e onde “ b ” representa a inclinação da reta e “ a ” interseção com o eixo do y .

A confiabilidade da equação é dada pelos coeficientes de correlação (R) e de significância (α), visto que a equação será tanto mais confiável quanto, mais R se aproximar de ± 1 e α aproximar-se de zero.

3.3.3 - “Efflorwick Test”

O “efflorwick test” trata-se de um método utilizado para verificar a tendência de um material apresentar eflorescência. Este ensaio de eflorescência é um ensaio qualitativo e não quantitativo.

Segundo recomendações de Nascimento (1998) e seguindo a metodologia desenvolvida por Amberg & Washburn (1946), fize-se uso deste método nesta pesquisa, servindo-se de base classificatória quanto ao grau de eflorescência dos materiais ensaiados. Williams & Ford (1982), também fizeram uso dessa metodologia classificatória. Adotar-se-á as convenções utilizadas por Ribeiro (1996): 0 - superfície livre de eflorescência, 1 - muito pouco, 2 - pouco, 3 - moderado e 4 - altíssimo. Para o ensaio de eflorescência foram seguidas recomendações de Amberg & Washburn (1946) e feita uma adaptação do

método da C 67 (ASTM, 1992), descrita em anexo (nº 14). Assim, o ensaio foi executado para cada amostra de material de construção coletado (brita, areia e massame), seguindo as indicações abaixo:

Metodologia:

1. cinco “wicks”, separadamente, do material argiloso (nº 24), foram utilizados para ensaiar cada material coletado de brita, areia e massame;
2. os “wicks” foram colocados em contato indireto com o material estudado, tendo a água destilada como intermediário, a uma altura de $1,0 \pm 0,1$ cm, sob condições de umidade e temperatura ambientes, onde permaneceram durante sete dias. A temperatura neste período variou entre 24° C e 29° C, e a umidade relativa apresentou uma variação de 38,00% a 99,00%;
3. em seguida, os “wicks” foram secos a 110° C, durante 24 horas, sendo posteriormente classificados de acordo com a escala de 0 a 4, utilizada por Ribeiro (1996).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Introdução

São apresentados e discutidos neste capítulo os resultados que foram obtidos através da determinação do resíduo sólido, da medição de pH da pasta saturada, da medição da condutividade elétrica do extrato de saturação, do ensaio do “efflorwick test” e dos ensaios para quantificação dos compostos salinos. Apresentar-se-á também uma análise dos dados.

4.2 - Determinação do pH da pasta saturada, da condutividade elétrica do extrato de saturação e da sua composição iônica para os diferentes materiais analisados

4.2.1 - Brita

• Valores obtidos de pH na pasta saturada e da CE do extrato de saturação das amostras de brita

Os valores de pH na pasta de saturação das amostras de brita variaram de 7,5 a 8,13, conforme pode-se verificar na TABELA 4.01. De acordo com as normas espanholas EH-80, estes valores estão dentro do limite admissível, ou seja, acima de 5,0 (Cánovas, 1988). Entretanto, segundo a norma brasileira NB-1 (ABNT, 1978), algumas amostras apresentaram valores de pH, ligeiramente acima do admissível (entre 8,0 e 8,13) (amostras n.º 4, n.º 5, n.º 8, n.º 9, n.º 11, n.º 12, n.º 13, n.º 14, n.º 15 e n.º 16).

Os valores da condutividade elétrica das amostras de brita variaram de 0,128dS/m a 0,560dS/m, conforme também pode-se verificar na TABELA 4.01.

TABELA 4.01 - Valores de pH na pasta saturada e da CE no extrato de saturação obtidos a partir das amostras de brita.

Amostras	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16
pH	7,50	7,92	7,85	8,13	8,08	7,83	7,73	8,09	8,07	7,97	8,07	8,01	8,13	8,03	8,04	8,02
CE (dS/m)	0,200	0,162	0,208	0,152	0,258	0,156	0,558	0,128	0,140	0,164	0,158	0,168	0,166	0,560	0,150	0,216

• **Valores obtidos dos ensaios de quantificação dos íons das amostras de brita**

As amostras de brita analisadas possuem a característica peculiar de não apresentarem carbonatos, conforme se observa na TABELA 4.02. Quanto a bicarbonatos, todas as amostras analisadas não ultrapassaram o valor de 1,4 meq/l.

O maior valor de sulfatos apresentado pelos extratos de saturação das amostras de brita analisadas foi de 0,469meq/l ou 22,5mg/l, sendo assim, com base nos sulfatos, segundo as normas espanhola EII-80 (Cánovas, 1988) e brasileira NB-1 (ABNT, 1978), todas as amostras podem ser consideradas dentro dos limites admissíveis, respectivamente, de sulfatos abaixo de 1g/l - EII-80 (Cánovas, 1988) e sulfatos abaixo de 0,3 g/l - NB-1 (ABNT, 1978).

O maior valor de cloretos apresentado pelos extratos de saturação das amostras de brita analisadas foi de 4,50meq/l ou 159,525mg/l, sendo assim, com base nos cloretos, segundo as normas espanhola EH-80 (Cánovas, 1988) e brasileira NB-1 (ABNT, 1978), todas as amostras podem ser consideradas dentro dos limites admissíveis, respectivamente, de cloretos abaixo de 6g/l - EH-80 Cánovas, 1988) e cloretos abaixo de 0,5 g/l - NB-1 (ABNT, 1978).

TABELA 4.02 - Valores obtidos dos ensaios de quantificação dos íons das amostras de brita.

Amostras	Cátions Solúveis - meq/l					Ânions Solúveis - meq/l				
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Total	CO ₃ ²⁻	CO ₃ H ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Total
B1	1,625	0,125	0,623	0,149	2,522	0	1,400	0,750	0,438	2,588
B2	0,500	1,750	0,324	0,298	2,872	0	1,300	1,000	0,333	2,633
B3	0,750	1,250	0,714	0,283	2,997	0	1,200	1,250	0,354	2,804
B4	0,625	1,625	0,332	0,239	2,871	0	1,100	1,000	0,271	2,371
B5	1,000	1,375	0,349	0,298	3,022	0	1,300	1,750	0,240	3,290
B6	0,625	1,250	0,382	0,239	2,496	0	0,900	1,250	0,396	2,546
B7	1,000	1,750	1,385	0,447	5,032	0	0,900	4,250	0,469	5,619
B8	1,125	1,625	0,208	0,239	3,197	0	1,100	2,000	0,323	3,423
B9	1,125	2,000	0,175	0,224	3,524	0	1,200	1,750	0,219	3,169
B10	1,125	1,375	0,365	0,239	3,104	0	0,800	1,500	0,318	2,618
B11	1,000	1,625	0,324	0,209	3,158	0	1,400	1,250	0,281	2,931
B12	0,625	2,875	0,498	0,149	4,147	0	0,800	2,250	0,371	3,421
B13	0,750	2,000	0,332	0,313	3,395	0	1,100	1,750	0,192	3,042
B14	1,250	1,625	1,735	0,432	5,042	0	0,900	4,500	0,260	5,660
B15	1,500	0,875	0,208	0,239	2,822	0	1,300	1,000	0,310	2,610
B16	1,000	2,375	0,697	0,224	4,296	0	1,200	2,000	0,385	3,585

• **Resultados da determinação dos resíduos sólidos secos como sais solúveis nos extratos de saturação das amostras de brita.**

Pode-se observar que a faixa de valores obtida da determinação do resíduo sólido nas amostras de brita variou de 84,967 mg/l a 403,092 mg/l. Segundo a norma NB-1 (ABNT, 1978), os valores obtidos de resíduo sólido nas amostras de brita estão dentro do limite admissível, já que o maior valor medido não excedeu o limite especificado de 500mg/l.

TABELA 4.03 - Resultados obtidos a partir da determinação do resíduo sólido nas amostras de brita.

AMOSTRAS	SAIS NO EXTRATO (mg/l)
B1	139,980
B2	115,022
B3	171,320
B4	96,980
B5	179,640
B6	120,340
B7	384,670
B8	84,967
B9	104,210
B10	109,753
B11	114,702
B12	121,020
B13	131,005
B14	403,092
B15	95,230
B16	158,402

• **Determinação da equação específica das amostras de brita por regressão linear simples**

A partir dos resultados obtidos das amostras analisadas de brita, através de regressão linear simples, entre a condutividade elétrica e a quantidade de sais presentes como resíduos sólidos no extrato de saturação, obtém-se uma equação específica, cuja apresentação se encontra na TABELA 4.04, a seguir.

TABELA 4.04 - Equação específica das amostras de brita por regressão linear simples.

Resumo dos resultados		
Amostras	CE (X) (dS/m)	Sais no extrato (mg/l)
B1	0,200	139,980
B2	0,162	115,022
B3	0,208	171,320
B4	0,152	96,980
B5	0,258	179,640
B6	0,156	120,340
B7	0,558	384,670
B8	0,128	84,967
B9	0,140	104,210
B10	0,164	109,753
B11	0,158	114,702
B12	0,168	121,020
B13	0,166	131,005
B14	0,560	403,092
B15	0,150	95,230
B16	0,216	158,402

Estatística de regressão linear simples	
R múltiplo	0,995079728
R quadrado	0,990183666
Erro padrão	10,19036501
Nível de significância	1,93E-14
<i>Coefficientes</i>	a = 2,440781132
	b = 702,9572522

Equação específica	
$Y = 2,441 + 702,957x$	(4)

• **Determinação da percentagem de sais solúveis totais (%Sais Solúveis Totais) a partir das Equações (1) e (4) para as amostras de brita**

A constante 640 da Equação (3), sugerida por Richards (1954), foi substituída pela Equação da reta (4), obtida por regressão linear simples entre os valores de condutividade elétrica (CE) e os valores de resíduos sólidos secos das amostras de brita.

- Para determinação das percentagens de sais solúveis totais das amostras de brita utilizou-se a equação a seguir:

%Sais Solúveis Totais = $(Y.PS)/10^6$ (Equação 1), substituindo o Y (Equação 4), tem-se:

$$\%Sais\ Solúveis\ Totais = [(2,441+702,957CE)PS]/10^6$$

$$\%Sais\ Solúveis\ Totais = (2,441PS+702,957.CE.PS)/10^6$$

Logo

$$\%Sais\ Solúveis\ Totais = \frac{2,44PS + 702,96.CE.PS}{10^6}$$

As amostras de brita analisadas apresentaram percentagens de sais solúveis totais entre 0,00228 e 0,01056.

TABELA 4.05 - Percentagens de sais solúveis totais das amostras de brita a partir das Equações (1) e (4).

AMOSTRAS	CE (X) (dS/m)	PS(%)	% SAIS TOTAIS
B1	0,200	23,333	0,00334
B2	0,162	23,000	0,00268
B3	0,208	20,000	0,00297
B4	0,152	24,333	0,00266
B5	0,258	22,667	0,00417
B6	0,156	22,333	0,00250
B7	0,558	21,667	0,00855
B8	0,128	24,667	0,00228

continua

TABELA 4.05 - Continuação

B9	0,140	28,000	0,00282
B10	0,164	23,333	0,00275
B11	0,158	23,000	0,00261
B12	0,168	24,667	0,00297
B13	0,166	23,667	0,00282
B14	0,560	26,667	0,01056
B15	0,150	24,333	0,00263
B16	0,216	21,667	0,00334

- Estatística descritiva dos valores de pH das pastas saturadas, da CE dos extratos de saturação e das composições iônicas das diferentes amostras de brita
- Estatística descritiva do pH e da CE das diferentes amostras de brita

TABELA 4.06 - Estatística descritiva do pH da pasta saturada e da CE do extrato de saturação para as diferentes amostras de brita.

Amostras	Média	Mediana	Variância	Máximo	Mínimo
pH					
Brita	7,998	8,03	0,01376	8,13	7,50
Condutividade Elétrica do extrato de saturação (CE - dS/m)					
Brita	0,2215	0,165	0,0184	0,560	0,128

* 16 amostras de brita.

Como pode-se verificar, através da estatística descritiva dos resultados de pH nas pastas saturadas das amostras analisadas de brita, o maior valor obtido foi de 8,13 e o menor foi de 7,50.

Já, como pode-se verificar, através da estatística descritiva dos resultados de condutividade elétrica (CE) nos extratos de saturação das amostras de brita analisadas, o maior valor obtido foi de 0,560dS/m e o menor foi de 0,128dS/m.

Segundo a norma NB-1/78, da ABNT (1978), algumas amostras apresentam valores de pH ligeiramente acima do admissível - 8,0 (amostras nº 4,

nº 5, nº 8, nº 9, nº 11, nº 12, nº 13, nº 14, nº 15 e nº 16). Entretanto, de acordo com a norma espanhola EH - 80 (CÁNOVAS, 1988), a faixa de valores de pH das amostras de brita está dentro da especificada.

• **Porcentagens de precisão dos ensaios de quantificação dos íons das amostras de brita**

Como pode-se verificar, segundo as porcentagens de precisão (diferença entre cátions e ânions), definidas por Richards (1954), 50% dos resultados podem ser considerados de excelente precisão, e 50% dos resultados são considerados aceitáveis. A amostra B6 apresentou a maior diferença, de 0,992%. Em todas as amostras de brita, a porcentagem de precisão foi abaixo de 10%, portanto todos os valores obtidos podem ser considerados aceitáveis.

A seguir, na TABELA 4.07, apresenta-se as porcentagens de precisão dos ensaios de quantificação dos compostos salinos, segundo recomendações de Richards (1954).

TABELA 4.07 - Porcentagens de precisão dos ensaios de quantificação dos íons, segundo Richards (1954).

Amostras	Brita		
	Cátions	Ânions	Precisão
	total	total	%
01	2,522	2,588	1,292
02	2,872	2,633	4,342
03	2,997	2,804	3,327
04	2,871	2,371	9,538
05	3,022	3,290	4,246
06	2,496	2,546	0,992
07	5,032	5,619	5,511
08	3,197	3,423	3,414

continua

TABELA 4.07 - Continuação

09	3,524	3,169	5,304
10	3,104	2,618	8,494
11	3,158	2,931	3,728
12	4,147	3,421	9,593
13	3,395	3,042	5,484
14	5,042	5,660	5,775
15	2,822	2,610	3,903
16	4,296	3,585	9,022

• **Estatística descritiva da composição iônica das diferentes amostras de brita**

Dentre as amostras analisadas de brita, de acordo com a TABELA 4.08, as amostras de brita foram as que apresentaram maiores concentrações de sulfatos.

A seguir, na TABELA 4.08, apresenta-se uma análise dos valores obtidos dos ensaios de quantificação dos íons das diferentes amostras de brita.

TABELA 4.08 - Estatística descritiva da composição iônica das diferentes amostras de brita.

