



UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA ACADÊMICA - PRAC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

Wellington Amorim Rêgo

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS SAIBROS DA REGIÃO  
METROPOLITANA DO RECIFE UTILIZADOS EM ARGAMASSAS**

Recife  
2008

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Wellington Amorim Rêgo

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS SAIBROS DA REGIÃO  
METROPOLITANA DO RECIFE UTILIZADOS EM ARGAMASSAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Católica de Pernambuco, como requisito parcial a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil, na área de Concentração Engenharia das Construções.

**Orientador:** Prof. Dr. Romilde Almeida de Oliveira

**Orientador:** Prof. Dr. Sílvio Romero de Melo Ferreira

Recife  
2008

R243c

Rêgo, Wellington Amorim

Caracterização física dos saibros da Região Metropolitana do Recife utilizados em argamassas / Wellington Amorim Rêgo; orientadores Romilde Almeida de Oliveira, Silvio Romero de Melo Ferreira  
139 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP. Pró-reitoria Acadêmica. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Curso de Mestrado em Engenharia Civil, 2008.

1. Argamassa. 2. Solos - Composição. 3. Materiais de construção. 4. Argila - Análise. 5. Construção civil - Recife, Região Metropolitana do (PE). 6. Agregados Materiais de construção. 7. Argila - Características físicas. 8. Partículas (física, química, etc.). I Título.

CDU 691.53

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS SAIBROS DA REGIÃO METROPOLITANA DO  
RECIFE UTILIZADOS EM ARGAMASSAS

Wellington Amorim Rego

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Católica de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil, na área de Concentração em Engenharia das Construções.

Aprovado por:

---

Prof. Romilde Almeida de Oliveira, D.Sc.  
Departamento de Engenharia Civil – UNICAP  
Orientador

---

Prof. Arnaldo Manoel Pereira Carneiro, D.Eng.  
Departamento de Engenharia Civil – UFPE  
Examinador externo

---

Prof. José Orlando Vieira Filho, D.Eng.  
Departamento de Engenharia Civil – UNICAP  
Examinador interno

RECIFE, PE - BRASIL

DEZEMBRO DE 2008

Dedico este trabalho:  
aos meus pais, Washington da Silva Amorim Rêgo Neto (*in memorian*)  
e Renilda da Silva Raposo;  
aos meus irmãos, Natanael Amorim Rêgo Neto,  
Lucinda Amorim Rêgo,  
Roberta Amorim Rêgo  
e Walkíria Amorim Rêgo.

## AGRADECIMENTOS

Ao Ser Supremo “DEUS” que deu a inteligência para prosseguir no conhecimento secular.

Aos professores e orientadores Romilde Almeida de Oliveira e Silvio Romero de Melo Ferreira, pelos seus constantes e incansáveis empenhos profissionais, sem limites, em sempre me orientar.

Ao geólogo Carlos Pimentel na contribuição e orientação, através de sua capacidade profissional, no tocante ao assunto do material que fora coletado em campo.

Ao professor Sergio Carvalho de Paiva pela sua grande solidariedade e espírito de corpo.

Ao Engenheiro Civil e doutorando João Manoel Ferreira Mota pela sua grandíssima contribuição.

Ao professor e doutor Fernando Arthur Nogueira pela sua importantíssima contribuição.

Ao professor e doutor Ângelo Just da Costa e Silva em suas orientações no laboratório de materiais de construção civil na CATÓLICA.

Ao professor Roberto Álvares de Andrade pela sua parcela de contribuição em se tratando da argamassa com Saibro.

Ao professor e doutor José Orlando Vieira Filho pela sua importante contribuição na permissão do uso do laboratório de materiais de construção civil da CATÓLICA.

Ao professor e doutor Valdemir Alexandre dos Santos pela orientação no uso do programa estatístico.

Ao professor e Estatístico Célio Costa Souto Maior pela sua importantíssima contribuição no lado estatístico.

Aos laboratoristas Washington Espósito e André Miranda do laboratório de Materiais de Construção, Pedro do Laboratório de Geotecnia e Waldemar do laboratório de topografia ambos da Católica, que contribuíram na realização dos ensaios.

À Universidade Católica de Pernambuco (CATÓLICA), por ter concedido a bolsa de estudos e pelo uso eficiente do laboratório.

Ao professor e doutor Carlos Wellington, do Itep, pela sua autorização em relação ao uso do transporte e equipamento.

Ao técnico de edificações e estudante de arquitetura André Luiz Capezera Vital, aos laboratoristas Aluízio Cavalcanti, Domingos Jorge de Moura, Marcos José de Souza, Nelson Rodrigues do Carmo e ao auxiliar Diogo Gervásio Melo, todos do Itep, pelas suas importantíssimas contribuições.

Ao ITEP pelo total apoio no transporte, materiais e uso do laboratório de tecnologia dos materiais.



“Excelente é possuir o conhecimento secular,  
porém sublime é conhecer a DEUS”.

(Wellington Amorim Rêgo)

## RESUMO

Foi realizado na Região Metropolitana do Recife nos municípios de Abreu e Lima, Araçoiaba, Cabo de Santo Agostinho, Camaragibe, Igarassu, Ipojuca, Itamaracá, Itapissuma, Moreno, Olinda, Recife, Jaboatão dos Guararapes e São Lourenço da Mata a coleta de materiais que servem como Saibro, em jazidas já exploradas comercialmente, com o objetivo de avaliar a melhor característica desse Saibro e a aplicação em argamassas na construção civil, bem como o seu uso de modo não mais empírico. Para isso se fez jus os ensaios de caracterização física através da análise granulométrica com sedimentação de acordo com a ABNT-NBR 7181/1984, a consistência (limite de liquidez conforme ABNT-NBR 6459/1984 e limite de plasticidade conforme ABNT-NBR 7180/1984). A determinação da massa específica dos grãos do solo de acordo com a ABNT-NBR 6508/1984, limite de contração de acordo com a ABNT-NBR 7183/1982. Os resultados obtidos indicam que existe influência significativa na quantidade de argila e no grau de contração.

**Palavras-chave:** Construção civil; saibro; ensaios de caracterização.

## ABSTRACT

It was accomplished in the Metropolitan Area of Recife in the municipal districts of Abreu e Lima, Araçoiaba, Cabo de Santo Agostinho, Camaragibe, Igarassu, Ipojuca, Itamaracá, Itapissuma, Moreno, Olinda, Recife, Jaboatão dos Guararapes and São Lourenço da Mata the collection of materials that they serve as Clay-Shale, in lied explored already commercially, with the objective of evaluating the best characteristic of that Clay-Shale and the application in mortars in the building site, as well as his/her way use no more empiric. For that it was made right the rehearsals of physical characterization through the analysis granulométrica with sedimentation in agreement with ABNT-NBR 7181/1984, the consistence (liquidity limit according to ABNT-NBR 6459/1984 and plasticity limit according to ABNT-NBR 7180/1984). The determination of the specific mass of the grains of the soil in agreement with ABNT-NBR 6508/1984, contraction limit in agreement with ABNT-NBR 7183/1982. The obtained results indicate that significant influence exists in the amount of clay and in the contraction degree.

**Keywords:** Building site; clay-shale; characterization rehearsals.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 2.1: Manifestações patológicas das argamassas em edificações.....   | 32 |
| Figura 2.2: Algumas patologias das argamassas com Saibro.....  | 33 |
| Figura 2.3: Fissuração apresentada pela argamassa com Saibro, logo após sua aplicação.....                                       | 34 |
| Figura 2.4: Relação aglomerante/agregados com índice de consistência.....  | 39 |
| Figura 2.5: Relação aglomerante/agregados com massa específica.....  | 39 |
| Figura 2.6: Relação aglomerante/agregados com teor de ar incorporado.....  | 40 |
| Figura 2.7: Relação aglomerante/agregados com resistência à compressão.....  | 40 |
| Figura 2.8: Relação aglomerante/agregados com o índice de consistência.....  | 42 |
| Figura 2.9: Relação aglomerante/agregados com a massa específica no estado fresco.....   | 42 |
| Figura 2.10: Relação aglomerante/agregados com a massa específica no estado endurecido.....                                      | 43 |
| Figura 2.11: Relação aglomerante/agregados com a resistência à compressão.....   | 43 |
| Figura 2.12: Relação aglomerante/agregados com a resistência à tração por compressão diametral.....                              | 44 |
| Figura 2.13: Relação aglomerante/agregados com o índice de vazios.....   | 44 |
| Figura 2.14: Estrutura dos minerais argílicos.....   | 46 |
| Figura 2.15: Espécies de minerais argílicos.....   | 46 |
| Figura 2.16: Diagrama trilinear com as respectivas porcentagens e os constituintes principais (% argila, % areia e % silte)..... | 47 |
| Figura 2.17: Municípios integrantes da Região Metropolitana do Recife.....   | 49 |
| Figura 2.18: Principais domínios geológicos da Região Metropolitana do Recife.....   | 50 |
| Figura 2.19: Mapa geológico da Região Metropolitana do Recife – Simplificado.....  | 55 |
| Figura 2.20: Mapa Pedológico da Região Metropolitana do Recife.....  | 57 |
| Figura 3.1: GPS de bolso.....  | 58 |
| Figura 3.2 (a) e (b): Coletas das amostras nas jazidas.....  | 59 |
| Figura 3.3: secagem ao ar do material.....   | 60 |
| Figura 3.4: Limite de contração antes (material saturado) e depois de seco em estufa e resfriado ao ar.....                      | 61 |
| Figura 3.5: CP 5 x 10 cm com capeamento.....   | 68 |
| Figura 3.6: CP 5 x 10 cm com aparato de madeira.....   | 68 |
| Figura 4.1: Localização das jazidas no mapa da RMR.....  | 72 |
| Figura 4.2: Mapa geológico da RMR e posicionamento das jazidas.....  | 75 |
| Figura 4.3: Pedologia do solo por jazida.....  | 78 |
| Figura 4.4: Carta de plasticidade e atividade.....   | 80 |
| Figura 4.5: Granulometria do material da área Norte.....   | 81 |
| Figura 4.6: Granulometria do material da área Centro.....  | 81 |
| Figura 4.7: Granulometria do material da área Sul.....   | 82 |
| Figura 4.8: Diagrama Triangular com indicação da qualidade de Saibro.....  | 83 |
| Figura 4.9: Gráfico da Porcentagem dos agregados na Região Norte, Recife e Região Sul.....                                       | 83 |
| Figura 4.10: Grau de contração com a porcentagem de argila.....  | 84 |
| Figura 4.11: Gráfico da curva granulométrica da areia.....   | 86 |
| Figura 4.12: Imagens adquiridas através da lupa da fração retida na peneira de malha 1,2 mm (a) e 2,4 mm (b).....                | 86 |
| Figura 4.13: curvas da distribuição granulométrica das jazidas selecionadas.....   | 88 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 4.14: Caracterizações físicas e mecânicas.....  | 93  |
| Figura 4.15: Gráfico do IQSA em relação à consistência da argamassa com Saibro.....  | 94  |
| Figura 4.16: Consistência em função da relação água/materiais secos.....   | 95  |
| Figura 4.17: Relação do IQSA com a massa específica no estado fresco.....  | 97  |
| Figura 4.18: Relação do IQSA com a massa específica no estado seco (a) e massa específica da amostra após saturação (b).....                                     | 97  |
| Figura 4.19: IQSA em relação a absorção de água por imersão (a) e índice de vazios (b).....  | 99  |
| Figura 4.20: IQSA em relação a água/cimento (a) e água/materiais secos (b).....  | 100 |
| Figura 4.21: IQSA em relação a água/agregado (areia).....  | 102 |
| Figura 4.22: gráfico do IQSA com a relação água/saibro.....  | 102 |
| Figura 4.23: gráfico do IQSA em relação a velocidade de propagação da onda ultrassônica.....   | 104 |
| Figura 4.24: Gráfico do IQSA em relação ao módulo de elasticidade da argamassa.....  | 106 |
| Figura 4.25: Resultados médios das resistências dos corpos-de-prova de argamassa.....  | 107 |
| Figura 4.26: gráfico do IQSA em relação a resistência à compressão.....  | 109 |
| Figura 4.27: gráfico do IQSA em relação a resistência à tração por compressão diametral.....   | 109 |
| Figura 4.28: Correlações das resistências dos corpos-de-prova no traço 1:3:5 e 1:1:7 com os parâmetros físicos e mecânicos.....                                  | 111 |
| Figura 4.29: correlação da resistência à compressão para o traço 1:3:5 (a) e 1:1:7 (b) com os parâmetros químicos, físicos e mecânicos.....                      | 112 |
| Figura 4.30: correlação da resistência à tração por compressão diametral para o traço 1:3:5 (a) e 1:1:7 (b) com os parâmetros químicos, físicos e mecânicos..... | 113 |