Estatística descritiva dos resultados					
Componentes minerais					
Componentes minerais	Média (meq/l)	Mediana (meq/l)	Variância (meq/l)	Máximo (meq/l)	Mínimo (meq/l)
Brita					
Cálcio	0,977	1,000	0,096	1,625	0,500
Magnésio	1,594	1,813	0,353	2,875	0,125
Sódio	0,569	0,192	0,236	1,835	0,175
Potássio	0,264	0,232	0,006	0,447	0,149
Carbonatos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Bicarbonatos	1,119	1,150	0,039	1,400	0,800
Cloretos	1,828	1,875	1,099	4,500	0,750
Sulfatos	0,322	0,271	0,006	0,469	0,192

• **Estatística descritiva dos valores obtidos da percentagem de sais solúveis totais das diferentes amostras de brita**

A seguir, na TABELA 4.09, apresenta-se uma análise estatística dos valores obtidos da percentagem de sais solúveis totais.

TABELA 4.09 - Estatística descritiva dos valores obtidos da percentagem sais totais.

Percentagem de sais solúveis totais (%Sais)					
Amostras	Média	Desvio padrão	Variância	Máximo	Mínimo
Brita	0,00373	0,00234	5,502E-6	0,01056	0,00228

Como pode-se verificar, através da análise dos resultados de percentagem de sais solúveis totais (%Sais Solúveis Totais), apresentada na TABELA 4.09, nos extratos de saturação das amostras analisadas de brita; o maior valor obtido foi de 0,01056% e o menor foi de 0,00228%.

4.2.2 - Areia

• **Valores obtidos do pH na pasta saturada e da CE do extrato de saturação das amostras de areia**

Os valores de pH na pasta de saturação das amostras de areia variaram de 6,92 a 7,75, apresentados na TABELA 4.10. Segundo a norma espanhola (EH-80), já citada anteriormente, estes valores estão dentro dos limites admissíveis, ou seja, acima de 5,0 (Cánovas, 1988). Também segundo a norma brasileira, NB-1 (ABNT, 1978), todas as amostras de areia podem ser consideradas dentro dos valores limites admissíveis de pH, pois estão dentro da faixa proposta por este órgão, ou seja, $4,0 \leq \text{pH} \leq 8,5$.

Os valores da condutividade elétrica nos extratos de saturação, TABELA 4.10, das amostras de areia variaram de 0,215dS/m a 1,260dS/m. Isto se deve a diversidade de jazidas estudadas.

TABELA 4.10 - Valores de pH na pasta saturada e da CE no extrato de saturação obtidos a partir das amostras de areia.

Amostras	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16
pH	7,46	7,42	7,64	7,39	7,36	7,25	7,30	7,17	7,12	7,27	7,25	7,11	7,75	7,40	7,68	6,92
CE (dS/m)	0,495	0,350	0,475	0,317	0,216	0,375	0,256	0,373	1,210	0,215	1,260	0,258	0,515	0,288	0,530	0,234

◦ **Valores obtidos dos ensaios de quantificação dos íons das amostras de areia**

Como as amostras de brita, de acordo com a TABELA 4.11, as amostras de areia também possuem a característica peculiar de não apresentarem carbonatos. Quanto a bicarbonatos, todas as amostras analisadas não ultrapassaram o valor de 4,0 meq/l

O maior valor de sulfatos apresentado pelos extratos de saturação das amostras de areia analisadas foi de 0,447meq/l ou 21,45mg/l, sendo assim, com base nos sulfatos, segundo as normas espanhola EH-80 (Cánovas, 1988) e brasileira NB-1 (ABNT, 1978), todas as amostras podem ser consideradas dentro dos limites admissíveis, respectivamente, de sulfatos abaixo de 1g/l - EH-80 (Cánovas, 1988) e abaixo de 0,3 g/l - NB-1 (ABNT, 1978).

O maior valor de cloretos apresentado pelos extratos de saturação das amostras de areia analisadas foi de 10,00meq/l ou 354,50mg/l, sendo assim, com base nos cloretos, segundo as normas espanhola EH-80 (Cánovas, 1988) e brasileira NB-1 (ABNT, 1978), todas as amostras podem ser consideradas dentro dos limites admissíveis, respectivamente, de cloretos abaixo de 6g/l - EH-80 (Cánovas, 1988) e cloretos abaixo de 0,5 g/l - NB-1 (ABNT, 1978).

TABELA 4.11 - Valores obtidos dos ensaios de quantificação dos íons das amostras de areia.

Amostras	Cátions Solúveis - meq/l					Ânions Solúveis - meq/l				
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Total	CO ₃ ²⁻	CO ₃ H	Cl	SO ₄ ²⁻	Total
A1	3,375	1,250	0,407	0,521	5,553	0	4,000	2,000	0,375	6,375
A2	3,875	0,250	0,631	0,298	5,054	0	3,000	2,500	0,281	5,781
A3	1,750	2,625	1,245	0,372	5,992	0	3,800	1,500	0,335	5,635
A4	3,625	0,500	0,506	0,238	4,869	0	3,900	0,750	0,447	5,097
A5	2,750	1,000	0,540	0,179	4,469	0	3,000	1,500	0,277	4,777
A6	1,125	2,250	1,660	0,417	5,452	0	3,200	2,250	0,363	5,814
A7	2,875	2,125	0,813	0,566	6,379	0	2,800	2,750	0,273	5,823
A8	2,750	0,125	0,606	0,388	4,369	0	1,900	2,500	0,268	4,668
A9	1500	6,625	5,561	0,566	14,252	0	2,900	9,500	0,384	12,784
A10	1,375	1,750	0,631	0,357	4,113	0	2,600	1,750	0,283	4,633
A11	3,125	3,125	5,644	0,626	12,520	0	3,000	10,00	0,268	13,268
A12	1,875	0,625	1,079	0,775	4,354	0	1,000	2,750	0,372	4,122
A13	2,000	1,375	0,398	0,536	4,309	0	2,200	1,500	0,281	3,981
A14	2,000	0,875	0,656	0,626	4,157	0	2,600	1,250	0,319	4,169
A15	3,250	0,875	1,494	0,492	6,111	0	3,600	2,000	0,320	5,920
A16	1,500	1,750	0,631	0,313	4,194	0	2,200	2,500	0,267	4,967

• **Resultados da determinação dos resíduos sólidos nas amostras de areia.**

Pode-se observar que a faixa de valores obtida da determinação do resíduo sólido nas amostras de areia variou de 161,740 a 1199,112mg/l. Segundo a norma NB-1 (ABNT, 1978), os valores obtidos de resíduo sólido nas amostras de areia estão dentro do limite admissível, com exceção das amostras n.º 09 e n.º 11, pois estes apresentaram valores medidos acima do limite admissível pela norma (500mg/l).

TABELA 4.12 - Resultados obtidos a partir da determinação do resíduo sólido nas amostras de areia.

AMOSTRAS	SAIS NO EXTRATO (mg/l)
A1	443,860
A2	212,586
A3	463,639
A4	221,998
A5	268,234
A6	301,568
A7	251,340
A8	355,907
A9	1020,080
A10	161,740
A11	1199,112
A12	281,434
A13	436,970
A14	268,089
A15	455,978
A16	231,978

• **Determinação da equação específica das amostras de areia por regressão linear simples**

A partir dos resultados obtidos das amostras analisadas de areia, através de regressão linear simples, entre a condutividade elétrica e a quantidade de sais no extrato (determinação do resíduo sólido), obtivemos uma equação específica, cuja apresentação se encontra na TABELA 4.13, a seguir.

TABELA 4.13 - Equação específica das amostras de areia por regressão linear simples.

Resumo dos resultados		
Amostras	CE (X) (dS/m)	Sais no extrato (mg/l)
A1	0,495	443,860
A2	0,330	212,586
A3	0,475	463,639
A4	0,317	221,998
A5	0,216	268,234
A6	0,375	301,568
A7	0,256	251,340
A8	0,373	355,907
A9	1,210	1020,080
A10	0,215	161,740
A11	1,260	1199,112
A12	0,258	281,434
A13	0,515	436,970
A14	0,288	268,089
A15	0,530	455,978
A16	0,234	231,978
Estatística de regressão simples		
R múltiplo		0,986484899
R quadrado		0,973152456
Erro padrão		51,10938017
Nível de significância		0,005956076
Coeficientes		a = 1,0175348
		b = 892,497078
Equação específica		
$Y = 1,02 + 892,4971x \quad (5)$		

- **Determinação da percentagem de sais solúveis totais (%Sais Solúveis Totais) a partir das Equações (1) e (5) para as amostras de areia**

A constante 640 da Equação (3), sugerida por Richards (1954), foi substituída pela Equação da reta (5), obtida por regressão linear simples entre os valores de condutividade elétrica (CE) e os valores de resíduos sólidos secos das amostras de areia.

- Para determinação das percentagens de sais solúveis totais das amostras de areia utilizou-se a Equação a seguir:

%Sais Solúveis Totais = $(Y.PS)/10^6$ (Equação 1), substituindo o Y (Equação 5), teremos:

$$\%Sais\ Solúveis\ Totais = [(1,02 + 892,4971CE)PS]/10^6$$

$$\%Sais\ Solúveis\ Totais = (1,02PS + 892,4971.CE.PS)/10^6$$

Logo

$$\%Sais\ Solúveis\ Totais = \frac{1,02PS + 892,497.CE.PS}{10^6}$$

As amostras de areia analisadas apresentaram percentagens de sais solúveis totais entre 0,001121 à 0,02675. Tal variação de resultados, provavelmente, resulta da diversidade de jazidas estudadas.

TABELA 4.14 -Percentagens de sais solúveis totais das amostras de areia a partir Equações (1) e (5).

AMOSTRAS	CE (X) (dS/m)	PS(%)	% SAIS TOTAIS
A1	0,495	21,667	0,00959
A2	0,330	23,000	0,00680
A3	0,475	16,667	0,00708
A4	0,317	25,667	0,00729
A5	0,216	22,667	0,00439
A6	0,375	21,833	0,00733
A7	0,256	21,667	0,00497

continua

TABELA 4.14 - Continuação

A8	0,373	23,500	0,00785
A9	1,210	24,333	0,02630
A10	0,215	23,000	0,00444
A11	1,260	23,767	0,02675
A12	0,258	24,000	0,00555
A13	0,515	24,333	0,001121
A14	0,288	27,000	0,00697
A15	0,530	25,000	0,01185
A16	0,234	20,333	0,00427

• Estatística descritiva dos valores de pH das pastas saturadas, da CE dos extratos de saturação e das composições iônicas das diferentes amostras de areia

• Estatística descritiva do pH e da CE das diferentes amostras de areia

TABELA 4.15 - Estatística descritiva do pH da pasta saturada e da CE do extrato de saturação para as diferentes amostras de areia.*

Amostras	Média	Mediana	Variância	Máximo	Mínimo
pH					
Areia	7,335	7,30	0,05111	7,75	6,92
Condutividade Elétrica (CE - dS/cm)					
Areia	0,4592	0,3515	0,1030	1,260	0,215

*16 amostras de areia

Como pode-se verificar, através da estatística descritiva dos resultados de pH nas pastas saturadas das amostras analisadas de areia; o maior valor obtido foi de 7,75 e o menor foi de 6,92.

O maior valor obtido da CE nas amostras de areia foi de 1,26dS/m e o menor foi de 0,215dS/m.

Segundo a norma NB-1/78, da ABNT (1978), todas as amostras de areia apresentam valores de pH dentro da faixa admissível - $5,8 \leq \text{pH} \leq 8,0$. De

acordo com a norma espanhola EH - 80 (Cánovas, 1988), a faixa de valores de pH está dentro do especificado.

• **Porcentagens de precisão dos ensaios de quantificação dos íons das amostras de areia segundo Richards (1954)**

De acordo com Richards (1954), os resultados com valores abaixo de 5% são considerados de excelente precisão, valores entre 5% e 10% são considerados aceitáveis e, acima de 10%, devem ser reavaliados.

Como pode-se verificar, segundo as porcentagens de precisão, definidas por Richards (1954), 68,75% dos resultados podem ser considerados de excelente precisão, e 31,25% dos resultados são considerados aceitáveis. A amostra A14 apresentou a maior precisão, de 0,144%. Em todas as amostras de areia, a porcentagem de precisão foi abaixo de 10%, portanto todos os valores obtidos podem ser considerados aceitáveis.

A seguir, na TABELA 4.16, apresenta-se as porcentagens de precisão dos ensaios de quantificação dos íons, segundo recomendações de Richards (1954).

TABELA 4.16 - Porcentagens de precisão dos ensaios de quantificação dos íons, segundo Richards (1954).

Amostras	Areia		
	Cátions	Anions	Precisão
	total	total	%
01	5,553	6,375	6,891
02	5,054	5,781	6,710
03	5,992	5,635	3,070
04	4,869	5,097	2,288
05	4,469	4,777	3,331
06	5,452	5,814	3,213

continua

TABELA 4.16 - Continuação

07	6,379	5,823	4,557
08	4,369	4,668	3,309
09	14,252	12,784	5,430
10	4,113	4,633	5,946
11	12,520	13,268	2,901
12	4,354	4,122	2,737
13	4,309	3,981	3,957
14	4,157	4,169	0,144
15	6,111	5,920	1,588
16	4,194	4,967	8,438

• Estatística descritiva da composição iônica das diferentes amostras de areia

As amostras de areia, de acordo com a TABELA 4.17, apresentaram maiores concentrações de cálcio, bicarbonatos e cloretos.

A seguir, na TABELA 4.17, apresenta-se uma análise dos valores obtidos dos ensaios de quantificação dos íons das diferentes amostras de areia.

TABELA 4.17 - Estatística descritiva da composição iônica das diferentes amostras de areia.

Estatística descritiva dos resultados					
Componentes minerais					
Componentes minerais	Média (meq/l)	Mediana (meq/l)	Variância (meq/l)	Máximo (meq/l)	Mínimo (meq/l)
Areia					
Cálcio	2,422	2,375	0,762	3,875	1,125
Magnésio	1,727	1,313	2,375	6,625	0,250
Sódio	1,406	0,643	2,816	5,644	0,398
Potássio	0,454	0,455	0,025	0,775	0,179
Carbonatos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Bicarbonatos	2,856	2,950	0,624	4,000	1,000
Cloretos	2,938	2,125	7,391	10,000	0,750
Sulfatos	0,320	0,282	0,003	0,447	0,375

• **Estatística descritiva dos valores obtidos da percentagem de sais solúveis totais das diferentes amostras de areia**

A seguir, na TABELA 4.18, apresenta-se uma análise estatística dos valores obtidos da percentagem de sais solúveis totais.

TABELA 4.18 - Estatística descritiva dos valores obtidos da percentagem sais totais.

Percentagem de sais solúveis totais (%Sais)					
Amostras	Média	Desvio padrão	Variância	Máximo	Mínimo
Areia	0,00954	0,00700	4,903E-5	0,02675	0,001121

Como pode-se verificar, através da análise dos resultados de percentagem de sais solúveis totais (%Sais Solúveis Totais), apresentada na TABELA 4.18, nos extratos de saturação das amostras analisadas de areia; o maior valor obtido foi de 0,02675% e o menor foi de 0,001121%.

4.2.3 - Massame

• **Valores obtidos do pH na pasta saturada e da CE no extrato de saturação das amostras de massame**

Conforme a TABELA 4.19, os valores de pH na pasta saturada das amostras de massame variaram de 5,87 a 8,17. De acordo com a norma espanhola (EH-80), antes citada na revisão bibliográfica, estes valores estão dentro dos limites admissíveis, ou seja, acima de 5,0 (Cánovas, 1988). Entretanto, segundo a norma brasileira, ABNT - NB-1/78, a amostra de nº.M09 apresentou valor de pH acima do admissível (8,0), e as demais amostras, segundo esta mesma norma, estão dentro da faixa de valores admissíveis ($5,8 \leq \text{pH} \leq 8,0$).

Os valores da condutividade elétrica nos extratos de saturação das amostras de massame variaram de 0,152dS/m a 0,710dS/m.

TABELA 4.19 - Valores de pH na pasta saturada e da CE no extrato de saturação obtidos a partir das amostras de massame.

Amostras	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16
pH	5,87	6,28	6,20	6,87	6,92	7,08	6,76	6,70	8,17	7,00	6,25	6,51	6,10	6,78	6,85	6,96
CE (dS/m)	0,430	0,710	0,515	0,191	0,223	0,186	0,355	0,230	0,560	0,560	0,365	0,152	0,540	0,395	0,375	0,180

• **Valores obtidos dos ensaios de quantificação dos íons das amostras de massame**

Como pode-se observar na TABELA 4.20, todas as amostras de massame possuem a característica peculiar em comum de apresentarem ausência de carbonatos, igualmente, o que foi também constatado nas amostras de brita e de areia. Quanto a bicarbonatos, todas as amostras analisadas não ultrapassaram o valor de 1,6 meq/l.

O maior valor de sulfatos apresentado pelos extratos de saturação das amostras de massame analisadas foi de 0,390meq/l ou 18,7mg/l, sendo assim, em relação aos sulfatos, segundo as normas espanhola EH-80 (Cánovas, 1988) e brasileira NB-1 (ABNT, 1978), todas as amostras podem ser consideradas dentro dos limites admissíveis, respectivamente, de sulfatos abaixo de 1g/l - EH-80 (Cánovas, 1988) e sulfatos abaixo de 0,3 g/l - NB-1 (ABNT, 1978).

O maior valor de cloretos apresentado pelos extratos de saturação das amostras de massame analisadas foi de 4,250meq/l ou 150,66mg/l, sendo assim, em relação aos cloretos, segundo as normas espanhola EH-80 (Cánovas, 1988) e brasileira NB-1 (ABNT, 1978), todas as amostras podem ser consideradas dentro dos limites admissíveis, respectivamente, de cloretos abaixo de 6g/l - EH-80 (Cánovas, 1988) e cloretos abaixo de 0,5 g/l - NB-1 (ABNT, 1978).

TABELA 4.20 - Valores obtidos dos ensaios de quantificação dos íons das amostras de massame.

Amostras	Cátions Solúveis - meq/l					Ânions Solúveis - meq/l				
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Total	CO ₃ ²⁻	CO ₃ H	Cl	SO ₄ ²⁻	Total
M1	1,000	1,000	0,830	0,626	3,456	0	0,600	2,250	0,358	3,208
M2	1,000	1,125	2,656	0,656	5,437	0	0,900	3,750	0,323	4,973
M3	1,000	1,250	1,992	0,656	4,898	0	1,200	4,250	0,239	5,689
M4	0,750	0,625	0,706	0,269	2,350	0	0,500	1,500	0,333	2,333
M5	0,875	1,000	0,656	0,313	2,844	0	1,100	1,250	0,279	2,629
M6	0,875	0,500	0,556	0,239	2,170	0	1,000	1,000	0,318	2,318
M7	1,125	0,875	0,814	0,358	3,172	0	0,900	1,750	0,390	3,040
M8	1,000	0,875	0,814	0,164	2,853	0	0,600	2,000	0,373	2,973
M9	0,875	0,750	1,328	0,730	3,683	0	1,600	1,500	0,384	3,484
M10	0,750	1,875	1,245	0,209	4,079	0	1,100	2,250	0,388	3,738
M11	1,000	1,250	1,245	0,477	3,972	0	0,900	2,500	0,365	3,765
M12	0,750	0,625	0,540	0,254	2,169	0	0,600	1,750	0,267	2,617
M13	1,750	0,500	1,992	0,626	4,868	0	0,700	3,750	0,354	4,804
M14	0,875	1,250	0,764	0,388	3,277	0	1,000	1,750	0,115	2,865
M15	1,125	1,125	0,199	1,222	3,671	0	0,800	2,500	0,375	3,675
M16	0,625	0,625	0,457	0,209	1,919	0	0,500	1,250	0,269	2,019

• **Resultados da determinação dos resíduos sólidos secos como sais solúveis nos extratos de saturação das amostras de massame**

Pode-se observar que a faixa de valores obtida da determinação do resíduo sólido nas amostras de massame variou de 67,098mg/l a 444,095mg/l. De acordo com a norma da NB-1 (ABNT, 1978), os valores obtidos de resíduo sólido nas amostras de massame estão dentro do limite admissível, já que o maior valor medido não excedeu o limite especificado de 500mg/l, igualmente observado nas amostras de brita e amostras de areia, com exceção das amostras n.º 9 e n.º 11.

TABELA 4.21 - Resultados obtidos a partir da determinação do resíduo sólido nas amostras de massame.

AMOSTRAS	SAIS NO EXTRATO (mg/l)
M1	293,939
M2	444,095
M3	349,632
M4	107,899
M5	154,030
M6	105,057
M7	211,067
M8	231,067
M9	307,056
M10	357,077
M11	187,988
M12	67,098
M13	361,836
M14	265,230
M15	254,970
M16	117,980

- **Determinação da equação específica das amostras de massame por regressão linear simples**

Dos resultados, através de regressão linear simples, entre a condutividade elétrica e a quantidade de sais no extrato, obtivemos uma Equação específica, cuja apresentação se encontra na TABELA 4.22, a seguir.

TABELA 4.22 - Equação específica das amostras de massame por regressão linear simples.

Resumo dos resultados		
Amostras	CE (X) (dS/m)	Sais no extrato (mg/l)
M1	0,430	293,939
M2	0,710	444,095
M3	0,515	349,632
M4	0,191	107,899
M5	0,223	154,030
M6	0,186	105,057
M7	0,355	211,067
M8	0,230	231,067
M9	0,560	307,056
M10	0,560	357,077
M11	0,365	187,988
M12	0,152	67,098
M13	0,540	361,836
M14	0,395	265,230
M15	0,375	254,970
M16	0,180	117,980

Estatística de regressão linear simples	
R múltiplo	0,9589039
R quadrado	0,919496689
Erro padrão	33,25968022
Nível de significância	1,73834E-08
Coefficiente	a = 6,48825145
Coefficiente	b = 618,522346

Equação específica	
$Y = 6,48825 + 618,52235x$	(6)

- **Determinação da percentagem de sais solúveis totais (%Sais Solúveis Totais) a partir das Equações (1) e (6) para as amostras de massame**

A constante 640 da Equação (3), sugerida por Richards (1954), foi substituída pela Equação da reta (6), obtida por regressão linear simples entre os

valores de condutividade elétrica (CE) e os valores de resíduos sólidos secos das amostras de massame.

• Para determinação das percentagens de sais solúveis totais das amostras de massame utilizou-se a Equação a seguir:

%Sais Solúveis Totais = $(Y.PS)/10^6$ (Equação 1), substituindo o Y (Equação 6), teremos:

$$\%Sais\ Solúveis\ Totais = [(6,48825 + 618,52235CE)PS]/10^6$$

$$\%Sais\ Solúveis\ Totais = (6,48825PS + 618,52235.CE.PS)/10^6$$

Logo

$$\%Sais\ Solúveis\ Totais = \frac{6,49PS + 618,52.CE.PS}{10^6}$$

As amostras de massame analisadas apresentaram percentagens de sais totais entre 0,00235 à 0,00851. Tal variação de resultados, provavelmente, resulta da diversidade de manuseio do material, haja vista as amostras serem de diversas jazidas.

TABELA 4.23 - Percentagens de sais solúveis totais das amostras de massame a partir das Equações (1) e (6).

AMOSTRAS	CE (X) (dS/m)	PS(%)	% SAIS TOTAIS
M1	0,430	22,567	0,00615
M2	0,710	19,100	0,00851
M3	0,515	25,267	0,00821
M4	0,191	24,033	0,00300
M5	0,223	25,933	0,00375
M6	0,186	25,167	0,00306
M7	0,355	24,567	0,00555
M8	0,230	20,733	0,00308
M9	0,560	20,000	0,00706
M10	0,560	22,233	0,00785
M11	0,365	21,667	0,00503

continua

TABELA 4.23 - Continuação

M12	0,152	23,333	0,00235
M13	0,540	24,500	0,00834
M14	0,395	19,300	0,00484
M15	0,375	19,833	0,00473
M16	0,180	22,333	0,00263

- Estatística descritiva dos valores de pH das pastas saturadas, da CE dos extratos de saturação e das composições iônicas das diferentes amostras de massame
- Estatística descritiva do pH e da CE das diferentes amostras de massame

TABELA 4.24 - Estatística descritiva do pH da pasta saturada e da CE do extrato de saturação para as diferentes amostras de massame.

Amostras	Somatório	Média	Mediana	Variância	Máximo	Mínimo
pH						
Massame	101,43	6,762	6,78	0,25286	8,17	6,10
Condutividade Elétrica (CE - dS/cm)						
Massame	5,967	0,3730	0,370	0,0290	0,710	0,152

* 16 amostras de massame.

Como pode-se verificar, através da estatística descritiva dos resultados de pH nos extratos de saturação das amostras analisadas de massame; o maior valor obtido foi de 8,17 e o menor foi de 6,10.

Através da estatística descritiva dos resultados de condutividade elétrica (CE) nos extratos de saturação das amostras de massame analisadas, o maior valor obtido foi de 0,710dS/m e o menor foi de 0,152dS/m.

Segundo a norma NB-1/78, da ABNT (1978), apenas a amostra de nº 9 apresenta valor de pH ligeiramente acima do admissível de 8,0 (amostra nº 9: pH = 8,17). As demais amostras estão dentro da faixa especificada de valores ($5,8 \leq \text{pH} \leq 8,0$).

• Porcentagens de precisão dos ensaios de quantificação dos íons das amostras de massame segundo Richards (1954)

De acordo com Richards (1954), os resultados com valores abaixo de 5% são considerados de excelente precisão, valores entre 5% e 10% são considerados aceitáveis e, acima de 10%, devem ser reavaliados.

Como pode-se verificar, segundo as porcentagens de precisão, definidas por Richards (1954), 81,25% dos resultados podem ser considerados de excelente precisão, e 18,75% dos resultados são considerados aceitáveis. De todas as amostras analisadas, o massame apresentou o maior número de resultados considerados de excelente precisão. A amostras M15 apresentou a maior precisão, de 0,054%. Em todas as amostras de massame, a porcentagem de precisão foi abaixo de 10%, portanto todos os valores obtidos podem ser considerados aceitáveis.

A seguir, na TABELA 4.25, apresenta-se as porcentagens de precisão dos ensaios de quantificação dos íons, segundo recomendações de Richards (1954).

TABELA 4.25 - Porcentagens de precisão dos ensaios de quantificação dos íons, segundo Richards (1954).

Amostras	Massame		
	Cátions	Anions	Precisão
	total	total	%
01	3,456	3,208	3,721
02	5,437	4,973	4,457
03	4,898	5,689	7,471
04	2,350	2,333	0,363
05	2,844	2,629	3,928
06	2,170	2,318	3,298

continua

TABELA 4.25 - Continuação

07	3,172	3,040	2,125
08	2,853	2,973	2,060
09	3,683	3,484	2,777
10	4,079	3,738	4,362
11	3,972	3,765	2,675
12	2,169	2,617	9,361
13	4,868	4,804	0,662
14	3,277	2,865	6,708
15	3,671	3,675	0,054
16	1,919	2,019	2,539

• Estatística descritiva da composição iônica das diferentes amostras de massame

Dentre as amostras analisadas de massame, de acordo com a TABELA 4.26, as amostras de massame foram as que apresentaram maiores concentrações de potássio.

A seguir, na TABELA 4.26, apresenta-se uma análise dos valores obtidos dos ensaios de quantificação dos íons das diferentes amostras de massame.

TABELA 4.26 - Estatística descritiva da composição iônica dos diferentes materiais analisados.

Estatística descritiva dos resultados						
Componentes minerais						
Componentes minerais	Somatório (meq/l)	Média (meq/l)	Mediana (meq/l)	Variância (meq/l)	Máximo (meq/l)	Mínimo (meq/l)
Massame						
Cálcio	15,375	0,961	0,938	0,060	1,750	0,625
Magnésio	15,250	0,953	0,938	0,123	1,875	0,500
Sódio	16,94	1,050	0,814	0,413	2,656	0,199
Potássio	7,396	0,462	0,373	0,073	1,222	0,164
Carbonatos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Bicarbonatos	14,000	0,875	0,900	0,082	1,600	0,500
Cloretos	35,000	2,188	1,875	0,879	4,250	1,000
Sulfatos	5,128	0,321	0,344	0,005	0,390	0,115

• Estatística descritiva dos valores obtidos da percentagem de sais solúveis totais das diferentes amostras de massame

A seguir, na TABELA 4.27, apresenta-se uma análise estatística dos valores obtidos da percentagem de sais solúveis totais.

TABELA 4.27 - Estatística descritiva dos valores obtidos da percentagem sais totais.

Percentagem de sais solúveis totais (%Sais)						
Amostras	Somatório	Média	Desvio padrão	Variância	Máximo	Mínimo
Massame	0,0841	0,00526	0,00220	4,833E-6	0,00851	0,00234

Como pode-se verificar, através da análise dos resultados de percentagem de sais solúveis totais (%Sais Solúveis Totais), apresentada na TABELA 4.27, nos extratos de saturação das amostras analisadas de massame; o maior valor obtido foi de 0,00851% e o menor foi de 0,00234%.

4.3 - "Efflorwick Test"

Na TABELA 4.28 estão apresentados os resultados obtidos do "efflorwick test" das quarenta e oito amostras diferentes de materiais (brita, areia e massame) de construção da cidade de Campina Grande. Os resultados estão apresentados como uma média de cinco "efflorwicks" ensaiados.

TABELA 4.28 - Classificação visual quanto a deposição salina nos efflorwicks, em condições ambientais.