## LISTA DE QUADROS

|   |     |
|---|-----|
| Quadro 2.1: Resultado da caracterização do Saibro.....  | 36  |
| Quadro 2.2: Resultado da caracterização do Saibro.....  | 36  |
| Quadro 2.3: Resultado da caracterização do Saibro.....  | 37  |
| Quadro 2.4: Caracterização física e mecânica no estado fresco da argamassa com Cimento, Saibro e Areia.....           | 38  |
| Quadro 2.5: Caracterização física e mecânica no estado fresco da argamassa com Cimento, Saibro e Areia.....           | 41  |
| Quadro 4.1: Formação Geológica nas jazidas da RMR.....  | 73  |
| Quadro 4.2a: Classes Pedológicas nas jazidas de Saibro da RMR.....  | 76  |
| Quadro 4.2b: Classes Pedológicas nas jazidas de Saibro da RMR.....  | 77  |
| Quadro 4.3: Valores mínimos e máximos da caracterização física dos Saibros na RMR.....                                | 79  |
| Quadro 4.4a: Caracterização física e química dos Saibros selecionados, por grupo, para os ensaios das argamassas..... | 89  |
| Quadro 4.4b: Caracterização física e química dos Saibros selecionados, por grupo, para os ensaios das argamassas..... | 90  |
| Quadro 4.5: Resultados médios da consistência.....  | 94  |
| Quadro 4.6: Resultados médios da massa específicas no estado fresco, seco após 28 dias de cura e saturada.....        | 96  |
| Quadro 4.7: Resultados médios da absorção de água por imersão e o índice de vazios... ..                              | 99  |
| Quadro 4.8: Relação água/cimento, água/materiais secos, água/agregado (areia), e a relação água/Saibro.....           | 101 |
| Quadro 4.9: velocidade da propagação ultra-sônica.....  | 104 |
| Quadro 4.10: Resultados médios do módulo de elasticidade da argamassa com Saibro..                                    | 105 |
| Quadro 4.11: resultados médios das resistências à compressão e compressão por tração diametral.....                   | 108 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 2.1: Resultados dos ensaios Raios-X.....  | 45 |
| Tabela 3.1: Caracterização com os critérios usados como base para avaliação do Saibro em argamassas.....                   | 70 |
| Tabela 4.1: Localização geográfica das jazidas.....  | 71 |
| Tabela 4.2: Caracterização física do Cimento Portland CP II F-32.....  | 85 |
| Tabela 4.3: Características da areia natural.....  | 85 |
| Tabela 4.4: Quantidade de água utilizada nas argamassas com Saibro.....  | 91 |
| Tabela 4.5: Composição granulométrica do Silte, Argila e % de argila menor que 0,002 mm das nove jazidas selecionadas..... | 91 |

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

a/agre – Relação água/agregado

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

Abs imer – Absorção por imersão

ABNT/NBR – Associação Brasileira de Normas Técnicas /Norma Brasileira Regulamentadora

a/c – Relação água/cimento

ACS – Argamassa de Cimento e Saibro

a/mateseco – Relação água/materiais secos

a/saibro – Relação água/saibro

Cc – Coeficiente de Curvatura

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

CTC – Capacidade de Troca de Cátions

Cu – Coeficiente de Uniformidade

CONDEPE/FIDEM – Conselho de Desenvolvimento de Pernambuco/Financiamento de Desenvolvimento Maior

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

Consist – Consistência

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

GPS – Global Position System (Sistema de Posicionamento Global)

Ia – Índice de atividade

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IG – Índice de grupo

Iv – Índice de vazios

IQSA – Índice de Qualificação de Saibro para uso em Argamassa

LP – Limite de Plasticidade

LW – Limite de Liquidez

ME – Módulo de elasticidade

Mesp Fr – Massa específica no estado fresco

Mesp S 28d – Massa específica no estado seco após 28 dias de cura em tanque

Mesp sat – Massa específica após saturação

PCA – Principal Component Analysis (Análises de Componente Principal)



PE-PB – Pernambuco-Paraíba

RC – Resistências à compressão

RMR – Região Metropolitana do Recife

RT – Resistência à tração

S – soma de cátions trocáveis

SIG – Geographic Information System

SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento de Pernambuco

T – capacidade de troca de cátions

TRB – Transportation Research Board

UMC – Máquina Universal Mecânica

UTM – Universal Transverse Mercator

VPO – Velocidade de propagação da onda ultra-sônica

V – % de saturação de bases

ZAPE – Zoneamento Agroecológico de Pernambuco

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b>   | 18 |
| <b>1.1 Importância da pesquisa</b>  | 18 |
| <b>1.2 Objetivo geral</b>   | 19 |
| <b>1.3 Objetivo específico</b>  | 19 |
| <b>1.4 Estrutura</b>  | 20 |
| <b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>  | 21 |
| <b>2.1 Características das Argamassas</b>   | 21 |
| 2.1.1 Materiais constituintes da argamassa  | 23 |
| 2.1.1.2 Agregados Miúdos  | 24 |
| 2.1.1.3 Adições   | 24 |
| 2.1.1.4 Aditivos  | 24 |
| <b>2.3 Propriedades das argamassas</b>  | 25 |
| <b>2.4 Patologias das argamassas com Saibro</b>   | 29 |
| <b>2.5 Características que deve ter um solo para ser utilizado como Saibro em argamassa</b> | 34 |
| 2.5.1 Saibro  | 34 |
| 2.5.2 Principais Grupos dos minerais argílicos  | 45 |
| 2.5.3 Classificação triangular do solo no diagrama de Wincler                               | 47 |
| <b>2.6 Região Metropolitana do Recife</b>   | 47 |
| 2.6.1 Características gerais  | 48 |
| <b>2.7 Geologia da Região Metropolitana do Recife</b>                                       | 49 |
| 2.7.1 Estratigrafia   | 51 |
| <b>2.8 Pedologia da Região Metropolitana do Recife</b>                                      | 55 |
| <b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b>  | 58 |
| <b>3.1 Coleta dos Saibros</b>   | 58 |
| <b>3.2 Identificação da geologia e pedologia dos locais de coleta de amostras</b>           | 60 |
| <b>3.3 Caracterização física dos Saibros</b>  | 61 |
| 3.3.1 Limite de liquidez  | 61 |
| 3.3.2 Limite de plasticidade  | 62 |
| 3.3.3 Massa específica  | 62 |
| 3.3.4 Análise granulométrica com sedimentação   | 62 |
| 3.3.5 limite de contração   | 63 |
| 3.3.6 Índice de atividade   | 63 |
| 3.3.7 Índice de Grupo   | 63 |
| <b>3.4 Caracterização do agregado miúdo</b>   | 64 |
| <b>3.5 Caracterização do cimento</b>  | 64 |
| <b>3.6 Caracterização dos corpos-de-prova de argamassa com Saibro</b>                       | 65 |
| 3.6.1 Consistência  | 65 |
| 3.6.6.1 Quantidade de água utilizada no traço das argamassas com o Saibro                   | 66 |
| 3.6.2 Massas específicas  | 66 |
| 3.6.3 Absorção por imersão  | 67 |
| 3.6.4 Índice de vazios  | 67 |
| 3.6.5 Velocidade de propagação da onda ultra-sônica   | 67 |
| 3.6.6 Módulo de elasticidade  | 67 |
| 3.6.7 Resistência à compressão e compressão por tração diametral                            | 68 |
| <b>3.7 Método de análise dos resultados</b>   | 69 |

|  |            |
|--|------------|
| 3.8 Seleção das amostras de Saibro para as argamassas .....  | 69         |
| <b>4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>   | <b>71</b>  |
| 4.1 Localização das jazidas .....  | 71         |
| 4.2 Identificação e classificação das unidades Geológicas e classes Pedológicas ..   | 72         |
| 4.3 Caracterização física dos Saibros .....  | 79         |
| 4.4 Composição granulométrica do Saibro .....  | 80         |
| 4.4.1 Diagrama triangular de Winkler.....  | 82         |
| 4.4.2 Grau de contração e porcentagem de argila.....   | 84         |
| 4.5 Caracterização do cimento utilizado na argamassa .....   | 84         |
| 4.6 Caracterização da areia utilizada na argamassa .....   | 85         |
| 4.7 Caracterização Física, Mecânica e Química .....  | 87         |
| 4.7.1 Consistência.....  | 93         |
| 4.7.2 Massa específica no estado fresco, seco e no estado endurecido após 28 dias<br>de cura em tanque.....                                      | 96         |
| 4.7.3 Absorção de água por imersão e índice de vazios.....   | 98         |
| 4.7.4 Relação água/cimento, água/materiais secos, água/agregado (areia), e a<br>relação água/Saibro.....   | 100        |
| 4.7.5 Velocidade de propagação da onda ultra-sônica na argamassa no estado<br>endurecido.....  | 103        |
| 4.7.6 Módulo de elasticidade da argamassa .....  | 105        |
| 4.7.7 Resistência à compressão e resistência à compressão por tração<br>diametral.....   | 106        |
| 4.8 Caracterização Física, Mecânica e Química dos Saibros relacionados com<br>as propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido ..... | 110        |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>  | <b>114</b> |
| 5.1 Conclusões .....   | 114        |
| 5.2 Sugestões para futuros trabalhos .....   | 115        |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>   | <b>116</b> |
| APÊNDICE A .....   | 126        |
| APÊNDICE B .....   | 136        |

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Importância da pesquisa

A importância da pesquisa está relacionada ao uso do Saibro nas argamassas em Construções Cíveis da RMR no qual não existe uma padronização (física, Química e Mecânica) quanto à aplicação do Saibro nas argamassas, pois o seu uso é feito de maneira empírica sem nenhum conhecimento técnico, logo neste trabalho é apresentado os parâmetros físicos, químicos e mecânicos, os quais são tomados como base para a aplicação devida do Saibro em argamassas.