Amostras	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
Brita	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0
Areia	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	2	0
Massame	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0

Nota.: A classificação visual faz-se segundo a escala adotada por Ribeiro (1996): 0 - ausente; 2 - muito pouco; 4 - média; 6 - muita e 8 - abundante.

O “efflorwick test” foi realizado sob condições ambientais, cuja temperatura variou de 24° C a 29° C e umidade relativa 38% a 99%. Sob tais condições, alguns “wicks” apresentaram eflorescências, enquanto a maioria não apresentou.

⇒ Nas amostras de brita: 18,75% dos “wicks” apresentaram nível 2, enquanto 81,25% não apresentaram eflorescência;

⇒ Nas amostras de areia: 18,75% dos “wicks” apresentaram nível 2, ao passo que 81,25% apresentaram nível 0;

⇒ Nas amostras de massame: a realidade foi outra, apenas 6,25% dos “wicks” apresentaram eflorescência, nível 2, os outros 93,75% apresentaram nível 0, ou seja, ausência de eflorescência.

A maioria dos “efflorwicks” não apresentaram eflorescência e/ou deteriorização, como pode-se verificar, caracterizando assim baixa salinidade dos materiais estudados.

• Discursão Geral

Através da estatística descritiva dos resultados de pH nas pastas saturadas das amostras analisadas de brita, areia e massame; pode-se observar que o maior valor obtido dentre eles foi de 8,17 (massame) e o menor foi de 6,10 (massame), sendo assim, seguramente, baseando-se na norma espanhola EH - 80 (Cánovas, 1988), estas amostras podem ser consideradas, quanto ao pH, aceitáveis. Entretanto, segundo a norma NB-1/78, da ABNT (1978), algumas amostras apresentam valores de pH ligeiramente acima do admissível - 8,0 (amostras de brita: B4, B5, B8, B9, B11, B12, B13, B14, B15 e B16; amostra de massame: M9). Todas as amostras de areia estão dentro das especificações.

Da mesma forma, pode-se verificar, através da estatística descritiva dos resultados de condutividade elétrica (CE) nos extratos de saturação das amostras

analisadas de brita, areia e massame; o maior valor obtido dentre eles foi 1,260 dS/m (areia) e o menor foi 0,128 dS/m (brita).

Dos materiais analisados (brita, areia e massame), a areia apresentou maior variação de resultados de condutividade elétrica, provavelmente, devido a diversidade de jazidas existentes.

De acordo com Richards (1954), quanto à análise da composição iônica dos extratos de saturação, referindo-se a precisão, os resultados com erros abaixo de 5% são considerados de excelente precisão, erros entre 5% e 10% são considerados aceitáveis e, acima de 10%, devem ser reavaliados. Segundo as porcentagens de precisão, definidas por Richards (1954), 66,67% dos resultados podem ser considerados de excelente precisão, e 33,33% dos resultados são considerados aceitáveis. Das amostras analisadas, o massame apresentou o maior número de resultados considerados de excelente precisão, em torno de 81,25% dos resultados. Em todas as amostras de brita, areia e massame analisadas, a porcentagem de precisão foi abaixo de 10%, portanto todos os valores obtidos podem ser considerados aceitáveis.

Na determinação das porcentagens de sais solúveis totais das amostras de brita, areia e massame, o maior valor obtido foi de 0,02675 (amostra de areia, A11), e o menor valor foi de 0,00228 (amostra de brita, B8).

No “efflorwick test”, 85,42% das amostras analisadas, apresentaram classificação “0”, e os 14,58% restantes, apresentaram classificação “2”.

Diante dos resultados obtidos, da bibliografia estudada e das observações realizadas, a eflorescências e subeflorescências devem-se a salinidade, provavelmente, de outros materiais da construção, tais como: tijolos, telhas, solos contaminados, etc., e principalmente, pela presença de água.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES

Neste capítulo serão apresentadas as conclusões gerais obtidas a partir dos resultados dos ensaios realizados.

Visando a caracterização dos materiais de construção (brita, areia e massame) comercializados na cidade de Campina Grande, estado da Paraíba, foram submetidas à análises químicas dezesseis amostras de brita, dezesseis amostra de areia e dezesseis amostras de massame

Através do estudo aqui realizado, obteve-se três equações específicas que servem para estimar a porcentagem de sais solúveis totais, mediante CE do extrato de saturação nos materiais brita, areia e massame, cuja apresentação segue:

- Para britas: %Sais Solúveis Totais = $\frac{(2,441 + 702,957.CE)PS}{10^6}$ (r = 0,995)
- Para areias: %Sais Solúveis Totais = $\frac{(1,02 + 892,497.CE)PS}{10^6}$ (r = 0,986)
- Para massames: %Sais Solúveis Totais = $\frac{(6,488 + 618,522.CE)PS}{10^6}$ (r = 0,959)

Com base nos resultados obtidos dos ensaios laboratoriais, pode-se concluir que: as amostras analisadas de brita, areia e massame, quanto às especificações visando o fator eflorescente, estão dentro dos limites admissíveis de utilização, sendo assim, podem ser considerados materiais de boa qualidade.

Através do “efflorwick test” realizado em todas as amostras de brita, areia e massame, pode-se concluir que os materiais possuem potencial eflorescente bastante reduzido, não acarretando transtornos para a construção civil. Sendo assim, diante dos resultados obtidos, da bibliografia internacional estudada e das observações realizadas, conclui-se que a eflorescência e subeflorescência deve-se a salinidade de outros materiais da construção, tais como os tijolos, e

principalmente, devido a presença de água. Um dos fatores que mais influencia no surgimento de eflorescências e subeflorescências é a presença de água, sendo assim, faz-se necessários novos estudos no campos da impermeabilização e drenagem como meios de eliminação deste fator, e conseqüentemente, do processo eflorescente.

CAPÍTULO VI

SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

O presente trabalho pretendeu reunir algumas informações para o problema de sais solúveis na construção civil, fazendo um estudo geral do problema e um estudo específico dos sais presentes nos materiais de construção - massame, areia e brita - da cidade de Campina Grande. Com base neste estudo, verificou-se a necessidade de outros novos estudos, que possam ajudar a encontrar novas soluções, novos meios de controle e resolução. A seguir, algumas sugestões:

1. utilizar a metodologia do “efflorwick test” para quantificar os sais e especificar um limite para os materiais de construção;
2. estudar as eflorescências no concreto, adaptando-se o “efflorwick test” e verificar a influência de adições de pozolanas, cinzas volantes e sílica.
3. fazer um estudo das areias e dos massames utilizados nas argamassas e comparar os resultados com alvenarias afetadas por eflorescências;
4. fazer um estudo de argamassas, determinando o teor de sais e a tendência de produzir eflorescências;
5. fazer um estudo mais aprofundado nos campos da impermeabilização e da drenagem como meios seguros e eficazes de eliminação do processo eflorescente;
6. fazer um estudo aprofundado do problema de salinidade a partir da CTC dos principais íons;
7. fazer um estudo da água do solo e subsolo, junto ao material afetado, para determinar o grau de influência desta sobre o fenômeno eflorescente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACI. **Corrosion of metals in concrete**, 82-1, pp. 3-31, 1985.

ABNT. Projeto e execução de obras de concreto armado. NB 1. Rio de Janeiro, 1978.

ABNT. Bloco cerâmico para alvenarias, especificação. NBR 7171. Rio de Janeiro, 1992.

AFNOR. NF EN 480-10, **Admixtures for concrete, mortar and grout. test methods**. Part. 10: Determination of water soluble chloride content, 1996.

AMBERG, C. R. & WASHBURN, I. A. A wick for testing efflorescence tendencies of materials, **Am. Cer. Society Bulletin**, 25 (1), 1946.

ANDEREGG, F. O. The mechanism of corrosion of portland cement concrete with special reference to the role of crystal pressure, **J. Am. Conc. Inst.**, 25, p. 332-343, 1929.

_____. Efflorescence, **ASTM Bulletin**, nº 185, p. 155-161, out. 1952.

ANDRADE, C. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras**, PINI, São Paulo, p. 24-77, 1992.

APHA, **Turbidimetric method (SO_4^{2-})**, **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 17 ed. Washington, 1989.

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

ASTM. C1152 - **Standard test methods for acid-soluble choride in mortar and concrete**, 1990.

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

ASTM. C1218 - **Standard test methods for water-soluble choride in mortar and concrete**, 1992.

ASTM. C1411 - **Standard test methods for water-soluble chorides present as admixes in graded aggregate road mixes**, 1993.

ASTM. C867 - **Standard test methods for söluble sulfate in ceramic whiteware clays (Photometric Method)**, 1994.

ASTM. C4542 - **Standard test methods for pore water extraction and determnation of the soluble salt content of soils by refractometer**, 1995.

BARZAGHI, L. **Eflorescência em ladrillos esmaltados**, *Cerâmica*, 29 (164), p. 187 - 190, 1983.

BAUER, E. **Corrosão das armaduras no concreto - Efeito da adição de escória ao cimento na corrosão por efeito de cloretos e carbonatação**, Brasília, Universidade de Brasília - Departamento de Engenharia Civil, sem data, 10pp.

BAUER, R. J. F., **Falhas em revestimentos**. Argamassas industrializadas, usos e desempenhos. Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados, CB-18, ABNT, São Paulo, 1993.

BINDA, L. & BARONIO, G. Mechanisms of masonry decay due to salt crystallization. Durability of Building Materials, n.4, p. 227-240, 1986.

BROWNELL, W. E., Application of new technique to the solution of efflorescence problem. J. Am. Cer. Soc., v 33, n.12, p. 360-363, 1950.

_____ Efflorescence resulting from pyrite in clay raw materials, J. Am. Cer. Soc., v 41, n.07, p. 261-266, 1958a.

_____ Efflorescence Resulting from sulfates in clay raw materials, J. Am. Cer. Soc., v 41, n.8, p. 310-314, 1958b.

BSI. BS 812 - Part 117 - Testing aggregates. Part 117: Method for determination of water soluble chloride salts, 1988.

CÁNOVAS, M. F., Patologia e terapia do concreto armado, PINI, São Paulo, 1988, p. 38-69.

CHATTERJI, A. K. & DHARIYAL, K. D. Efflorescence in brickwork: Part I - Movement of salts through bricks. J. Sc. Ind. Research, 17 (8), 311, 1958.

CHIN, I. R., & PETRY, L., Designer and testing to reduce efflorescence potential in new brick masonry walls, ASTM Spec. Tech. Publ., 1180, p. 3 - 17, 1993.

CINCOITTO, M. A. & HELENE, P. R. L. Patologia de estruturas de concreto armado. A Construção Norte Nordeste, 175, p. 35-38, 1987.

DIN - DIN51100 - **A Testing of ceramic raw material and materials.** Determination of the soluble salts (Percolator Method), 1957.

DIN - DIN EN 772-5 - **Methods of test for masonry units.** Part 5: Determination of soluble salts content of clay masonry units. German Version PREN 772-5, 1992.

DIN - DIN EN 1015-17 **Methods of test for mortar for masonry.** Part 17: Determination of soluble chloride content of fresh and hardened mortars. German Version PREN 1015-17, 1993.

DIN - ISO 11277 **Soil quality. Determination of particle size distribution in mineral soil material.** Method by sieving and sedimentation following removal of soluble salts, organic matter and carbonates, 1994.

EMBRABA **Manual de métodos de análises de solos.** Rio de Janeiro, 1979. Parte 2 - Análises Químicas, Met.2.1 e 2.33 a 2.40.

FIGUEIREDO, F. E. de O. **Os sais solúveis em matérias-primas cerâmicas.** Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba - Departamento de Engenharia de Materiais. 43p. (Relatório Final de Iniciação Científica, Aluno de Graduação do Curso de Engenharia de Materiais), 1997.

FIORITO, A J. S. I., **Manual de argamassa e revestimentos: estudos e procedimentos de execução,** PINI, São Paulo, 1994.

GRIMSHAW, R. W. **The chemistry and physics of clays and allied ceramic materials**. Londres: Ernest Benn, p. 38-56, 1971.

GUIMARÃES, J. E. P. & CINCOTTO, M. A, As aplicações da cal nas construções civis e patologia das argamassas. ABPC, São Paulo, p. 26-30, 1985.

HAMMER, A. J., You can eliminate green efflorescence, Brick & Clay Record, v. 123, n. 3, p. 37-85, 1953.

IBN NBN 578. Mortiers pour maçonnerie et en duit, Bruxelles, 1963.

IBN NBN B 24-209. Essais de matériaux de maçonnerie. Efflorescence, Bruxelles, 1974.

JACKSON, F. G. A description bibliography of scumming and efflorescence, Am. Cer. Soc. Bul., 4 (8), 376, 1925.

KLEINLOGEL, A. et. al. **Influências físico-químicas sobre los hormigones en masa y armados**, Barcelona: Labor, p. 151-260, 1955.

LARSEN, E. S. & NIELSEN, C. B. Decay of bricks due to salt. Materials and Structures, 23 (133), p. 16 - 25, 1990.

LIMA, J. B. M. **Cais pozolânicas, caracterização e desempenho mecânico**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba. (Dissertação de Mestrado), 1993.

- MACEDO, R. S. **Estudo das matérias-primas e tijolos cerâmicos furados produzidos no Estado da Paraíba** - Departamento de Engenharia Química. 107 p. (Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Materiais Não-metálicos), 1997.
- MAXIMIANO, A. A. & OLIVEIRA, E. F. C. C. **Corrosão em estrutura de concreto armado**, Brasília: Universidade de Brasília - Departamento de Engenharia Civil, 1990. 30p.
- MEHTA, P. K. **Concreto**: estrutura, propriedades e materiais, ed. PINI, São Paulo, p. 26-163, 1994.
- MONTEIRO, E. C. B., NEPOMUCENO, A. A., **Estudo da capacidade de proteção de alguns tipos de cimentos nacionais, em relação à corrosão de armaduras, sob ação conjunta de CO₂ e íons cloretos**. International congress on High-performance Concrete, and Performance and Quality of Concrete Structures, Florianópolis, UFSC, EPUSP, UFRGS, 1996.
- MUZZIN, G. Les Efflorescences dans les maçonneries en briques, **C. S. T. C. Revue**, v. 4, p. 2-11, 1982.
- NASCIMENTO, S. F. **Influência da concentração de sais solúveis nas propriedades cerâmicas e eflorescentes em cerâmica vermelha do Estado da Paraíba** - Departamento de Engenharia Química. 257 p. (Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Materiais Não-metálicos), 1998.
- NBN B 24-209, **Essais de matéraux de maçonnerie - Efflorescence**, Bruxelles, IBN, 1974.

NBN 578 *Mortiers pour maçonnerie et en duits*, Bruxelles, IBN, 1963.

OLIVEIRA, L. C. D., *A estabilidade de solos aplicada a habitação, um estudo de misturas de solo-cimento*, 1994. (Dissertação de Mestrado).

ORTELLI, C. & VINCENZINI, P. Reduction of efflorescence in brick through addition of ceramic sludges, *Am. Cer. Soc. Bulletin*, 1984.

PARSONS, W. H. & INSLEY, H., Aggregate reaction with cement alkalis. *J. Am. Concrete Institute*, 19 (8), 625, 1948.

PINTO, J. A. N. *Elementos para dosagem de argamassas*, Santa Maria, UFSM, 1986.

REYNOLDS, M. E. Scumming and Efflorescence, *Am. Cer. Soc. Bulletin*, 4 (12), 677-683, 1925.

RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soil, (Agriculture Handbook 60), U. S. Dep. of Agriculture, p. 28-90, 1954.

RITCHIE, T. Study of efflorescence produced on ceramic wicks by masonry mortars, *J. Am. Cer. Soc.*, 38 (10), 362-366, 1955.

RIBEIRO, I. J. da Costa. *Os Sais Solúveis na Construção Civil*. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba - Departamento de Engenharia Civil. 98 p. (Dissertação de Mestrado em Geotecnia), 1996.

- ROGERS, P. L. A Method of test for potential efflorescence of masonry mortar, **ASTM Bulletin**, 235, p. 31 -33, 1959.
- SAUMAN, Z. Principle of the formation of efflorescence on the surface of autoclaved porous concrete products, **ceramics silikaty**, 36 (3), 121, 1992.
- STAHMANN, J. A. Vanadium-molybdenum staining on building products, **Am. Cer. Soc. Bul.**, 34 (5), 138, 1955.
- UEMOTO, K. L. Falhas observadas em piso cerâmico vidrado, **PINI**, São Paulo, p. 607-610, 1988a.
- UEMOTO, K. L. Patologias: Danos causados por eflorescências, **PINI**, São Paulo, p. 561-564, 1988b.
- VERÇOZA, E. J. **Materiais de construção**, v. 1, Sagra, Porto Alegre, p. 132-133, 1975.
- VIRMANI, Y. P. **Technical summary: salt penetration and corrosion in prestressed concrete members**, 1991.
- WILLIAMS, A. N. & FORD, R. W. Scum prevention by using additives: laboratory tests, transactions and journal british ceramic society, 81[N-3], p. 88-90, 1982.
- WILSON, H. Progress report on the efflorescence and scumming of mortar materials, **J. Am. Cer. Soc.**, 11 (1), 1 (1928).

YOUNG, J. E. Backup materials as a source of efflorescence, *J. Am. Cer. Soc.*,
40 (7), p. 240 -243, 1957.

ANEXOS

Anexo 1 - Resultados por amostra

Amostras de Brita

Amostra B-1: Amostra de brita coletada no depósito Casa Barbosa (jazida São José da Mata), de propriedade do Sr. Ademar Amamias da Silva, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 139,980 mg/l, Condutividade elétrica - 0,200 dS/m, pH - 7,5, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00334 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma NB-1/78 e pela Norma Espanhola EH-80.

Amostra B-2: Amostra de brita coletada no depósito São João (jazida São José da Mata), de propriedade do Sr. Jociran Pereira de Araújo, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 115,022 mg/l, Condutividade elétrica - 0,162 dS/m, pH - 7,92, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00268 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma NB-1/78 e pela Norma Espanhola EH-80. A amostra B-2, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra B-3: Amostra de brita coletada no depósito Polo Rocha Materiais de Construção (jazida São José da Mata), de propriedade do Sr. Luciano Rocha Mendez, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: "Efflorwick Test" - 2, Resíduo Sólido - 171,320 mg/l, Condutividade elétrica - 0,208 dS/m, pH - 7,85, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00297 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma NB-1/78 e pela Norma Espanhola EH-80. A amostra B-3, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra B-4: Amostra de brita coletada no depósito CIMAC - Comércio Indústria de Materiais de Construção Ltda. (jazida São José da Mata), de propriedade do Sr. João de Arruda Câmara, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: "Efflorwick Test" - 0, Resíduo Sólido - 96,980 mg/l, Condutividade elétrica - 0,152 dS/m, pH - 8,13, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00266 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto, divergiu do limite de pH especificado pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra B-4, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra B-5: Amostra de brita coletada no depósito Real Materiais de Construção (jazida São José da Mata), de propriedade do Sr. Romero Santos Silva, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: "Efflorwick Test" - 0, Resíduo Sólido - 179,640 mg/l, Condutividade elétrica - 0,258 dS/m, pH - 8,08, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00417 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto, divergiu do limite de pH especificado pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra B-5, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em

concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra B-6: Amostra de brita coletada no depósito Piramidal (jazida São José da Mata), de propriedade do Sra. Terezinha Silva Cavalcante, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 120,340 mg/l, Condutividade elétrica - 0,156 dS/m, pH - 7,83, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00250 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma NB-1/78 e pela Norma Espanhola EH-80. A amostra B-6, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra B-7: Amostra de brita coletada no depósito Casanova (jazida São José da Mata), de propriedade do Sr. Lourival Leite Cavalcanti, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 384,67 mg/l, Condutividade elétrica - 0,558 dS/m, pH - 7,73, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00855 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma NB-1/78 e pela Norma Espanhola EH-80. A amostra B-7, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra B-8: Amostra de brita coletada no depósito Neves Materiais (jazida São José da Mata), de propriedade do Sr. Antônio Albermaz das Neves, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 84,967 mg/l, Condutividade elétrica - 0,128 dS/m, pH - 8,09, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00228 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto, divergiu do limite de pH especificado pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra B-8, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra B-9: Amostra de brita coletada no depósito Albuquerque Material de Construção (jazida São José da Mata), de propriedade do Sr. Deusdeth Ferreira de Albuquerque, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 104,210 mg/l, Condutividade elétrica - 0,140 dS/m, pH - 8,07, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00282 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto, divergiu do limite de pH especificado pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra B-9, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra B-10: Amostra de brita coletada no depósito O Quarentão (jazida São José da Mata), de propriedade do Sr. Pedro Feitosa Neves, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 109,753 mg/l, Condutividade elétrica - 0,164 dS/m, pH - 7,97, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00275 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma NB-1/78 e pela Norma Espanhola EH-80. A amostra B-10, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra B-11: Amostra de brita coletada no depósito Comercial Costa e Clementino Ltda. (jazida São José da Mata), de propriedade do Sr. Francisco Clementino Carvalho, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 2, Resíduo Sólido - 114,702 mg/l, Condutividade elétrica - 0,158 dS/m, pH - 8,07, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00261 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto, divergiu do limite de pH especificado pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra B-11, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra B-12: Amostra de brita coletada no depósito Casa Santa Maria (jazida São José da Mata), de propriedade da Sra. Maria José da Silva, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 2, Resíduo Sólido - 121,020 mg/l, Condutividade elétrica - 0,168dS/m, pH - 8,01, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00297 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto, divergiu do limite de pH especificado pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra B-12, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra B-13: Amostra de brita coletada no depósito J. Macêdo Materiais de Construção (jazida São José da Mata), de propriedade do Sr. Jorge Francisco de Macêdo, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 131,005 mg/l, Condutividade elétrica - 0,166 dS/m, pH - 8,13, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00282 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto, divergiu do limite de pH especificado pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra B-13, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra B-14: Amostra de brita coletada no depósito Armazém Constrular (jazida São José da Mata), de propriedade do Sr. Afonso Luís Duarte da Costa, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 403,092 mg/l, Condutividade elétrica - 0,560 dS/m, pH - 8,03, Percentagem de sais solúveis totais - 0,01056 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto, divergiu do limite de pH especificado pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra B-14, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra B-15: Amostra de brita coletada no depósito Galêgo Materiais de Construção (jazida São José da Mata), de propriedade do Sr. Osvaldo Queiroz Menezes, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 95,230 mg/l, Condutividade elétrica - 0,150 dS/m, pH - 8,04, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00263 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto, divergiu do limite de pH especificado pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra B-15, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra B-16: Amostra de brita coletada no depósito Tadeu Materiais de Construção (jazida São José da Mata), de propriedade do Sr. Jorge Tadeu Arruda Guedes, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 158,402 mg/l, Condutividade elétrica - 0,216 dS/m, pH - 8,02, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00334 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto, divergiu do limite de pH especificado pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra B-16, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostras de Areia

Amostra A-1: Amostra de areia coletada no depósito Casa Barbosa (jazida Barra de São Miguel), de propriedade do Sr. Ademir Amamias da Silva, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 443,860 mg/l, Condutividade elétrica - 0,495 dS/m, pH - 7,46, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00959 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma NB-1/78 e pela Norma Espanhola EH-80. A amostra A-1, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra A-2: Amostra de areia coletada no depósito São João (jazida Barra de Santana), de propriedade do Sr. Jociran Pereira de Araújo, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 212,586 mg/l, Condutividade elétrica - 0,330 dS/m, pH - 7,42, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00680 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma NB-1/78 e pela Norma Espanhola EH-80. A amostra A-2, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra A-3: Amostra de areia coletada no depósito Polo Rocha Materiais de Construção (jazida Barra de Santana), de propriedade do Sr. Luciano Rocha Mendez, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: "Efflorwick Test" - 0, Resíduo Sólido - 463,639 mg/l, Condutividade elétrica - 0,475 dS/m, pH - 7,64, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00708 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma NB-1/78 e pela Norma Espanhola EH-80. A amostra A-3, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra A-4: Amostra de areia coletada no depósito CIMAC - Comércio Indústria de Materiais de Construção Ltda. (jazida Barra de Santana), de propriedade do Sr. João de Arruda Câmara, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: "Efflorwick Test" - 0, Resíduo Sólido - 221,998 mg/l, Condutividade elétrica - 0,317 dS/m, pH - 7,39, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00729 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto e pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra A-4, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra A-5: Amostra de areia coletada no depósito Real Materiais de Construção (jazida Barra de Santana), de propriedade do Sr. Romero Santos Silva, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 268,234 mg/l, Condutividade elétrica - 0,216 dS/m, pH - 7,36, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00439 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto e pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra A-5, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra A-6: Amostra de areia coletada no depósito Piramidal (jazida Barra de Santana), de propriedade do Sra. Terezinha Silva Cavalcante, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 301,568 mg/l, Condutividade elétrica - 0,375 dS/m, pH - 7,25, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00733 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma NB-1/78 e pela Norma Espanhola EH-80. A amostra A-6, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra A-7: Amostra de areia coletada no depósito Casanova (jazida Barra de Santana), de propriedade do Sr. Lourival Leite Cavalcanti, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 2, Resíduo Sólido - 251,340 mg/l, Condutividade elétrica - 0,256 dS/m, pH - 7,30, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00497 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma NB-1/78 e pela Norma Espanhola EH-80. A amostra A-7, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra A-8: Amostra de areia coletada no depósito Neves Materiais (jazida Boa Vista), de propriedade do Sr. Antônio Albernaz das Neves, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 335,907 mg/l, Condutividade elétrica - 0,373 dS/m, pH - 7,17, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00785 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto e pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra A-8, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra A-9: Amostra de areia coletada no depósito Albuquerque Material de Construção (jazida Pocinhos), de propriedade do Sr. Deusdeth Ferreira de Albuquerque, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 2, Resíduo Sólido - 1020,08 mg/l, Condutividade elétrica - 1,210 dS/m, pH - 7,12, Percentagem de sais solúveis totais - 0,02630 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto e pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra A-9, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra A-10: Amostra de areia coletada no depósito O Quarentão (jazida Barra de Santana), de propriedade do Sr. Pedro Feitosa Neves, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 161,740 mg/l, Condutividade elétrica - 0,215 dS/m, pH - 7,27, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00444 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma NB-1/78 e pela Norma

Espanhola EH-80. A amostra A-10, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra A-11: Amostra de areia coletada no depósito Comercial Costa e Clementino Ltda. (jazida Barra de Santana), de propriedade do Sr. Francisco Clementino Carvalho, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 1199,112 mg/l, Condutividade elétrica - 1,260 dS/m, pH - 8,07, Percentagem de sais solúveis totais - 0,02675 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto e pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra A-11, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra A-12: Amostra de areia coletada no depósito Casa Santa Maria (jazida Barra de Santana), de propriedade da Sra. Maria José da Silva, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 281,434 mg/l, Condutividade elétrica - 0,258 dS/m, pH - 7,11, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00555 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto e pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra A-12, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra A-13: Amostra de areia coletada no depósito J. Macêdo Materiais de Construção (jazida Barra de Santana), de propriedade do Sr. Jorge Francisco de Macêdo, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 436,970 mg/l, Condutividade elétrica - 0,515 dS/m, pH - 7,75, Percentagem de sais solúveis totais - 0,01121 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto e pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra A-13, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra A-14: Amostra de areia coletada no depósito Armazém Constrular (jazida Barra de Santana), de propriedade do Sr. Afonso Luís Duarte da Costa, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 2, Resíduo Sólido - 268,089 mg/l, Condutividade elétrica - 0,288 dS/m, pH - 7,40, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00697 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto e pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra A-14, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra A-15: Amostra de areia coletada no depósito Galêgo Materiais de Construção (jazida Barra de Santana), de propriedade do Sr. Osvaldo Queiroz Menezes, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 2, Resíduo Sólido - 455,978 mg/l, Condutividade elétrica - 0,530 dS/m, pH - 7,68, Percentagem de sais solúveis totais - 0,01185 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto e pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra A-15, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra A-16: Amostra de areia coletada no depósito Tadeu Materiais de Construção (jazida Barra de Santana), de propriedade do Sr. Jorge Tadeu Arruda Guedes, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 231,978 mg/l, Condutividade elétrica - 0,234 dS/m, pH - 6,92, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00427 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto e pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra A-16, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostras de Massame