As jazidas exploradas na RMR (Região Metropolitana do Recife) para o uso do Saibro na construção civil são feitas sobre o controle de órgãos governamentais, tais como CPRH (Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos), DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), em alguns casos não existe o controle desses órgãos, pois há explorações clandestinas o que se faz necessário aumentar a fiscalização dessas explorações. Na exploração dessas jazidas quando se trata de construção de estradas é extraído o material para os devidos procedimentos, quando para o aproveitamento do Saibro se faz necessário um maior controle, pois na extração do Saibro nem todo material que compõem as jazidas são adequados para uso como Saibro na argamassa, pois se não houver uma fiscalização a jazida é explorada por completo o que ocasiona sérios riscos ao meio ambiente.

A RMR possui uma imensa área com morros que gera um volume considerável do material (Saibro) para a construção civil, daí o interesse de estudar esse material e obter uma melhor qualidade do material ideal para uso como Saibro em argamassas, visto que o uso do Saibro tem sido mais restrito ou até mesmo insento nas construções civis.

Neste trabalho é estudada a argamassa com o Saibro. Segundo, (MATTOS, 2001) diz que no Brasil, em várias regiões, observa-se a utilização de adições argilominerais, com o objetivo de melhorar a plasticidade das argamassas.

As argamassas na construção civil são utilizadas em todas as obras no tocante ao assentamento e revestimento em blocos de alvenaria, segundo (PAES et al., 1999) citado por (MATTOS, 2001) diz que na “dosagem de argamassas utiliza-se materiais finos com o objetivo de melhorar algumas propriedades, principalmente no estado fresco. Os materiais finos podem ser os aglomerantes (cimento, cal), Saibro ou até mesmo outros materiais inertes, os quais proporcionam plasticidade às argamassas, devido à elevada área específica”. Em sua maioria é usado em construções populares, ou melhor, em construções residências individuais muitas vezes de maneira empírica.

A utilização do Saibro nas argamassas por ser utilizado muitas vezes de maneira empírica, melhor dizendo, por parte de experiências de pedreiros, sem nenhum controle técnico o que ocasiona em sua maioria manifestações patológicas insatisfatórias, tais como fissuras, desagregação. A importância deste trabalho é proporcionar aos profissionais o uso do Saibro em argamassas de assentamento e revestimento em alvenarias modo consciente.

## **1.2 Objetivo geral**

Analisar as características físicas e mecânicas dos Saibros e das argamassas de cimento, Saibro e areia, visando obter melhores desempenhos quando aplicados em assentamento e revestimento de alvenaria.

## **1.3 Objetivos específicos**

- Localizar as jazidas de saibros utilizados comercialmente na RMR.
- Coletar e identificar amostras das diferentes jazidas de saibro da RMR.
- Caracterizar o Saibro, através de análises laboratoriais, para ser empregado em argamassas de assentamento e revestimento na construção civil.

- Identificar e classificar a que classes pertencem, na geologia e pedologia, as amostras de Saibro utilizadas na preparação das argamassas de cimento e Saibro para assentamento e revestimento de alvenarias.
- Relacionar as características físicas e mecânicas das amostras de Saibro com as características químicas das argamassas de cimento e Saibro realizadas por (PAIVA, 2008).
- Verificar as principais características físicas das amostras de Saibro que interfiram diretamente nas características mecânicas das argamassas.
- Efetuar ensaios de resistência com argamassas de saibro para verificar as características das jazidas de saibro da RMR.

#### **1.4 Estrutura**

O trabalho está subdividido em seis capítulos, assim estruturado:

Capítulo 1 - Introdução – são apresentadas a exploração do Saibro na RMR, os objetivos gerais e específicos.

Capítulo 2 - Revisão bibliográfica – são discutidos os principais aspectos existentes na bibliografia que aborda os diversos tipos de argamassas. Também são discutidas as propriedades das argamassas, as patologias das argamassas, as características que deve ter um solo para ser utilizado como Saibro em argamassa. De maneira mais detalhada são apresentados a formação geológica e pedológica do Saibro na Região Metropolitana do Recife.

Capítulo 3 - Materiais e métodos – são apresentados as etapas da realização da coleta do Saibro, a identificação da Geologia e Pedologia dos locais de coleta de amostras, caracterização Física dos Saibros, caracterização do agregado miúdo, caracterização do cimento, caracterização dos corpos-de-prova de argamassa com Saibro. Também são apresentados os critérios de seleção das amostras de Saibro para as argamassas.

Capítulo 4 - Apresentação e discussão dos resultados – são apresentados os resultados obtidos em laboratório e discutidos com base em procedimentos laboratoriais e estatísticos.

Capítulo 5 – Considerações finais - são apresentados os resultados das conclusões obtidas no trabalho e sugestões para futuros trabalhos.

Capítulo 6 - Referências bibliográficas - são apresentadas a relação da bibliografia consultada na elaboração do trabalho.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Características das Argamassas

Conforme relatos Bíblicos, as construções de edificações se deram antes de Cristo (a.C), um bom exemplo foi a construção da Torre de Babel que fora edificada com tijolos que lhe serviram de pedras e o betume de argamassa (Gênesis cap. 11 ver. 3).

Na Grécia, no período micênio (por volta de 2000 a.C.), a argila crua foi empregada em construções de taipa ou pau-a-pique, envolvendo as estruturas resistentes de madeira. Técnica idêntica foi utilizada pela arquitetura romana etrusca (séculos VII ao VI a.C). Nas construções egípcias era utilizada a argila fluida (em pasta) para o envolvimento das estruturas das casas feita de caules de plantas ou de troncos de palmeiras por volta de 1600 a 1100 a.C. A obtenção da cal era através da queima de conchas e mariscos.

Conforme (SELMO et al, ...) diz que para as argamassas no estado fresco salienta-se a importante intenção de normalizar as medidas de rendimento e de manutenção de trabalhabilidade das argamassas, o que parece ser coerente com as tendências de controle de propriedades melhor associadas ao desempenho de produtos da Construção Civil. Os métodos de preparo da argamassa e de medida da densidade no estado fresco devem ser criteriosamente estabelecidos, pois afetam os cálculos de rendimento teórico.

Cincotto apud Thomaz (2001) enfatiza que, “em relação às dosagens das argamassas, devem-se relevar os seguintes requisitos no estado fresco: consistência, coesão, plasticidade, retenção de água, trabalhabilidade e adesão inicial e no estado endurecido: resistência mecânica, ao fogo, ao ataque de sulfatos, ao congelamento, deformabilidade, retração, aderência, permeabilidade, condutibilidade térmica e durabilidade.” (MOTA, 2006)

Argamassas são materiais de construção, com propriedades de aderência e endurecimento, obtidos a partir da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo (areia) e água, podendo conter ainda aditivos e adições minerais.



As argamassas são materiais muito empregados na construção civil, sendo os principais usos no assentamento de alvenarias e nas etapas de revestimento, como emboço, reboco ou revestimento de camada única de paredes e tetos, além de contrapisos para a regularização de pisos e ainda no assentamento e rejuntamento de revestimentos de cerâmica e pedra, (CARASEK, 1996).

Oliveira (1989) diz que a argamassa é definida como uma massa plástica resultante da mistura de um ou mais materiais ligantes, ou inerte (geralmente areia) e água capaz de endurecimento posterior.

Diversos conceitos podem ser-lhe atribuídos, a depender da finalidade que lhes for estabelecida. Podem-se encontrar conceitos mais completos e particularizados, em função do tipo da argamassa. ABNT / NBR 13529 (1995), define a argamassa para revestimento como sendo “uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento”.

Os tipos de argamassas mais usuais na construção civil são apresentadas neste trabalho, sabível que já existem outros tipos de argamassas que são estudadas em outros trabalhos, porém nesse trabalho não serão apresentadas.

A argamassa de cal recebe usualmente o nome de argamassa intermediária, pois quando se utiliza a cal virgem este tipo de argamassa é utilizado para a maturação da cal, para posteriormente ser misturado o cimento. É composta por uma mistura de cal, agregado miúdo e água. A pasta de cal preenche os vazios entre os grãos do agregado miúdo, melhorando a plasticidade e a retenção de água.

Argamassa de Cal - mistura de areia e cal cujo componente dá uma boa trabalhabilidade e capacidade de retenção de água, apresentando baixa resistência à compressão quando endurecida, (WESTPHAL, 2007).

Na ABNT NBR 13529/1995, diz que a argamassa de cal é a argamassa preparada com cal, como único aglomerante.

A argamassa de cimento é composta basicamente de cimento, agregados miúdos e água. Ela apresenta alta resistência mecânica em pouco tempo e pouca trabalhabilidade, baixa retenção de água. Geralmente é usada para emprego específicos tais como chapisco nas paredes de blocos cerâmicos, concreto e paredes de concreto para aumentar a resistência de aderência dos revestimentos.

A ABNT / NBR 13529/1995 diz que argamassa de cimento é a argamassa preparada com cimento como único aglomerante

É a mais utilizada, por apresentar uma mistura mais harmoniosa onde o cimento e a cal contribuem com suas principais propriedades: resistência, plasticidade, retenção de água e velocidade de endurecimento, é aplicada em alvenaria estrutural e convencional, (WESTPHAL, 2007).

Muito usada em várias regiões do Brasil onde o Saibro entra como plastificante na mistura, aumentando o volume e a trabalhabilidade, é utilizada com tradição pelos mestres de obras antigos, não sendo normalizada, (WESTPHAL, 2007).

As argamassas industrializadas são constituídas de aglomerantes hidráulicos de cimento Portland, agregado miúdo de rocha calcária moída e classificada granulometricamente e aditivos orgânicos modificadores de propriedades no restado plástico, (CARASEK, 1997).

### 2.1.1 Materiais constituintes da argamassa

A argamassa é constituída de agregados miúdos e de aglomerantes, que em geral são cimento, cal aditivos e/ou adições.

### 2.1.1.2 Agregados Miúdos

Segundo a NBR 7211 (ABNT, 2005), agregados miúdos são “agregados cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150  $\mu$ m, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1”.

Conforme, ANGELIM et al., (2003) citado por SILVA, (2006) diz que “a distribuição granulométrica da areia influencia diretamente no desempenho da argamassa, interferindo na trabalhabilidade e no consumo de água e aglomerantes, no estado fresco; no revestimento acabado, exerce influência na fissuração, na rugosidade, na permeabilidade e na resistência de aderência”.

### 2.1.1.3 Adições

A NBR 13529/1995 define que as adições são “materiais inorgânicos naturais ou industriais finamente divididos, adicionados às argamassas para modificar as suas propriedades e cuja quantidade é levada em consideração no proporcionamento” (dosagem). As adições, conforme a norma NBR 13529/1995, são: entulho reciclado, filito cerâmico, material pozolânico, pó calcário, Saibro, solo fino e solo fino beneficiado.

### 2.1.1.4 Aditivos

A NBR 13529/1995 define que é um “produto adicionado à argamassa em pequena quantidade, com a finalidade de melhorar uma ou mais propriedades, no estado fresco ou endurecido”. Conforme a norma os aditivos são classificados como: hidrofugante, incorporador de ar, redutor de permeabilidade e retentor de água.

### 2.3 Propriedades das argamassas

As propriedades físico-mecânicas das argamassas podem ser divididas em duas categorias, sendo estas de natureza adesiva e de natureza aglomerante. A de natureza adesiva está relacionada à capacidade da argamassa aderi ao substrato, isto é, ocasionar a resistência de aderência, (JUNIOR, 2004).

A propriedade aglomerante está relacionada na capacidade da argamassa promover uma consolidação interna, entre o aglomerante e o agregado, onde se desenvolvem as demais propriedades físico-mecânicas como: a resistência à compressão, a resistência à tração, permeabilidade e a capacidade de absorver deformações, (JUNIOR, 2004).

A consistência Segundo CINCOTTO et al. (1995) é a propriedade pela qual a argamassa no estado fresco tende a resistir à deformação. Diversos autores classificam as argamassas, segundo a consistência, em *secas* (a pasta preenche os vazios entre os grãos), plásticas (a pasta forma uma fina película e atua como lubrificante na superfície dos grãos dos agregados) e fluidas (os grãos ficam imersos na pasta). A consistência é diretamente determinada pelo conteúdo de água, sendo influenciada pelos seguintes fatores: relação água/aglomerante, relação aglomerante/areia, granulometria da areia, natureza e qualidade do aglomerante (SILVA, 2006).

A trabalhabilidade relaciona principalmente à consistência e ela é uma das mais importantes propriedades das argamassas no estado fresco. Vários pesquisadores que estudam as argamassas de revestimento apontam definições acerca deste termo. Em termos práticos, a trabalhabilidade significa facilidade de manuseio. Uma argamassa é trabalhável quando ela distribui-se facilmente ao ser assentada, não adere na ferramenta quando está sendo lançada na superfície de aplicação, não segrega ao ser transportada, não endurece em contato com superfícies absorptivas e permanece plástica por tempo suficiente para que a operação seja completada (SABBATINI, 1984). Rilem (1982) diz que a trabalhabilidade é a facilidade do operário trabalhar com a argamassa, que pode ser entendida como um conjunto de fatores inter-relacionados, conferindo boa qualidade e produtividade na sua aplicação. Considerando ainda que a consistência e a plasticidade são as propriedades reológicas básicas, que caracterizam a trabalhabilidade. Avaliar, quantificar e prescrever valores de trabalhabilidade

das argamassas por meio de ensaios é uma tarefa muito difícil, uma vez que ela depende não só das características intrínsecas da argamassa, mas também da habilidade do pedreiro que está executando o serviço e de várias propriedades do substrato, além da técnica de aplicação (CASCUDO et al., 2005).

Uma argamassa de revestimento tem boa trabalhabilidade quando se deixa penetrar com facilidade pela colher de pedreiro, sem ser fluida; mantendo-se coesa – sem aderir à colher – ao ser transportada para a desempenadeira e lançada contra a base; e permanece úmida o suficiente para ser espalhada, cortada (operação de sarrafeamento) e ainda receber o tratamento superficial previsto, (SELMO, 1989).

Segundo, (CINCOTTO, et al., 1995) a trabalhabilidade é a propriedade que depende e resulta de várias outras, tais como: consistência, plasticidade, coesão, tixotropia e retenção de água, além da exsudação, tempo de pega e adesão inicial, e é diretamente relacionada com o julgamento subjetivo por parte do operário (no caso o pedreiro),.

Para (CARASEK, 1996), a trabalhabilidade é a habilidade de fluir ou espalhar-se sobre a superfície do componente do substrato, por suas saliências, protuberâncias e fissuras, definindo a intimidade do contato entre a argamassa e o substrato relacionando-se assim com a aderência e sua extensão.

Davison (1974) citado por Oliveira (1989) diz que a trabalhabilidade é a propriedade mais importante de uma argamassa no estado não endurecido.

O conceito de trabalhabilidade nas argamassas de revestimento inclui a capacidade de proporcionar uma boa aderência ao substrato e facilidade de acabamento superficial, influenciando em propriedades no estado endurecido, (MATTOS, 2001).

Conforme (SOUSA e LARA 2005), “a trabalhabilidade reflete, em termos práticos, as facilidades do operário durante as operações de manuseio e aplicação das argamassas. Em geral, uma falta de trabalhabilidade da argamassa é traduzida em aspectos como uma argamassa áspera, muito seca ou muito fluida, com segregação e exsudação excessiva, com dificuldade de espalhar sobre a base de aplicação, falta de “liga”, falta de adesão inicial, e em certas dificuldades para início das operações de acabamento (ou “puxa” muito rápido ou

muito lento). Muitas dessas avaliações são feitas a partir de procedimentos empíricos realizados pelos operários envolvidos diretamente no processo de execução do revestimento”.

A coesão, segundo CINCOTTO et al. (1995), refere-se às forças físicas de atração existentes entre as partículas sólidas da argamassa no estado fresco e às ligações químicas da pasta aglomerante.

A tixotropia é a propriedade pela qual um material sofre transformações isotérmicas e reversíveis do estado sólido para o estado gel (SELMO, 1989). O estado gel, no caso das argamassas, diz respeito à massa coesiva de aglomerante na pasta, mais densa após a hidratação (CINCOTTO et al., 1995).

Na plasticidade a argamassa no estado fresco tende a conservar-se deformada após a redução das tensões de deformação (SILVA, 2006). De acordo com CINCOTTO et al. (1995), a plasticidade e a consistência são as propriedades que efetivamente caracterizam a trabalhabilidade, e são influenciadas pelo teor de ar aprisionado, natureza e teor de aglomerantes e pela intensidade de mistura das argamassas. A plasticidade das argamassas durante sua utilização está relacionada com a sua aderência, o que garante uma vantagem nas aplicações, (MEHTA, 1994).

Segundo CASCUDO et al. (2005) citado por SILVA (2006), para cada mistura a plasticidade adequada, de acordo com a finalidade e forma de aplicação da argamassa, demanda uma quantidade ótima de água a qual significa uma consistência ótima, sendo esta função do proporcionamento e natureza dos materiais.

A retenção de água é a capacidade da argamassa no estado fresco de manter sua consistência ou trabalhabilidade quando sujeita a solicitações que provocam perda de água por evaporação, sucção do substrato ou pela hidratação do cimento e carbonatação da cal (CINCOTTO et al, 1995).

Segundo ROSELLO citado por SELMO (1989) as argamassas tendem a conservar a água necessária para molhar as partículas dos aglomerantes e do agregado miúdo e a água em excesso é cedida facilmente, devido à absorção do substrato.

ROBINSON et al. citados por CARASEK (1996) constataram em seus experimentos utilizando argamassas com diferentes retenções de água aplicadas em diferentes tipos de substratos, que aquelas com menores capacidades de retenção de água produziam maior resistência de aderência do revestimento.

Segundo CINCOTTO et al., (1995) a adesão inicial da argamassa no estado fresco ao substrato é a propriedade que caracterizará o comportamento futuro do conjunto substrato/revestimento quanto ao desempenho decorrente da aderência.

Segundo ROSELLO (1976) citada por SELMO (1989), a adesão inicial ou a aderência da argamassa no estado fresco ao substrato a revestir deve-se, em princípio, às características reológicas da pasta aglomerante; a baixa tensão superficial da pasta, sendo função inversa do consumo de aglomerantes, é o que propicia a sua adesão física ao substrato, assim como aos próprios grãos do agregado miúdo.

Segundo SILVA, (2006) os fatores essenciais que contribuem para uma boa aderência inicial da argamassa são as condições de limpeza do substrato, isentos de poeiras, partículas soltas e gorduras.

A aderência no estado endurecido tem influência na textura do substrato, a existência ou não de chapisco, a qualidade da mão-de-obra, a qualidade da argamassa e o tempo de aplicação.

Segundo SABBATINI (1984), aderência da argamassa ao substrato pode ser definida como sendo a capacidade que a interface substrato/argamassa possui de absorver tensões tangenciais (cisalhamento) e normais (tração) a ela, sem romper-se. Ainda, segundo o autor, não existe uma correspondência biunívoca entre um dado parâmetro e a capacidade de aderência. Por exemplo, aumentando o teor relativo de cimento no aglomerante pode-se aumentar ou diminuir a capacidade de aderência, dependendo das características do substrato.

TAHA & SHRIVE (2001) citados por CARVALHO JR et al. (2005) descrevem que a aderência à alvenaria se desenvolve segundo dois mecanismos:

– aderência química: a resistência de aderência advém de forças covalentes ou forças de Van der Waals, desenvolvidas entre a unidade de alvenaria e os produtos da hidratação do cimento;

– aderência mecânica: formada pelo intertravamento mecânico dos produtos da hidratação do cimento, transferidos para a superfície dos poros dos blocos de alvenarias devido ao efeito da sucção ou absorção capilar.

A elasticidade segundo (CINCOTTO, et al. 1995) é a capacidade de deformação que as argamassas apresentam sem que ocorra ruptura, retornando às suas dimensões iniciais quando cessam as solicitações que lhes são impostas. O módulo de elasticidade está relacionado ao comportamento elástico do revestimento e pode fornecer informações a respeito da deformabilidade e da rigidez de um revestimento de argamassa. Esta propriedade mecânica é de grande interesse, pois está ligada aos fenômenos patológicos dos revestimentos de argamassa, em especial, as fissuras, (SILVA e CAMPITELI, 2006).

#### **2.4 Patologias das argamassas com Saibro**

As patologias que ocorrem nas argamassas com Saibro são conseqüências do uso do material (Saibro) na composição da mesma sem o devido aprofundamento do estudo do Saibro que melhor deverá ser aplicado em argamassas, pois esse trabalho contribui de maneira técnica o devido uso do Saibro para serem aplicados em argamassas, não deixando a desejar o uso do Saibro. O uso do Saibro nas argamassas em muitos casos tem sido deixado de ser aplicado, pois algumas vezes tem ocorrido efeitos indesejáveis nas argamassas, tais como : fissuras e desagregação. Segundo (MEDEIROS e SABBATINI, 1994) citado por (SILVA, 1996) diz que em qualquer parte do Brasil podem ser encontrados sinais claros de manifestações patológicas em revestimentos de argamassas simples ou mistas, na forma de fissuras, descolamentos e problemas de umidade, que facilmente comprometem o desempenho das edificações.

Segundo (UEMOTO, 1984) citado por (NEVES et al. 1997), diz que as manifestações de patologias, nas argamassas constata-se pela presença de cloretos, sulfatos e nitratos solúveis os quais são os sais mais freqüentes nos agregados e adições responsáveis pelas ocorrências de eflorescências nas argamassas, devendo ser limitadas de modo a evitar o emprego de materiais que comprometam sua qualidade.