Amostra M-1: Amostra de massame coletada no depósito Casa Barbosa (jazida Boa vista), de propriedade do Sr. Ademir Amamias da Silva, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 293,939 mg/l, Condutividade elétrica - 0,430 dS/m, pH - 5,87, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00615 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma NB-1/78 e pela Norma Espanhola EH-80. A amostra M-1, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra M-2: Amostra de massame coletada no depósito São João (jazida Alça Sudoeste), de propriedade do Sr. Jociran Pereira de Araújo, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 444,095 mg/l, Condutividade elétrica - 0,710 dS/m, pH - 6,28, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00851 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma NB-1/78 e pela Norma Espanhola EH-80. A amostra M-2, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra M-3: Amostra de massame coletada no depósito Polo Rocha Materiais de Construção (jazida Genipapo), de propriedade do Sr. Luciano Rocha Mendez, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 349,632 mg/l, Condutividade elétrica - 0,515 dS/m, pH - 6,20, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00821 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma NB-1/78 e pela Norma Espanhola EH-80. A amostra M-3, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra M-4: Amostra de massame coletada no depósito CIMAC - Comércio Indústria de Materiais de Construção Ltda. (jazida Lucas), de propriedade do Sr. João de Arruda Câmara, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 107,899 mg/l, Condutividade elétrica - 0,191 dS/m, pH - 6,87, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00300 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto e pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra M-4, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra M-5: Amostra de massame coletada no depósito Real Materiais de Construção (jazida Massaranduba), de propriedade do Sr. Romero Santos Silva, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 154,030 mg/l, Condutividade elétrica - 0,223 dS/m, pH - 6,92, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00375 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto e pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra M-5, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra M-6: Amostra de massame coletada no depósito Piramidal (jazida Lucas), de propriedade do Sra. Terezinha Silva Cavalcante, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 105,057 mg/l, Condutividade elétrica - 0,186 dS/m, pH - 7,08, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00306 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma NB-1/78 e pela Norma Espanhola EH-80. A amostra M-6, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra M-7: Amostra de massame coletada no depósito Casanova (jazida Lucas), de propriedade do Sr. Lourival Leite Cavalcanti, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 211,067 mg/l, Condutividade elétrica - 0,355 dS/m, pH - 6,76, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00555 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma NB-1/78 e pela Norma

Espanhola EH-80. A amostra M-7, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra M-8: Amostra de massame coletada no depósito Neves Materiais (jazida Genipapo), de propriedade do Sr. Antônio Albermaz das Neves, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 231,067 mg/l, Condutividade elétrica - 0,230 dS/m, pH - 6,70, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00308 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto e pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra M-8, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra M-9: Amostra de massame coletada no depósito Albuquerque Material de Construção (jazida Boa Vista), de propriedade do Sr. Deusdeth Ferreira de Albuquerque, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 307,056 mg/l, Condutividade elétrica - 0,560 dS/m, pH - 8,17, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00706 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto, divergiu do limite de pH especificado pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra M-9, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra M-10: Amostra de massame coletada no depósito O Quarentão (jazida Lucas), de propriedade do Sr. Pedro Feitosa Neves, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 357,077 mg/l, Condutividade elétrica - 0,560 dS/m, pH - 7,97, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00785 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma NB-1/78 e pela Norma Espanhola EH-80. A amostra M-10, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra M-11: Amostra de massame coletada no depósito Comercial Costa e Clementino Ltda. (jazida Lucas), de propriedade do Sr. Francisco Clementino Carvalho, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 187,988 mg/l, Condutividade elétrica - 0,365 dS/m, pH - 6,25, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00503 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto e pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra M-11, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra M-12: Amostra de massame coletada no depósito Casa Santa Maria (jazida Lucas), de propriedade da Sra. Maria José da Silva, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 67,098 mg/l, Condutividade elétrica - 0,152 dS/m, pH - 6,51, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00235 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto e pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra M-12, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra M-13: Amostra de massame coletada no depósito J. Macêdo Materiais de Construção (jazida Massaranduba), de propriedade do Sr. Jorge Francisco de Macêdo, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 2, Resíduo Sólido - 361,836 mg/l, Condutividade elétrica - 0,540 dS/m, pH - 6,10, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00834 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto e pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra M-13, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra M-14: Amostra de massame coletada no depósito Armazém Constrular (jazida Lucas), de propriedade do Sr. Afonso Luís Duarte da Costa, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 265,230 mg/l, Condutividade elétrica - 0,395 dS/m, pH - 6,78, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00484 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto e pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra M-14, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra M-15: Amostra de massame coletada no depósito Galêgo Materiais de Construção (jazida Massaranduba), de propriedade do Sr. Osvaldo Queiroz Menezes, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: “Efflorwick Test” - 0, Resíduo Sólido - 254,970 mg/l, Condutividade elétrica - 0,375 dS/m, pH - 6,85, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00473 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80,

entretanto e pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra M-15, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Amostra M-16: Amostra de massame coletada no depósito Tadeu Materiais de Construção (jazida Genipapo), de propriedade do Sr. Jorge Tadeu Arruda Guedes, Campina Grande, Paraíba.

Ensaio de Caracterização: "Efflorwick Test" - 0, Resíduo Sólido - 117,980 mg/l, Condutividade elétrica - 0,180 dS/m, pH - 6,96, Percentagem de sais solúveis totais - 0,00263 %.

Baseado nos resultados obtidos dos ensaios de caracterização, essa amostra atendeu as especificações padronizadas pela Norma Espanhola EH-80, entretanto e pela norma NB-1/78, da ABNT. A amostra M-16, segundo Cánovas(1988), pode ser utilizada em concretos armados protentidos, visto que atende ao limite especificado de cloretos.

Anexo 2 - Normas e metodologias

Análise de salinidade - Seqüência

1. Preparar a pasta de saturação;
2. Lê o pH da pasta;
3. Extrair o extrato de saturação (via extrator ou via bomba de vácuo);
4. Lê a condutividade elétrica do extrato;
5. Diluir o extrato (10:100);
6. Fazer as determinações dos cátions (Ca, Mg, Na e K) e dos ânions (Cl, CO₃, HCO₃), via titulação;
7. Fazer a determinação do ânion SO₄, via espectrofotometria e comparação com uma curva padronizada;
8. Determinar o resíduo sólido no extrato de saturação das diferentes amostras.

Anexo 3 - Método 2.1

EMBRAPA - SNLCS. Manual de métodos de análise de solo	
Parte 2 - Análises químicas	Método 2.1
pH (pH em água)	2.1.1 (U)

Método potenciométrico:

- colocar 10ml de terra fina em copo plástico de 100ml numerado e adicionar 25ml de água destilada ou desionizada;
- agitar a amostra com bastão de vidro, individual;
- deixar em repouso por tempo nunca inferior a 1 hora;
- ligar o potenciômetro, pelo menos 30 minutos antes de começar a ser usado;
- aferir o potenciômetro com as soluções tampão pH 4,0 e pH 7,0;
- agitar cada amostra com bastão de vidro, mergulhar os eletrodos na suspensão homogeneizada e proceder a leitura do pH.

OBS.: foi verificado que, trabalhando em série, não há necessidade de lavar os eletrodos entre uma e outra amostra, sendo este cuidado indispensável antes e depois do aferimento do aparelho com as soluções padrões. No caso de horizonte sulfúrico ou material sulfídico (Solos Tiomórficos), usar a suspensão solos: água na proporção de 1:1.

Preparo de soluções:

- as soluções padrão de pH 4,0 e pH 7,0 são adquiridas no comércio, em ampolas e diluídas conforme indicação do fabricante.

REFERÊNCIAS: Vettori (1969)

Anexo 4 - Método 2.32

EMBRAPA - SNLCS MANUAL DE MÉTODOS DE ANÁLISE DE SOLO	
PARTE 2 - ANÁLISES QUÍMICAS	MÉTODO 2.32
% DE ÁGUA NA PASTA SATURADA	

MÉTODO USANDO TERRA FINA E EXTRAÇÃO POR SUCCÃO:

- pesar 200 a 300g de terra fina e colocar em depósito plástico de 400 a 500 ml;
- adicionar água destilada contida em proveta de 50 ml, em quantidade inicial de 25 ml para solos arenosos e 50 ml para os demais;
- amassar a amostra com espátula de aço inoxidável e continuar a adição de água, pouco a pouco, de preferência por meio de bureta de 50 ml;
- dar como concluída essa operação quando a massa do solo apresentar aspecto brilhante ou espelhante, ou quando uma quantidade de água adicionada já não é absorvida pela massa de solo, ou ainda, quando a pasta desliza suavemente na espátula;
- anotar a quantidade de água utilizada e deixar a amostra em repouso durante 4 horas ou uma noite;
- decorrido este tempo, verificar se a massa do solo apresenta excesso ou falta de água; no primeiro caso adicionar mais 50g de terra fina e repetir a operação de saturação; no segundo caso adicionar mais água até completar a saturação;
- calcular a percentagem de saturação (quando for o caso) de acordo com o Método 1.24.1 descrito na parte 1 - Física do Solo;
- transferir a massa do solo para funil buckner contendo papel de filtro, adaptado a um kitasato, e aplicar a sucção;
- dar como concluída a operação quando a maior parte de água de saturação foi extraída;

- transferir o extrato para o depósito plástico com tampa e anotar o número da amostra;

OBSERVAÇÃO: a quantidade de terra fina a ser usada depende das determinações a serem feitas; entretanto, para solos de textura média, 250g são suficientes para se obter uma quantidade de extrato razoável; a pasta saturada não deve acumular água na superfície, perder seu brilho e endurecer durante o repouso; especial cuidado se deve ter quando se trata de solos orgânicos, muitos argilosos ou sódicos.

REFERÊNCIA: Richards et alii (1954)

Anexo 5 - Método 2.33

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NO EXTRATO DE SATURAÇÃO	MÉTODO 2.33
--	----------------

MÉTODO EMPREGANDO O CONDUTIVÍMETRO

- utilizar o extrato de saturação obtido pelo método 2.32 e um condutivímetro de leitura direta;
- medir a temperatura do extrato e ajustar o aparelho para essa temperatura; ligar o aparelho com certa antecedência e aferir a leitura do mesmo com solução saturada de $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (condutividade de 2,2 mmhos/cm/25° C) ou de KCl 0,01 N (condutividade de 1,40 mmhos/cm a 25° C);
- lavar a célula de condutividade com água destilada 2 a 3 vezes e encher a mesma com o extrato de saturação;
- fazer a leitura direta de mmhos/cm/25° C; caso não se obtenha o ponto de equilíbrio, a condutividade pode ser inferior a 0,10 mmhos/cm ou superior a 10 mmhos/cm; no segundo caso, proceder à diluição de 1 parte do extrato para 9 partes de água e multiplicar o resultado por 10; proceder a outras diluições se necessário.

OBSERVAÇÃO: lavar bem a célula com água destilada depois de cada determinação para evitar interferência nos resultados.

PREPARO DE SOLUÇÕES:

- solução de cloreto de potássia 0,01 N: pesar 0,7456g do sal previamente seco em estufa a 110° C, dissolver em água destilada e completar o volume para 1 litro. A CE dessa solução é de 1,42 mmhos/cm/25° C;
- solução saturada de sulfato de cálcio: pesar 10g de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, colocar em balão aferido de 1 litro, agitar várias vezes durante o dia e completar.

REFERÊNCIA: Richards et alii (1954)

Anexo 6 - Método 2.34

CÁLCIO NO EXTRATO DE SATURAÇÃO	MÉTODO 2.34
--------------------------------	----------------

MÉTODO COMPLEXOMÉTRICO PELO EDTA:

- pipetar alíquota do extrato de saturação que contenha aproximadamente 0,1 meq de Ca^{2+} e transferir para erlenmeyer de 125 ml;
- diluir com água destilada para volume de 25 a 30 ml, adicionar 5 gotas de hidróxido de sódio e uma pitada de purpurato de amônia;
- titular com o EDTA 0,025 N e anotar o volume gasto;
- calcular o teor de cálcio existente no extrato seguinte expressão:

$(\text{ml de EDTA} \times 0,025 \times 1000 \times \text{diluição do extrato de saturação}) / \text{alíquota usada (ml)} = \text{meq de } \text{Ca}^{2+} \text{ por litro de extrato de saturação.}$

OBSERVAÇÃO: usar de preferência microbureta de 10 ml; caso o consumo de EDTA seja superior a este volume, utilizar alíquota menor do extrato; viragem é do roxo para o púrpura e, por não ser instantânea a mudança de cor, o final da titulação deve ser vagaroso, ou seja, com a aplicação de gota de EDTA a cada 5 a 10 segundos; o valor da condutividade elétrica e a natureza do solo (calcário gipsífero) constituem um bom critério para determinação da alíquota a ser tomada na titulação.

PREPARO DE SOLUÇÕES:

- hidróxido de sódio 4 N: pesar 160 de NaOH p. a., dissolver em água destilada e completar o volume para 1 litro;
- indicador purpurato de amônia: misturar, pulverizando em gral, 0,5g do indicador com 10g de sulfato de zinco em pó;

- solução de EDTA 0,01 N: pesar 1,862g do sal sódico (etileno diaminotetracético dihidratado), 0,05g de $MgCl_2$ em água e diluir para balão de 1 litro; esta solução é padronizada com uma solução de $CaCl_2$ 0,01 N descrita a seguir:

- solução de cloreto de cálcio 0,01 N: pesar 0,05g de carbonato de cálcio p. a. (cristais de calcita), adicionar 10 ml de ácido clorídico a 25% até dissolver e completar o volume para 1 litro.

Determinar o título do EDTA com esta solução, utilizando o mesmo processo indicado para a amostra.

REFERÊNCIA: Richards et alii (1954).

Anexo 7 - Método 2.35

MAGNÉSIO NO EXTRATO DE SATURAÇÃO	MÉTODO 2.35
----------------------------------	----------------

DOSADO JUNTAMENTE COM O CÁLCIO POR MÉTODO COMPLEXOMÉTRICO E CALCULADO POR DIFERENÇA ENTRE ESSE VALOR E O DO CÁLCULO:

- pipetar uma alíquota do extrato de saturação que contenha aproximadamente 0,1 meq de $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ e transferir para erlenmeyer de 125 ml;
- diluir com água destilada para volume de 25 a 30 ml, adicionar 0,5 ml de solução de cloreto de amônia e hidróxido de amônia e 5 gotas de indicador eriochme black;
- titular com solução de EDTA 0,025 N e anotar o volume gasto;
- determinar o teor de $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ contido na amostra pela seguinte expressão:

$ml \text{ EDTA} \times 10 / \text{alíquota do extrato (ml)} = \text{meq de } (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \text{ por litro do extrato de saturação.}$

- calcular a quantidade de Mg^{2+} em função do teor de Ca^{2+} determinado no método 2.34, conforme segue:

$$(Ca^{2+} + Mg^{2+}) - Ca^{2+} = \text{meq de } Mg^{2+} \text{ por litro do extrato de saturação.}$$

OBSERVAÇÃO: a determinação de $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ pode ser feita na mesma alíquota após dosagem do Ca^{2+} , principalmente para extratos com baixos valores desses elementos, ou em solos muito pobres em Mg^{2+} .

PREPARO DE SOLUÇÕES:

- solução de NH_4OH : pesar 67,5g de cloreto de amônia, dissolver em aproximadamente 250 ml de água destilada contida em balão de 1 litro e, em seguida, adicionar 570 ml de NH_4OH concentrado; agitar e completar o volume;
- indicar eriochrome black: dissolver 0,5g de erochrome black e 45g de hidrocloreto de hidroxilamina em álcool etílico a 95%; completar o volume para 100 ml;
- solução de EDTA 0,01 N: conforme descrito no método 2.34.