As ocorrências patológicas nunca têm uma única causa, é uma combinação de inúmeras variáveis que podem ser, (ABCP - Comunidade da Construção, 2002):

- Deformação da estrutura por flexão
- Deformação por cargas horizontais
- Encurtamento dos pilares
- Falha do processo executivo do encunhamento
- Deformação térmica da cobertura
- Deformação térmica da fachada
- Deformação excessiva de lajes com rotação das vigas da borda

Neste trabalho o interesse de manifestações patológicas está apenas nas argamassas com Saibro.

A Figura 2.1 mostra algumas variáveis, de modo geral, das ocorrências patológicas nas argamassas em edificações.

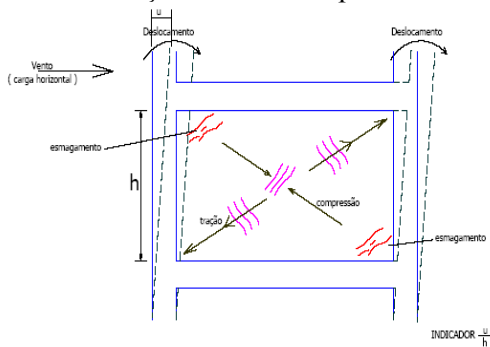
A Figura 2.2 e 2.3 apresentam alguns problemas patológicos das argamassas com Saibro em algumas edificações, tais como painéis estruturais, rodapés e muros que provavelmente foram revestidos e/ou assentados com argamassas acrescida de Saibro.



Deformação da estrutura por flexão



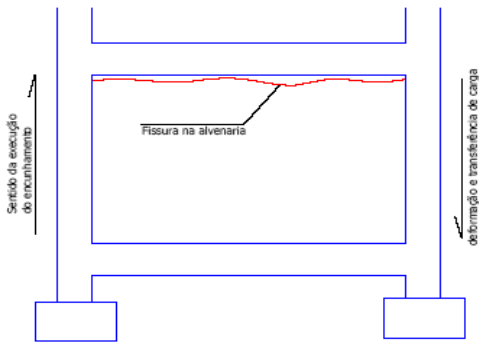
Deformação da estrutura por flexão



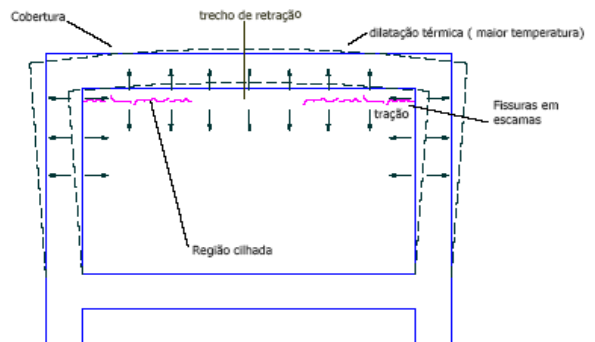
Deformação por cargas horizontais



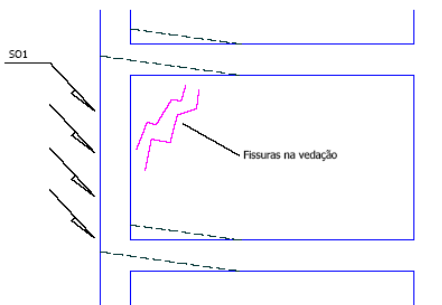
Encurtamento dos pilares



Falha no processo executivo do encunhamento



Deformação térmica da cobertura



Deformação térmica da fachada



Deformação excessiva de lajes com rotação das vigas da borda

Figura 2.1: Manifestações patológicas das argamassas em edificações Fonte: ABCP (2002)



Figura 2.2: Algumas patologias das argamassas com Saibro. Fonte: Autor

Verifica-se na figura 2.2 desagregação do material (b), o descolamento das placas cerâmicas (e), o envelhecimento do material (a), (c), (d) e (f) é verificado com a desagregação da camada superficial o que é uma consequência do material (Saibro) conter algum mineral expansivo.



Figura 2.3: Fissuração apresentada pela argamassa com Saibro, logo após sua aplicação.  
Fonte: Projeto REFA – Avaliação do desempenho dos revestimentos de fachadas

A figura 2.3 apresenta fissuras, pois essas são ocasionadas por o material (Saibro) conter em sua composição minerais expansivos.

## **2.5 Características que deve ter um solo para ser utilizado como Saibro em argamassa**

### **2.5.1 Saibro**

Segundo (CAPUTO, 1988), os solos são materiais formados através da decomposição de rochas (rochas matriz) que induzidos pelos agentes do intemperismo (chuva, vento, temperatura solar) através da decomposição mecânica formam os pedregulhos e as areias e pela decomposição mais avançada formam os siltes e as argilas.

O Saibro é um material argilo-arenoso ou areia argilosa. É uma mistura de areia e argila, de origem sedimentar, transportado e depositado pela ação da água, (OLIVEIRA, 1989). A ABNT NBR 13529/2005 define o Saibro como sendo um solo proveniente de

granitos e gnaisses, com minerais parcialmente decompostos, sendo arenoso ou siltoso, com baixo teor de argila e de cor variada.

Segundo, (OLIVEIRA, 1989) diz que há um consenso entre todos os envolvidos na construção civil de que o Saibro é indesejável em argamassas de revestimento porque apresenta problemas, principalmente de trincas, retenção de umidade, deslocamento da película de tinta, entre outros.

As propriedades em um solo que ressaltam as características de um Saibro para as argamassas na construção civil são, segundo (CARICCHIO, 1957):

- Percentual de argila no máximo 30%;
- Percentual de areia no mínimo 20%;
- Deve ser de decomposição de gnaisses e granito.

Quanto às demais proporções deveram estar incluídos outros componentes, tais como o silte, matéria orgânica que não comprometa na mistura e não perturbe a hidratação do cimento na argamassa quando no estado endurecido. O Saibro não deve ter em sua proporção muita argila e muito silte, pois o excesso de plasticidade compromete a argamassa podendo acarretar fissuras de retração, o que compromete quando entrar no estado endurecido ocasionando excessos de fissuras e fragmentação da argamassa.

O uso do Saibro em argamassas de assentamento as opiniões são bastante divergentes. De uma maneira geral, os engenheiros ignoram o material enquanto que a maioria dos pedreiros consideram-no imprescindível nesse tipo de argamassa. Existem, todavia pedreiros que consideram o material impróprio, mesmo em argamassa de assentamento, sendo uma única qualidade baratear o custo da argamassa, mas sempre em prejuízo das qualidades da mesma, (OLIVEIRA, 1989).

Usa-se hoje de modo precário o mais diversificado dentro da argamassa até a fabricação de tijolos, o Saibro também entra na fabricação de telhas, só que não é normalizado. Pernambuco tem uma bacia sedimentar em orla e ela possui variações. No material que vai fornecer o Saibro tem a formação tectônica, neo-fluvial tem-se até a decomposição de silte.

Alguns autores nacionais caracterizaram o Saibro, de algumas regiões, usado em argamassa, conforme mostra o Quadro 2.1, 2.2 e 2.3.

| <b>Caracterização</b>                             | <b>Saibro Prata</b> | <b>Saibro Goiânia</b> | <b>Referência</b> |
|---|---------------------|-----------------------|-------------------|
| Massa específica dos sólidos (KN/m <sup>3</sup> ) | 2,559               | 2,608                 | (OLIVEIRA, 1989)  |
| Teor de umidade (%)                               | 0,82                | 0,73                  |                   |
| Limite de liquidez (%)                            | 16,7                | 18                    |                   |
| Limite de plasticidade (%)                        | Não plástico        | Não plástico          |                   |
| Massa unitária (KN/m <sup>3</sup> )               | 1,279               | 1,236                 |                   |
| Areia grossa (%)                                  | 2                   | -                     |                   |
| Areia média (%)                                   | 9                   | 13                    |                   |
| Areia fina (%)                                    | 69                  | 68                    |                   |
| Silte (%)   | 5                   | 4                     |                   |
| Argila (%)  | 15                  | 15                    |                   |

Quadro 2.1: Resultado da caracterização do Saibro

Verifica-se no Quadro 2.1 através da análise dos resultados da composição granulométrica uma sensível semelhança entre os dois saibros. Em função das porcentagens da cada fração, os Saibros prata e goiana podem ser classificados de acordo com a TRB como areia fina argilo-siltosa, e de acordo com o sistema de classificação unificado como solo do tipo SM (areia siltosa), (OLIVEIRA, 1989).

| <b>Caracterização</b>                 | <b>Saibro da região de Belém (PA)</b> | <b>Referência</b>    |
|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Limite de liquidez (%)                | 23                                    | (MATTOS at al. 2001) |
| Limite de plasticidade (%)            | 14                                    |                      |
| Índice de plasticidade (%)            | 9                                     |                      |
| Massa específica (KN/m <sup>3</sup> ) | 2,69                                  |                      |
| Massa unitária (KN/m <sup>3</sup> )   | 1,31                                  |                      |
| Areia (%)                             | 69                                    |                      |
| Silte (%)                             | 8                                     |                      |
| Argila (%)                            | 23                                    |                      |

Quadro 2.2: Resultado da caracterização do Saibro

É verificado no Quadro 2.2 que através da classificação TRB o solo é considerado um material argilo-siltoso e de acordo com o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS) do tipo SM (areia siltosa).

| <b>Caracterização</b>                 | <b>Saibro da região de Recife (PE)</b> | <b>Referência</b>      |
|---------------------------------------|--|------------------------|
| Limite de liquidez (%)                | Não líquido                            | (OLIVEIRA et al. 2007) |
| Limite de plasticidade (%)            | Não plástico                           |                        |
| Teor de umidade (%)                   | 0,3                                    |                        |
| Massa específica (KN/m <sup>3</sup> ) | 2,653                                  |                        |
| Pedregulho (%)                        | 0,0                                    |                        |
| Areia (%)                             | 83                                     |                        |
| Silte (%)                             | 7,1                                    |                        |
| Argila (%)                            | 9,9                                    |                        |

Quadro 2.3: Resultado da caracterização do Saibro

É verificado no Quadro 2.3 que através da classificação TRB o solo é considerado um material silto-argiloso e de acordo com o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS) do tipo SM (areia siltosa).