REFERÊNCIA: Richards et alii (1954).

Anexo 8 - Método 2.36

SÓDIO NO EXTRATO DE SATURAÇÃO	MÉTODO 2.36
-------------------------------	----------------

MÉTODO FOTOMÉTRICO OU ESPECTROFOMÉTRICO

- passar o extrato de saturação no fotômetro ou espectrofotômetro utilizando o filtro próprio de Na^+ ;
- proceder a leitura, diluindo o extrato quando a leitura ultrapassar a escala do aparelho;
- calcular o teor de Na^+ no extrato pela seguinte expressão:

leitura da amostra x diluição x f_{Na} = meq de Na^+ por litro do extrato.

OBSERVAÇÃO: obter o fator f para o Na^+ em função dos valores obtidos com os padrões de 0,1 - 0,2 - 0,3 e 0,4 meq de Na^+ na mesma forma indicada para o método 2.13, adaptando-se para meq por litro; geralmente é necessário proceder a várias diluições para tornar possível a leitura no aparelho.

PREPARO DE SOLUÇÕES:

- conforme indicado no Método 2.13.

REFERÊNCIA: Richards et alii (1954).

Anexo 9 - Método 2.37

POTÁSSIO NO EXTRATO DE SATURAÇÃO	MÉTODO 2.37
----------------------------------	----------------

MÉTODO FOTOMÉTRICO OU ESPECTROFOTOMÉTRICO:

- passar o extrato de saturação no fotômetro ou espectrofotômetro utilizando o filtro próprio para o potássio;
- proceder à leitura e diluir o extrato quando a leitura ultrapassar a escala do aparelho;
- calcular o teor de potássio pela seguinte expressão:

leitura da amostra x diluição x f_k = meq de K^+ por litro de extrato.

OBSERVAÇÃO: o fator f para potássio é obtido da mesma maneira indicada no método 2.12; usualmente as diluições para o potássio são bem menores do que para o sódio.

PREPARO DE SOLUÇÕES:

- conforme indicado para o método 2.12.

REFERÊNCIA: Richards et alii (1954).

Anexo 10 - Método 2.38

CARBONATOS NO EXTRATO DE SATURAÇÃO	MÉTODO 2.38
------------------------------------	----------------

MÉTODO VOLUMÉTRICO COM TITULAÇÃO PELO ÁCIDO SULFÚRICO

- pipetar alíquota de 10 a 25 ml do extrato de saturação e colocar em erlenmeyer de 125 ml;
- adicionar 3 gotas de fenolftaleína e titular com solução de H_2SO_4 0,025 N, preferivelmente contida em microbureta de 10 ml;
- anotar o número de ml gastos; caso a extração não apresente coloração vermelha com a fenolftaleína, o valor de CO_3^{2-} é nulo;
- calcular o teor de CO_3^{2-} no extrato pela seguinte expressão:

$$\text{ml de ácido gastos} \times 50/\text{ml da alíquota} = \text{meq de } CO_3^{2-} \text{ por litro de extrato.}$$

OBSERVAÇÃO: a titulação deve ser feita em local bem iluminado (luz fluorescente), sendo o erlenmeyer colocado sobre azulejo branco; uma mesma quantidade de água deve ser colocada em erlenmeyer, assim como o mesmo número de gotas do indicador, para comparação coma amostra; esta mesma alíquota é usada para determinação dos bicarbonatos (método 2.39).

PREPARO DE SOLUÇÕES:

- solução de fenolftaleína a 1%: dissolver 1g de fenolftaleína em 100 ml de álcool etílico a 60%;
- ácido sulfúrico 0,025 N: preparar a partir de soluções normal ou decinormal de H_2SO_4

REFERÊNCIA: Richards et alii (1954).

Anexo 11 - Método 2.39

BICARBONATOS NO EXTRATO DE SATURAÇÃO	MÉTODO 2.39
--------------------------------------	----------------

MÉTODO VOLUMÉTRICO COM TITULAÇÃO PELO ÁCIDO SULFÚRICO

- após a titulação dos carbonatos, adicionar 3 gotas do indicador metil-orange e continuar a adição do ácido sulfúrico 0,025 N contida na bureta, até viragem de cor amarela para alaranjada;
- utilizar uma prova em branco, ou seja, o total usado com a fenolftaleína e com o metil-orange;
- calcular o teor de CO_3H^- no extrato pela seguinte expressão:

$(\text{ml total gastos} - \text{ml gastos com fenolftaleína} \times 2) \times 50/\text{ml da alíquota de extrato}$
= meq de CO_3H^- por litro no extrato.

OBSERVAÇÃO: esta mesma alíquota pode ser usada para determinação dos cloretos.

PREPARO DE SOLUÇÕES

- indicador metil-orange 0,01%: pesar 0,01g do indicador, dissolver em água destilada e completar o volume para 100 ml;
- solução de H_2SO_4 0,025 N: preparada a partir de solução normal ou decinormal do ácido.

REFERÊNCIA: Richards et alii (1954).

Anexo 12 - Método 2.40

CLORETOS NO EXTRATO DE SATURAÇÃO	MÉTODO 2.40
----------------------------------	----------------

MÉTODO VOLUMÉTRICO PELO NITRATO DE PRATA

- pipetar alíquota de 1 a 25 ml do extrato de saturação; dependendo do teor salino da amostra, colocar em cápsula de porcelana de 150 ml e diluir para volume de 25 ml;
- adicionar 5 gotas do cromato de potássio e agitar bem com bastão de vidro;
- titular com solução de AgNO_3 0,005 N até a formação de coloração vermelha persistente;
- calcular o teor de Cl^- no extrato pela seguinte expressão:

$$(\text{ml gastos} - \text{ml na prova em branco}) \times 50/\text{ml da alíquota de extrato} = \text{meq de Cl}^- \text{ no extrato de saturação.}$$

OBSERVAÇÃO: deve ser empregada microbureta âmbar de 10 ml; a titulação não deve ir além dos 12 ml de AgNO_3 , sendo feitas as diluições necessárias para que fique numa faixa de 2 a 8 ml; paralelamente deve ser feita uma prova em branco com cromato de potássio para verificação de viragem e do volume de AgNO_3 gasto, o qual participará do cálculo.

PREPARAÇÃO DE SOLUÇÕES

- solução de cromato de potássio a 5%: pesar 5g do K_2CrO_4 e dissolver em 50 ml de água destilada; adicionar, gota a gota, a solução de AgNO_3 0,05 N, até formação de precipitado permanente; filtrar e diluir para 100 ml;
- solução de nitrato de prata 0,05 N: pesar exatamente 8,495g de AgNO_3 puro e dissolver em água destilada contida em balão aferido de 1 litro, agitar e completar o volume; guardar em vidro escuro.

REFERÊNCIA: Richards et alii (1954).

Anexo 13 - Método turbidimétrico

MÉTODO TURBIDIMÉTRICO PARA DETERMINAÇÃO DE SULFATOS - APHA

1. Discussões

1a) *Fundamento*: o íon Sulfato (SO_4^{2-}) é precipitado em um meio ácido acético com cloreto de bário, formando assim cristais de Sulfato de bário (BaSO_4) de tamanho uniforme. A luz absorvida (absorvância de luz) da suspensão de BaSO_4 é medida por um fotômetro e a concentração de SO_4^{2-} é determinada pela comparação da leitura com uma curva padronizada.

1b) *Interferência*: cor ou material suspenso em grandes quantidades interferirá. Alguma matéria suspensa pode ser removida por filtração. Se ambos são em pequenas quantidades, podem ser corrigidas como em 4d abaixo. Sílica em mais de 500 mg/l interferirá, e em águas com grandes quantidades de matéria orgânica não será possível uma boa precipitação da BaSO_4 .

Em águas potáveis não há outros íons além de SO_4^{2-} que formará compostos insolúveis com bário sob condições fortemente ácidas. Fazer as determinações em temperatura ambiente; variações de $\pm 10^\circ \text{C}$ não causarão erros apreciáveis.

1c) *Concentração mínima detectável*: aproximadamente 1 mg SO_4^{2-} /l.

2. Aparelhagem:

- a) Agitador magnético;
- b) Espectrofotômetro (420 nm, curveta de 2,5 a 10 cm);
- c) Cronômetro;
- d) Colher medida (capacidade: 0,2 a 0,3 ml).

3. Reagentes:

- a) Solução tampão A: Dissolver 30g de cloreto de magnésio, 5g de acetato de sódio, 1g de nitrato de potássio e 20 ml de ácido acético em 500 ml de água destilada e completar até 1.000 ml
- b) Solução tampão B (quando a concentração de SO_4^{2-} na amostra é menor que 10 mg/l): Dissolver 30g de cloreto de magnésio, 5g de acetato de sódio, 1g de nitrato de potássio, 0,111g de sulfato de sódio e 20 ml de ácido acético (99%) em 500 ml de água destilada e completar até 1.000 ml.
- c) Cloreto de bário: Cristais passando na malha 20 a 30.
- d) Solução de sulfato padronizado: Preparar a solução como descrita abaixo, desde que $1,0 \text{ ml} = 100 \mu\text{gSO}_4^{2-}$:
- d1) Diluir 10,4 ml de ácido sulfúrico 0,02 N em 100 ml de água destilada ou,
- d2) Dissolver 0,1479g de sulfato de sódio anidro em água destilada e diluir até 1.000 ml.

4. Procedimento

- a) Formação da turbidez do sulfato de bário: medir 100 ml da amostra ou diluir uma porção para 100 ml e colocar dentro de um erlenmeyer de 250 ml de capacidade. Adicionar 20 ml da solução tampão e misturar no agitador magnético por 1 minuto. Fazer a primeira leitura para eliminar interferência de cor e turbidez. Colocar 1 colher medida de cloreto de bário e agitar por 1 minuto.
- b) Medida da turbidez do sulfato de bário: depois de agitada, deixa a amostra em repouso por 5 minutos na curveta e então faz a segunda leitura.
- c) Preparação da curva de calibração: estima-se a concentração de sulfatos da amostra, comparando-se a leitura da turbidez com curva de

calibração, preparada com concentrações de sulfatos variando de 0 a 40 mg/l, incrementadas de 5 mg/l.

- d) Correção, para amostras com cor e turbidez: quando a amostra apresenta cor, não adicionar o BaCl_2 , na prova em branco.

5. Cálculos:

Determina-se a concentração de sulfatos diretamente da curva de calibração, depois de subtrair a segunda leitura da primeira e também a prova em branco, obtendo-se resultados em mg/l.

$$\text{SO}_4^{2-} \text{ (meq/l)} = \text{SO}_4^{2-} \text{ (mg/l)} \times \text{Fator de diluição/Peso equivalente}$$

Anexo 14 - Resíduo sólido

RESÍDUO SÓLIDO - EMBRAPA

1. colocar uma alíquota de 20ml de extrato do material em um becker, previamente tarado;
2. levá-lo para secar em banho-maria, a uma temperatura de 70 ± 5 °C;
3. levá-lo para estufa a 100°C, onde permanece por 2 horas;
4. fazer nova pesagem e calcular a diferença de massa.

Equação para obtenção dos resíduos sólidos: $RS = \frac{P_1 - P_0}{V_A}$

Onde:

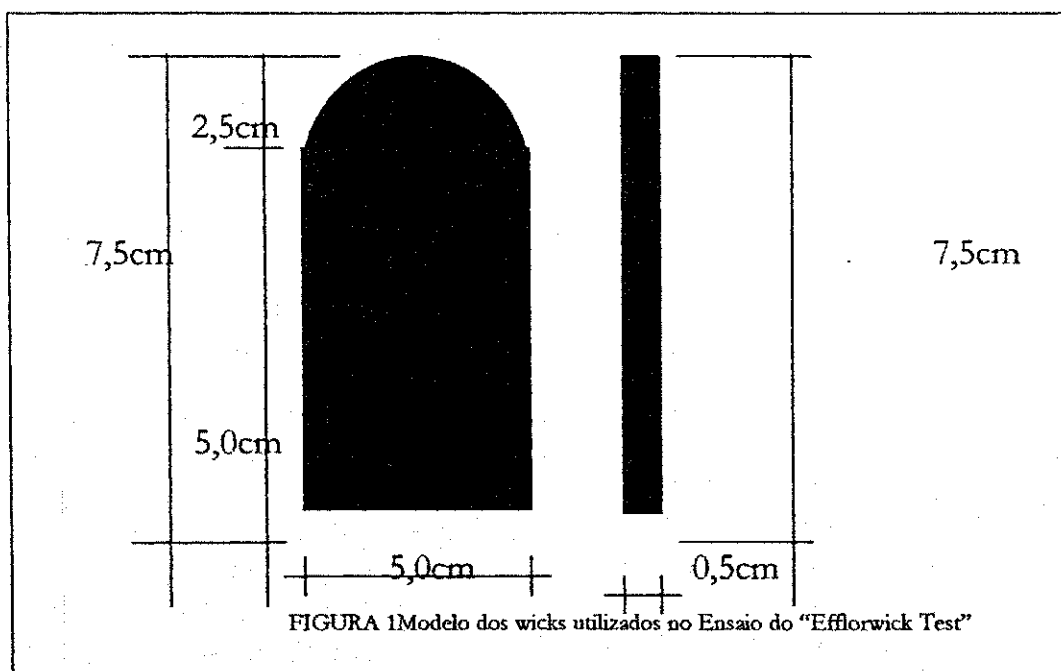
1. RS - é o resíduo sólido seco ou sais no extrato de saturação (mg/l);
2. P_0 - é o peso do béquer (mg);
3. P_1 - é o peso do béquer depois que a alíquota do extrato foi secado em "banho maria" e na estufa(g);
4. V_A - é o volume da alíquota do extrato da argila (l).

Anexo 15 - Efforwick Test - Preparação e ensaios

EFFLORWICK TEST - PREPARAÇÃO E ENSAIO - Recomendações de
Amberg & Washburn (1946) - e adaptação da C67 (ASTM, 1992)

Preparação dos "efforwicks"

1. o material cerâmico a ser utilizado é beneficiado por via seca em peneira ABNT nº 80 (0,175mm) e armazenado em recipientes ou sacos plásticos, devidamente identificados;
2. no momento da confecção dos "efforwicks", o material é pulverizado com água destilada até a umidade ótima de $\pm 5\%$ e novamente beneficiado em peneira ABNT nº 16;
3. os efforwicks são confeccionados em fôrmas, por prensagem em massa semi-seca, com pressão de 7,5MPa, de acordo com as dimensões 5,0x7,5x0,5 cm³, com extremos em formato semicircular de raio igual à 2,5cm (vide Figura 1);
4. após moldagem são secos em estufa a 110°C e tratados termicamente a 800°C, em forno elétrico, com ciclo de 8 horas, em velocidade 100°C/h, sendo a temperatura final mantida por duas horas;



Metodologia de ensaio

1. o método de teste consiste em colocar o “wick” (pavio) em uma vasilha de vidro ou plástico, com capacidade para 350ml, imersos a mais ou menos 1cm de sua altura, juntamente com 50ml de água destilada, em temperatura ambiente, em sala reservada, durante dois dia. Passados os dois dias, adiciona-se 5g de material a ser testado com 50ml de água destilada, repetindo-se o procedimento até a quantidade de 25g de material de ensaio (Amberg & Washburn, 1946);
2. os “wicks”, depois do ensaio, são então colocados em estufa à 110°C, por 24 horas;
3. ao término do período de secagem, observa-se a deposição salina na superfície dos “wicks”, classificando-os em: 0 - ausente; 2 - muito pouca; 4 - média; 6 - muita e 8 - abundante.