(OLIVEIRA, 1989) e (MATTOS, 2001) estudaram algumas propriedades das argamassas com Saibro no estado fresco e endurecido e obteve os seguintes resultados médios da caracterização física e mecânica, conforme mostra o Quadro 2.4 e 2.5.

| Caracterização           | (OLIVEIRA, 1989) |                            |
|--------------------------|------------------|----------------------------|
|                          | Traço            | Valor (mm)                 |
| Índice de consistência   | 1:3:3            | 302,5                      |
|                          | 1:3:4            | 285,5                      |
|                          | 1:6:6            | 338,5                      |
|                          | 1:6:12           | 320                        |
|                          | 1:3:3            | 302,5                      |
|                          | 1:3:4            | 285,5                      |
| Massa específica         | Traço            | Valor (KN/m <sup>3</sup> ) |
|                          | 1:3:3            | 1,891                      |
|                          | 1:3:4            | 1,947                      |
|                          | 1:6:6            | 1,903                      |
|                          | 1:6:12           | 1,891                      |
| Teor de ar incorporado   | Traço            | Valor (%)                  |
|                          | 1:3:3            | 5,967                      |
|                          | 1:3:4            | 6,335                      |
|                          | 1:6:6            | 6,232                      |
|                          | 1:6:12           | 5,201                      |
| Resistência à compressão | Traço            | Valor (MPa)                |
|                          | 1:3:3            | 3,433                      |
|                          | 1:3:4            | 3,215                      |
|                          | 1:6:6            | 0,396                      |
|                          | 1:6:12           | 0,36                       |

Quadro 2.4: Caracterização física e mecânica no estado fresco da argamassa com Cimento, Saibro e Areia

Esses resultados foram analisados graficamente, conforme as Figuras 2.4, 2.5, 2.6 e 2.7. Quando comparados os resultados do índice de consistência com relação aglomerante/agregados, Figura 2.4, observa-se que nos traços 1:3:3, 1:3:4 e 1:6:6, 1:6:12 estão correlacionados, pois o teor de materiais finos diminuem, assim diminuindo na quantidade de água o qual é verificado no índice de consistência. Fato contrário observado nos traços 1:3:4, 1:6:6 e 1:6:12 e 1:3:3.



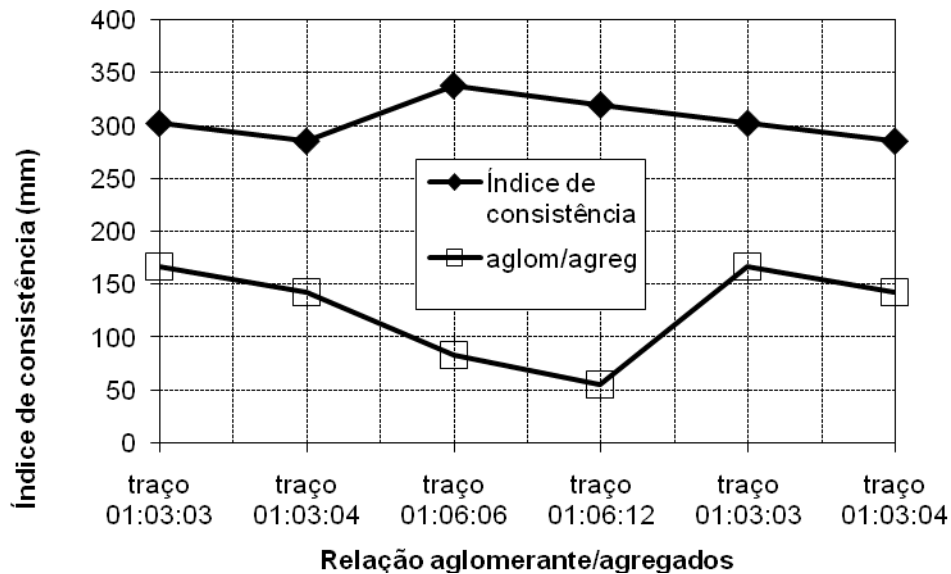


Figura 2.4: Relação aglomerante/agregados com índice de consistência

A Figura 2.5 mostra que a massa específica diminui com o aumento da relação aglomerante/agregados, conseqüentemente com a diminuição do teor de finos contidos nos agregados. Na Figura 2.5 a relação aglomerante/agregado os valores foram multiplicados por 1000 para melhor ajustar no gráfico.

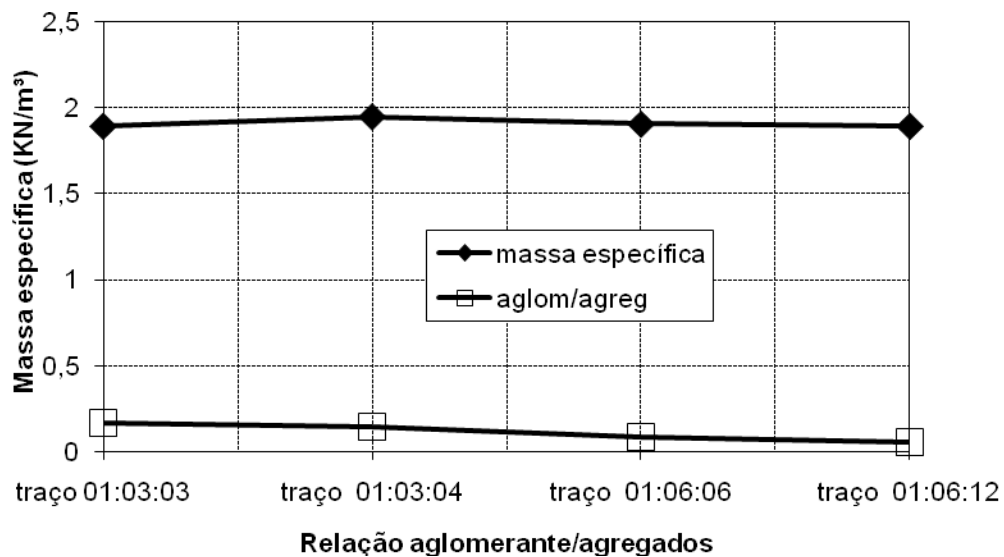


Figura 2.5: Relação aglomerante/agregados com massa específica

A Figura 2.6 mostra uma boa correlação da relação aglomerante/agregado com o teor de ar incorporado nos traços 1:3:4, 1:6:6 e 1:6:12, fato contrário par o traço 1:3:3 (conseqüência de um mau adensamento nos moldes, influenciando em uma quantidade maior de ar incorporado na argamassa. Na Figura 2.6 e 2.7 a relação aglomerante/agregado os valores foram multiplicados por 10 para melhor ajustar no gráfico

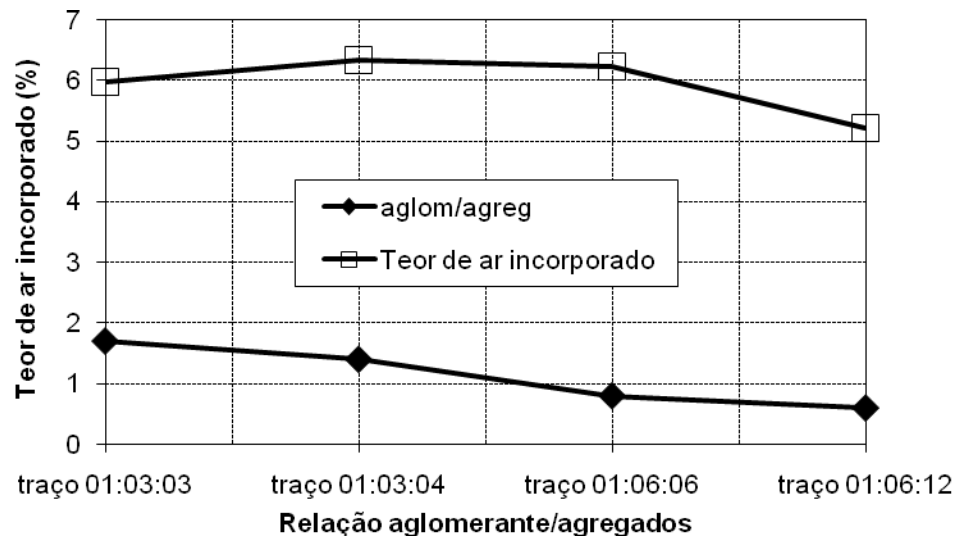


Figura 2.6: Relação aglomerante/agregados com teor de ar incorporado

A Figura 2.7 mostra uma boa correlação na relação aglomerante/agregado com a resistência à compressão, à medida que aumenta a relação aglomerante/agregados para os traços 1:3:3, 1:3:4, 1:6:6 e 1:6:12 a resistência à compressão diminui.

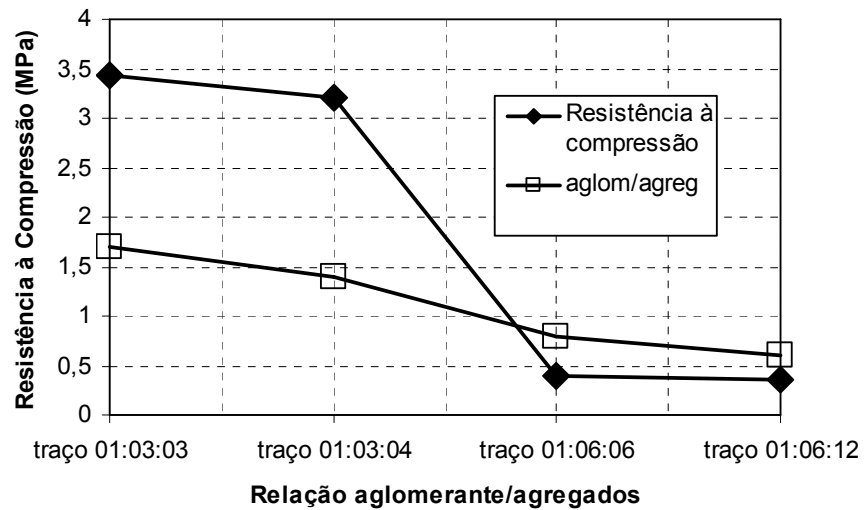


Figura 2.7: Relação aglomerante/agregados com resistência à compressão

| Caracterização                                | ( MATTOS, 2001) |                            |
|---|-----------------|----------------------------|
|   | Traço           | Valor                      |
| Índice de consistência                        | 1:1:5           | 267                        |
|   | 1:1:6           | 251                        |
|   | 1:2:5           | 257                        |
| Massa específica                              | Traço           | Valor (KN/m <sup>3</sup> ) |
|   | 1:1:5           | 2,11(Fresco)               |
|   | 1:1:6           | 2,12(Fresco)               |
|   | 1:2:5           | 2,07(Fresco)               |
|   | 1:1:5           | 1,75(Endurecido)           |
|   | 1:1:6           | 1,76(Endurecido)           |
|   | 1:2:5           | 1,76(Endurecido)           |
| Resistência à compressão                      | Traço           | Valor (MPa)                |
|   | 1:1:5           | 10,4                       |
|   | 1:1:6           | 7,2                        |
|   | 1:2:5           | 7,0                        |
| Resistência à tração por compressão diametral | Traço           | Valor (MPa)                |
|   | 1:1:5           | 0,75                       |
|   | 1:1:6           | 0,53                       |
|   | 1:2:5           | 0,48                       |
| Índice de vazios                              | Traço           | Valor (%)                  |
|   | 1:1:5           | 28,53                      |
|   | 1:1:6           | 28,73                      |
|   | 1:2:5           | 30,87                      |

Quadro 2.5: Caracterização física e mecânica no estado fresco da argamassa com Cimento, Saibro e Areia.

Os resultados do Quadro 2.5 foram analisados graficamente, conforme as Figuras 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12 e 2.13.