**Anexo 16 - Tabelas resumos dos resultados
obtidos a partir das amostras de brita, areia e
massame**

A seguir apresenta-se as TABELAS A16-1, A16-2 e A16-3 com todos os resultados dos ensaios e testes realizados nas análises das amostras de brita, areia e massame.

TABELA 33: Síntese dos resultados obtidos a partir dos ensaios realizados com as amostras de brita

Amostras	Efflorwick Test	Resíduo Sólido (mg/l)	Cátions (meq/l)					Ânions (meq/l)					CE no extrato (dS/m)	pH na pasta saturada	Percentagem de saturação (%)	Percentagem de Sais totais (%)
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Total	CO ₃ ²⁻	CO ₃ H ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Total				
B1	0	139,980	1,625	0,125	0,623	0,149	2,522	0	1,400	0,750	0,438	2,588	0,200	7,50	23,333	0,00334
B2	0	115,022	0,500	1,750	0,324	0,298	2,872	0	1,300	1,000	0,333	2,633	0,162	7,92	23,000	0,00268
B3	2	171,320	0,750	1,250	0,714	0,283	2,997	0	1,200	1,250	0,354	2,804	0,208	7,85	20,000	0,00297
B4	0	96,980	0,625	1,625	0,332	0,239	2,871	0	1,100	1,000	0,271	2,371	0,152	8,13	24,333	0,00266
B5	0	179,640	1,000	1,375	0,349	0,298	3,022	0	1,300	1,750	0,240	3,290	0,258	8,08	22,667	0,00417
B6	0	120,340	0,625	1,250	0,382	0,239	2,496	0	0,900	1,250	0,396	2,546	0,156	7,83	22,333	0,00250
B7	0	384,670	1,000	1,750	1,385	0,447	5,032	0	0,900	4,250	0,469	5,619	0,558	7,73	21,667	0,00855
B8	0	84,967	1,125	1,625	0,208	0,239	3,197	0	1,100	2,000	0,323	3,423	0,128	8,09	24,667	0,00228
B9	0	104,210	1,125	2,000	0,175	0,224	3,524	0	1,200	1,750	0,219	3,169	0,140	8,07	28,000	0,00282
B10	0	109,753	1,125	1,375	0,365	0,239	3,104	0	0,800	1,500	0,318	2,618	0,164	7,97	23,333	0,00275
B11	2	114,702	1,000	1,625	0,324	0,209	3,158	0	1,400	1,250	0,281	2,931	0,158	8,07	23,000	0,00261
B12	2	121,020	0,625	2,875	0,498	0,149	4,147	0	0,800	2,250	0,371	3,421	0,168	8,01	24,667	0,00297
B13	0	131,005	0,750	2,000	0,332	0,313	3,395	0	1,100	1,750	0,192	3,042	0,166	8,13	23,667	0,00282
B14	0	403,092	1,250	1,625	1,735	0,432	5,042	0	0,900	4,500	0,260	5,660	0,560	8,03	26,667	0,01056
B15	0	95,230	1,500	0,875	0,208	0,239	2,822	0	1,300	1,000	0,310	2,610	0,150	8,04	24,333	0,00263
B16	0	158,402	1,000	2,375	0,697	0,224	4,296	0	1,200	2,000	0,385	3,585	0,216	8,02	21,667	0,00334

TABELA 34: Síntese dos resultados obtidos a partir dos ensaios realizados com as amostras de areia.

Amostras	Efflorwick Test	Resíduo Sólido (mg/l)	Cátions (meq/l)					Ânions (meq/l)					CE no extrato (dS/m)	pH na pasta saturada	Percentagem de saturação (%)	Percentagem de Sais totais (%)
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Total	CO ₃ ²⁻	CO ₃ H ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Total				
A1	0	443,860	3,375	1,250	0,407	0,521	5,553	0	4,000	2,000	0,375	6,375	0,495	7,46	21,667	0,00959
A2	0	212,586	3,875	0,250	0,631	0,298	5,054	0	3,000	2,500	0,281	5,781	0,330	7,42	23,000	0,00680
A3	0	463,639	1,750	2,625	1,245	0,372	5,992	0	3,800	1,500	0,335	5,635	0,475	7,64	16,667	0,00708
A4	0	221,998	3,625	0,500	0,506	0,238	4,869	0	3,900	0,750	0,447	5,097	0,317	7,39	25,667	0,00729
A5	0	268,234	2,750	1,000	0,540	0,179	4,469	0	3,000	1,500	0,277	4,777	0,216	7,36	22,667	0,00439
A6	0	301,568	1,125	2,250	1,660	0,417	5,452	0	3,200	2,250	0,363	5,814	0,375	7,25	21,833	0,00733
A7	2	251,340	2,875	2,125	0,813	0,566	6,379	0	2,800	2,750	0,273	5,823	0,256	7,30	21,667	0,00497
A8	0	355,907	2,750	0,125	0,606	0,388	4,369	0	1,900	2,500	0,268	4,668	0,373	7,17	23,500	0,00785
A9	0	1020,08	1500	6,625	5,561	0,566	14,252	0	2,900	9,500	0,384	12,784	1,210	7,12	24,333	0,02630
A10	0	161,740	1,375	1,750	0,631	0,357	4,113	0	2,600	1,750	0,283	4,633	0,215	7,27	23,000	0,00444
A11	0	1199,112	3,125	3,125	5,644	0,626	12,520	0	3,000	10,00	0,268	13,268	1,260	7,25	23,767	0,02675
A12	0	281,434	1,875	0,625	1,079	0,775	4,354	0	1,000	2,750	0,372	4,122	0,258	7,11	24,000	0,00555
A13	0	436,970	2,000	1,375	0,398	0,536	4,309	0	2,200	1,500	0,281	3,981	0,515	7,75	24,333	0,001121
A14	2	268,089	2,000	0,875	0,656	0,626	4,157	0	2,600	1,250	0,319	4,169	0,288	7,40	27,000	0,00697
A15	2	455,978	3,250	0,875	1,494	0,492	6,111	0	3,600	2,000	0,320	5,920	0,530	7,68	25,000	0,01185
A16	0	231,978	1,500	1,750	0,631	0,313	4,194	0	2,200	2,500	0,267	4,967	0,234	6,92	20,333	0,00427



FIGURA DF - 01: Desagregador - visão superior



FIGURA DF - 02: Desagregador - visão frontal

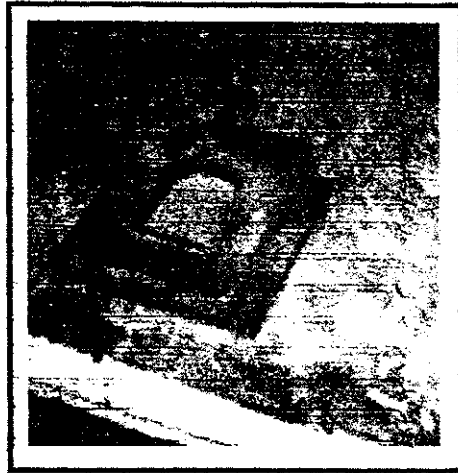


FIGURA DF - 03: Molde utilizado para confeccionar os "efflorwicks"



FIGURA DF - 04: Prensa hidráulica utilizada para confeccionar os "efflorwicks"



FIGURA DF - 05: Prensa hidráulica utilizada para confeccionar os "efflorwicks."

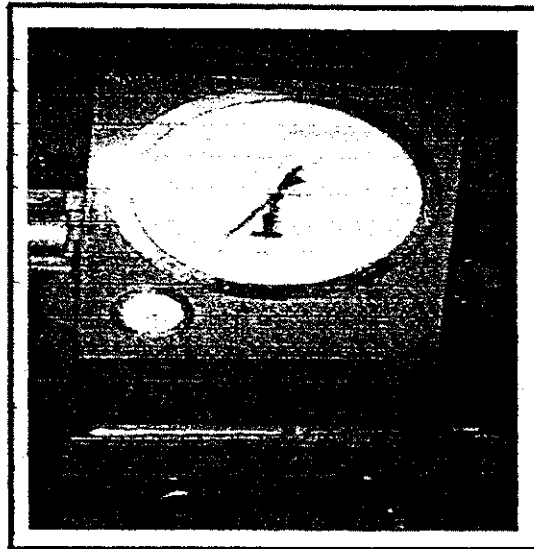


FIGURA DF - 06: Pressa hidráulica -
Manômetro

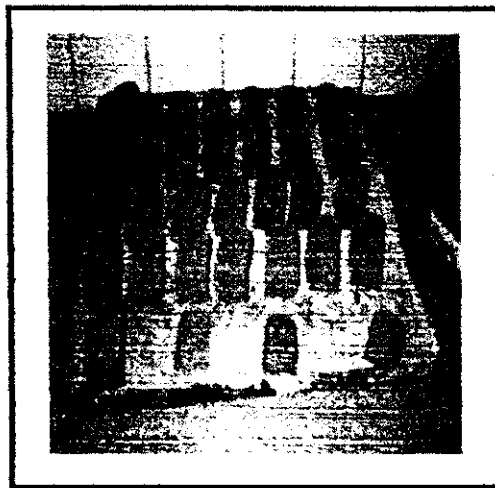


FIGURA DF - 07: "Efflorwicks"
moldados



FIGURA DF - 08: Forno utilizado
para a queima dos "efflorwicks"

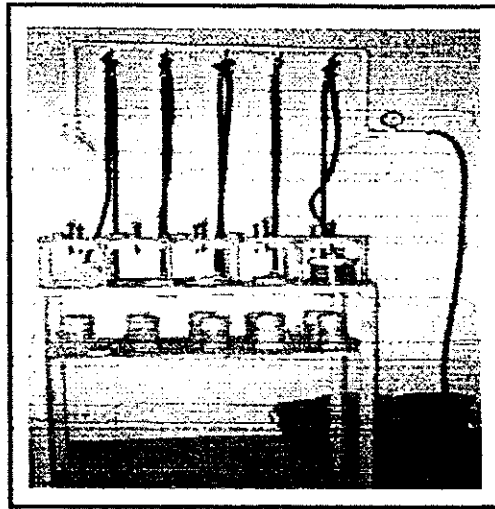


FIGURA DF - 09: Extrator - utilizado na obtenção do extrato de saturação

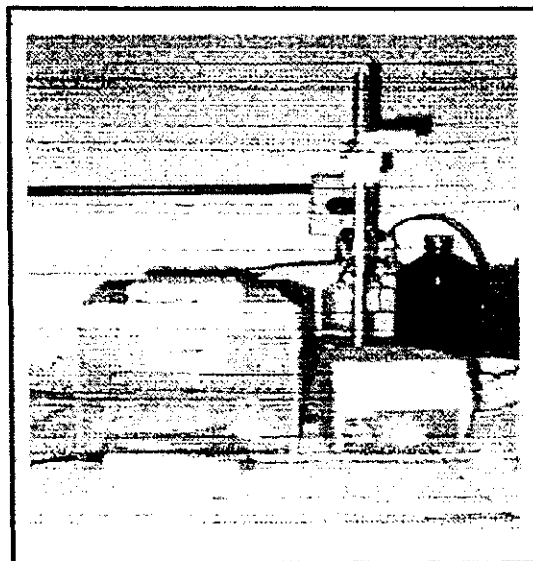


FIGURA DF - 10: Titulador - utilizado na análise química da composição iônica dos extratos de saturação

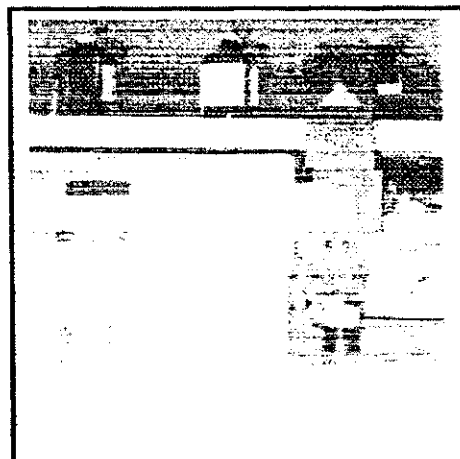


FIGURA DF - 11: Espectrofotômetro - utilizado na análise química de sódio e potássio

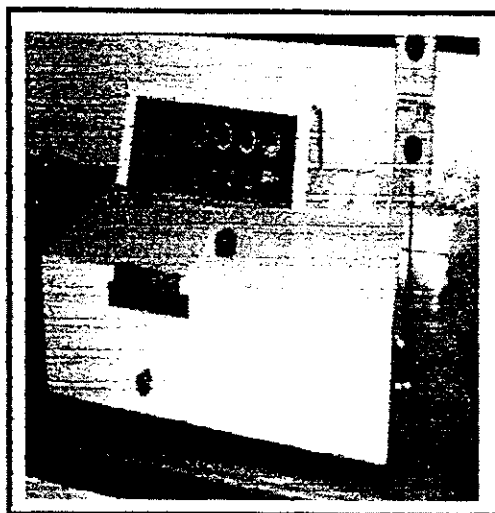


FIGURA DF - 12: Espectrofotômetro (420nm, curveta de 2,5 a 10cm) - utilizado na determinação de sulfatos; visão frontal

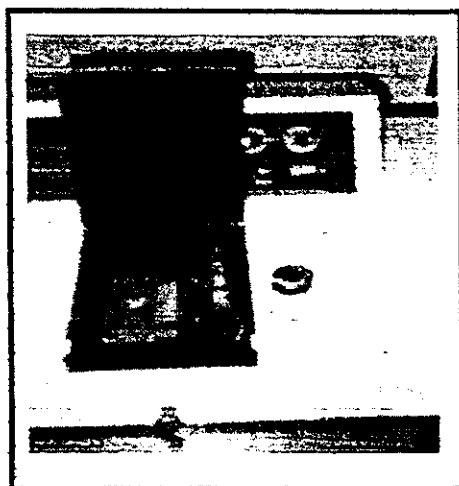


FIGURA DF - 13: Espectrofotômetro; visão interna



FIGURA DF - 14: Tituladores - utilizados na titulação