A Figura 2.8 apresenta o índice de consistência com a relação aglomerante/agregados e observa-se que no traço 1:3:5 a consistência foi maior (conseqüência do teor de finos contidos no Saibro ou na areia). No traço 1:1:6 o índice de consistência foi menor onde o teor de finos foi equilibrado com a areia, já no traço 1:2:5 o índice de consistência foi maior (conseqüência do teor de finos contidos no Saibro ou na areia é maior. Na Figura 2.8 a relação aglomerante/agregado os valores foram multiplicados por 1000 para melhor ajustar no gráfico.

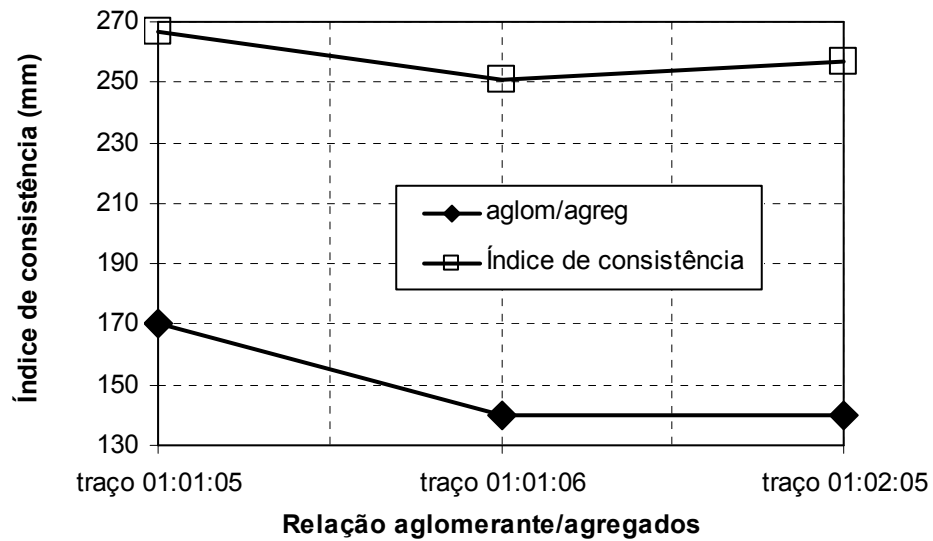


Figura 2.8: Relação aglomerante/agregados com o índice de consistência

A Figura 2.9 mostra que a relação aglomerante/agregados com a massa específica no estado fresco para o traço 1:1:5 e 1:1:6 houve uma pequena diferença na massa específica. A massa específica no estado fresco apresenta uma diferença entre o traço 1:1:5 e 1:1:6 o que foi considerado o agregado (areia) na composição da argamassa. No traço 1:1:6 e 1:2:5 a relação aglomerante/agregados permanece constante, apenas acrescentando no Saibro e diminuindo na areia a massa específica no estado fresco diminui. Na Figura 2.9 e 2.10 a relação aglomerante/agregado os valores foram multiplicados por 10 para melhor ajustar no gráfico.

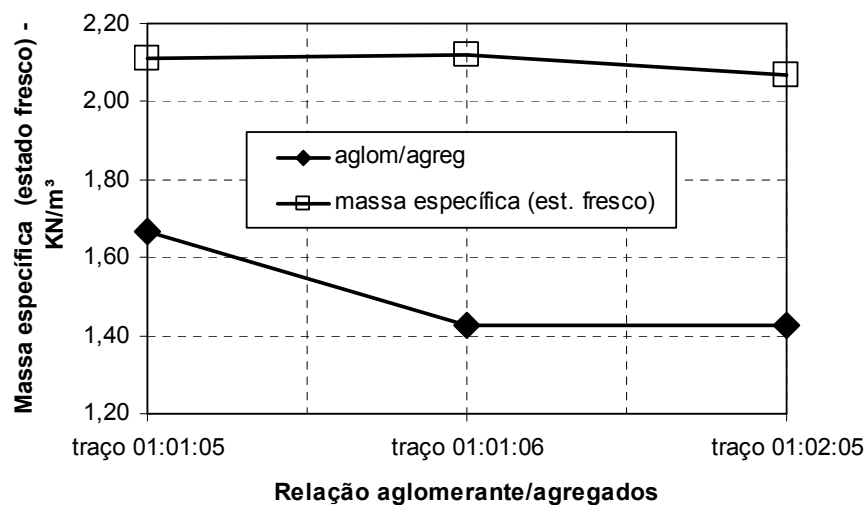


Figura 2.9: Relação aglomerante/agregados com a massa específica no estado fresco

A Figura 2.10 mostra que a relação aglomerante/agregados com a massa específica no estado endurecido no traço 1:1:5 e 1:1:6 apresenta também uma pequena variação, apenas nos traços 1:1:6 e 1:2:5 não houve diferença de variação. Na Figura 2.11 a relação aglomerante/agregado os valores foram multiplicados por 100 para melhor ajustar no gráfico.

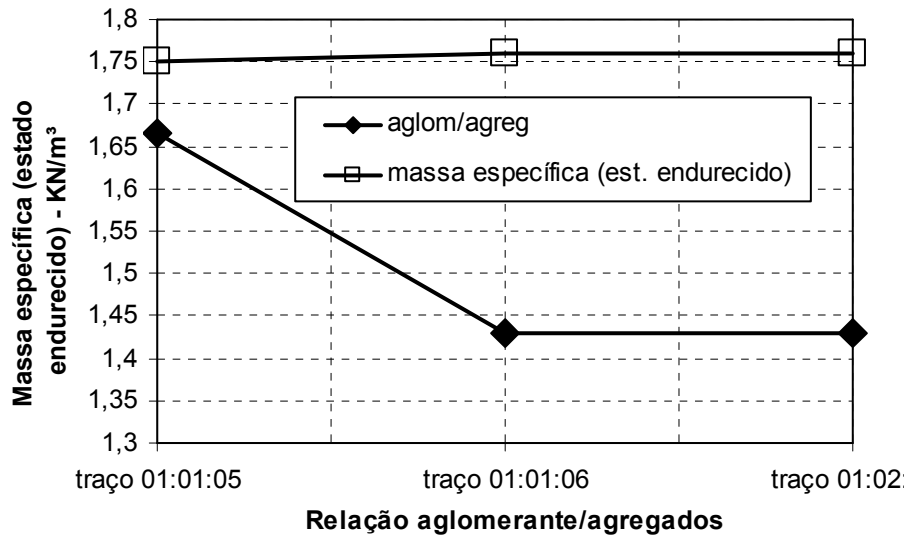


Figura 2.10: Relação aglomerante/agregados com a massa específica no estado endurecido

A Figura 2.11 mostra que no traço 1:1:5 e 1:1:6 a resistência à compressão diminuiu quando aumenta o agregado (areia). No traço 1:1:6 e 1:2:5 mantendo-se a mesma relação aglomerante/agregados a resistência à compressão apresenta uma suave variação, pois aumentou a quantidade de Saibro e diminuiu a areia. Na Figura 2.11 a relação aglomerante/agregado os valores foram multiplicados por 100 para melhor ajustar no gráfico.

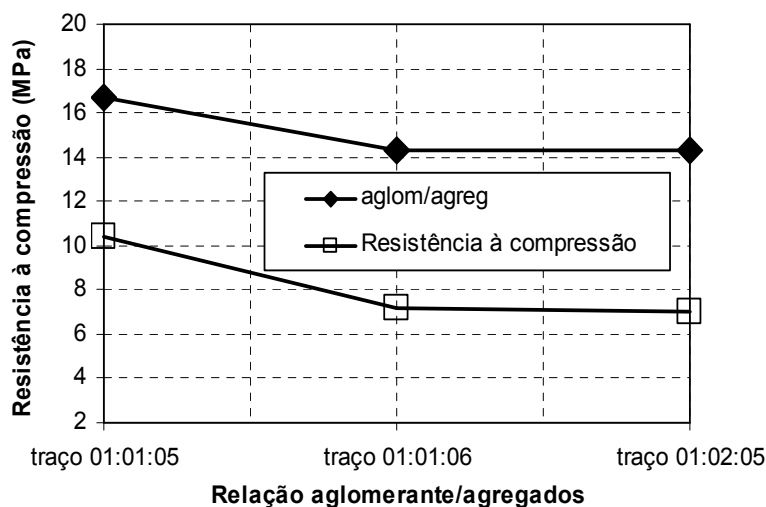


Figura 2.11: Relação aglomerante/agregados com a resistência à compressão

Na Figura 2.12 a resistência à tração por compressão diametral diminuiu em todos os traços utilizados, observa-se que a relação aglomerante/agregados para os traços 1:1:5 e 1:1:6 o valor da resistência à tração por compressão diametral teve uma acentuada variação enquanto que permanecendo a mesma relação aglomerante/agregado a variação é menor.

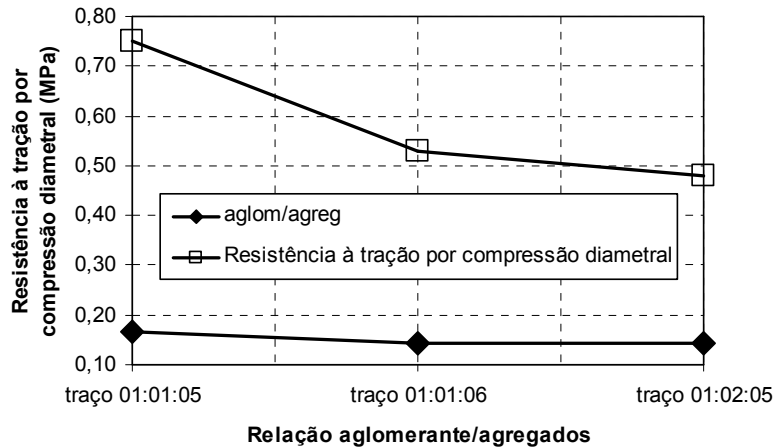


Figura 2.12: Relação aglomerante/agregados com a resistência à tração por compressão diametral

A Figura 2.13 mostra que a relação aglomerante/agregado com o índice de vazios para ambos os traços o índice de vazios ascendeu. Observa-se que o índice de vazio variou gradativamente entre os traços 1:1:5 e 1:1:6 enquanto que para os traços 1:1:6 e 1:2:5 variou consideravelmente. Na Figura 2.13 a relação aglomerante/agregado os valores foram multiplicados por 100 para melhor ajustar no gráfico.

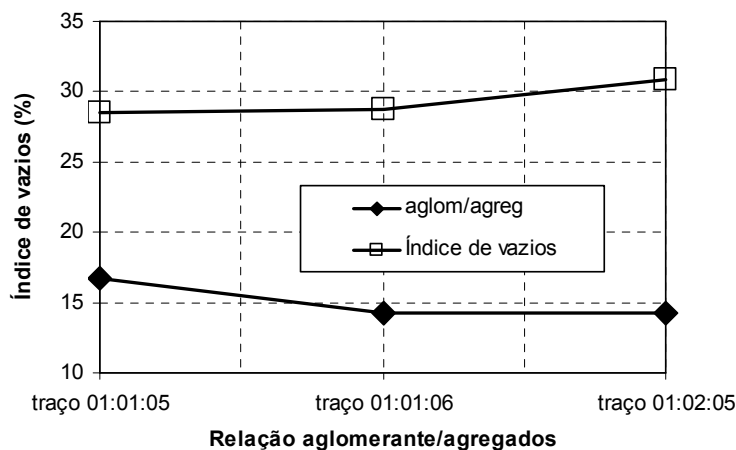


Figura 2.13: Relação aglomerante/agregados com o índice de vazios

A análise mineralógica levada a efeito nos solos da Formação Barreiras, foi realizada por difração de Raio-X na fração argilosa (< 0,002 mm) apresentada por Ferreira et al. (2001)

é mostrado na Tabela 2.1. A Caulinita foi o único mineral argílico presente no solo do Sítio Histórico do Carmo, sendo desta forma inferior a sua plasticidade com relação aos outros Sítios, apesar de possuir um alto nível de cristalização. No Sítio de São Francisco e São Bento - Olinda, Recife - Cavaleiro e Recife - Macaxeira os minerais encontrados foram caulinita, smectita com interstratificação irregulares e mica com grau de cristalização baixo, (FERREIRA et al. 2001).

| Localização        |               | Argilo Mineral  | Referência                           |
|--------------------|---------------|---|--------------------------------------|
|                    | Carmo         | Caulinita   | (FERREIRA et al. 2001)               |
| Olinda             | São Francisco | Caulinita, smectita com interstratificações irregulares e mica. | (FERREIRA et al. 2001)               |
|                    | São Bento     | Caulinita, smectita com interstratificações irregulares e mica. | (FERREIRA et al. 2001)               |
| Recife - Cavaleiro |               | Caulinita, smectita com interstratificados e mica.              | (FERREIRA et al. 2001)               |
| Recife - Macaxeira |               | Caulinita, smectita com interstratificações irregulares.        | (FERREIRA et al. 2001)               |
| Recife - Caxangá   |               | Caulinita   | (FERREIRA, 1976)<br>(FERREIRA, 1976) |

Tabela 2.1: Resultados dos ensaios Raios-X

### 2.5.2 Principais Grupos dos minerais argílicos

Segundo (CAPUTO, 1988), as pesquisas dos minerais contidos nas argilas revelam que elas são constituídas de pequeníssimos minerais cristalinos, denominados de minerais argílicos, o qual se distingue três principais Grupos; as caolinitas, as montmorilonitas e as illitas. As estruturas desses minerais têm formação cristalina de um tetraedro possuindo no centro um átomo de Silício (Si) em equidistância formada por quatro átomos de Oxigênio, Figura 2.14 (a) e outra estrutura formada por um octaedro possuindo no centro um átomo de Alumínio (Al) com seis átomos de Oxigênio ao redor da estrutura, Figura 2.14 (b).

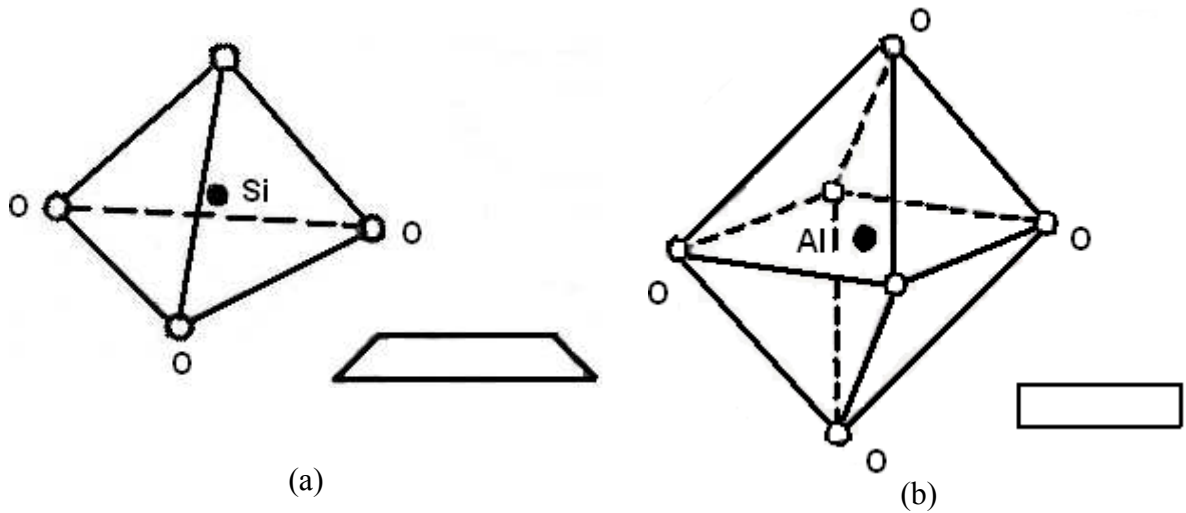


Figura 2.14: Estrutura dos minerais argílicos. Fonte: (CAPUTO, 1988)

As associações desses elementos formam as diversas espécies de minerais argílicos, Figura 2.15.

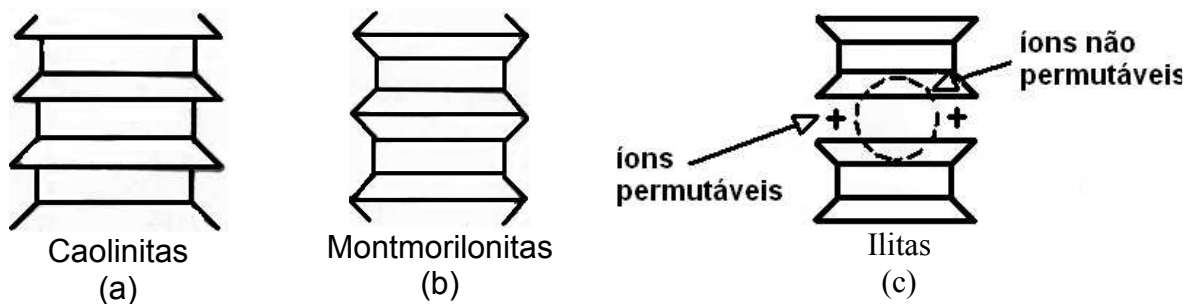


Figura 2.15: Espécies de minerais argílicos. Fonte: (CAPUTO, 1988)

As argilas caoliníticas são relativamente estáveis em presença da água, justamente por serem uma estrutura rígida unidas alternadamente por silício e alumínio. As montmoriloníticas são muito expansivas e confere uma instabilidade em presença da água são formadas por uma unidade de alumínio e duas de silício o que justifica essas unidades não serem suficientemente firmes para impedir a passagem de moléculas de água. As ilitas são menos expansivas que as montmorilonita, (CAPUTO, 1988).



### 2.5.3 Classificação triangular do solo no diagrama de Wincler

A classificação trilinear do solo a sua identificação é feita através das porcentagens dos componentes principais da granulometria (areia, silte e argila), onde o diagrama está dividido em zonas, em que corresponde a cada tipo de solo, (CAPUTO, 1988). A Figura 2.16 mostra o diagrama com as respectivas zonas que constitui cada tipo de material.

No diagrama a finalidade é indicar uma adequada distribuição granulométrica na composição do Saibro para a composição das argamassas com o mesmo.

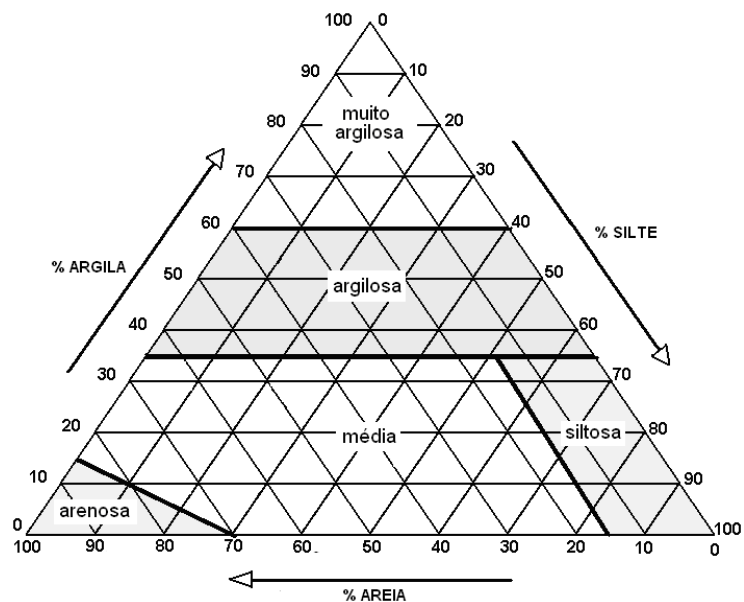


Figura 2.16: Diagrama trilinear com as respectivas porcentagens e os constituintes principais (% argila, % areia e % silte). Fonte: (PAIVA, 2008), Adaptado

## 2.6 Região Metropolitana do Recife

A Região Metropolitana do Recife é composta por 14 municípios.

### 2.6.1 Características gerais

A Região Metropolitana do Recife (RMR) tem uma área de aproximadamente 2.800 Km<sup>2</sup>, o que equivale a 2,82% do Estado de Pernambuco. Tem uma população de 3,7 milhões de habitantes, corresponde à aproximadamente 40% do total do Estado, segundo censo do IBGE de 2007. Quatorze municípios fazem parte da RMR. Recife, o principal deles, encontra-se no meio da Região Metropolitana e, coincidentemente, a divide em duas sub-regiões geologicamente distintas e, portanto, com aptidões naturais e respostas ao manejo do meio físico, também diferenciadas, Figura 2.17. Esta característica natural favorece a subdivisão geográfica da área em duas partes: Região Metropolitana - parte Norte, englobando os municípios de Araçoiaba, Igarassu, Itapissuma, Itamaracá, Paulista, Olinda, Abreu e Lima, Camaragibe, São Lourenço da Mata e a capital do Estado, Recife; e a Região Metropolitana - parte Sul, formada pelos municípios de Moreno, Jaboatão dos Guararapes, Ipojuca e Cabo de Santo Agostinho. Situa-se no nordeste do Brasil, entre os meridianos 34<sup>o</sup> 45' e 35<sup>o</sup> 00' oeste e os paralelos 8<sup>o</sup> 45' e 7<sup>o</sup> 40' sul.

O clima da Região Metropolitana do Recife é quente e úmido. A região caracteriza-se por ser uma área de topografia variada, com elevações entre 0 e 200 m de altura existe uma unidade conhecida como Planície Flúvio Marinha, por exemplo a embocadura do rio Beberibe, (CONDEPE/FIDEM, 2008). A Região Metropolitana do Recife está situada na porção mais oriental da região Nordeste do Brasil. Segundo a classificação climática de Köppen dois tipos de climas: o As' e o AMs', (SUDENE, 1978).

Na parte norte da RMR a partir, aproximadamente, do norte do município de Olinda, o clima é o As' com temperaturas altas, estação seca mais demorada e chuvas em período mais definido (março a julho). Dos municípios de Olinda e Recife para o sul o clima é o AMs', quente e úmido com chuvas durante quase todo o ano e com uma estação seca menor (outubro-dezembro).

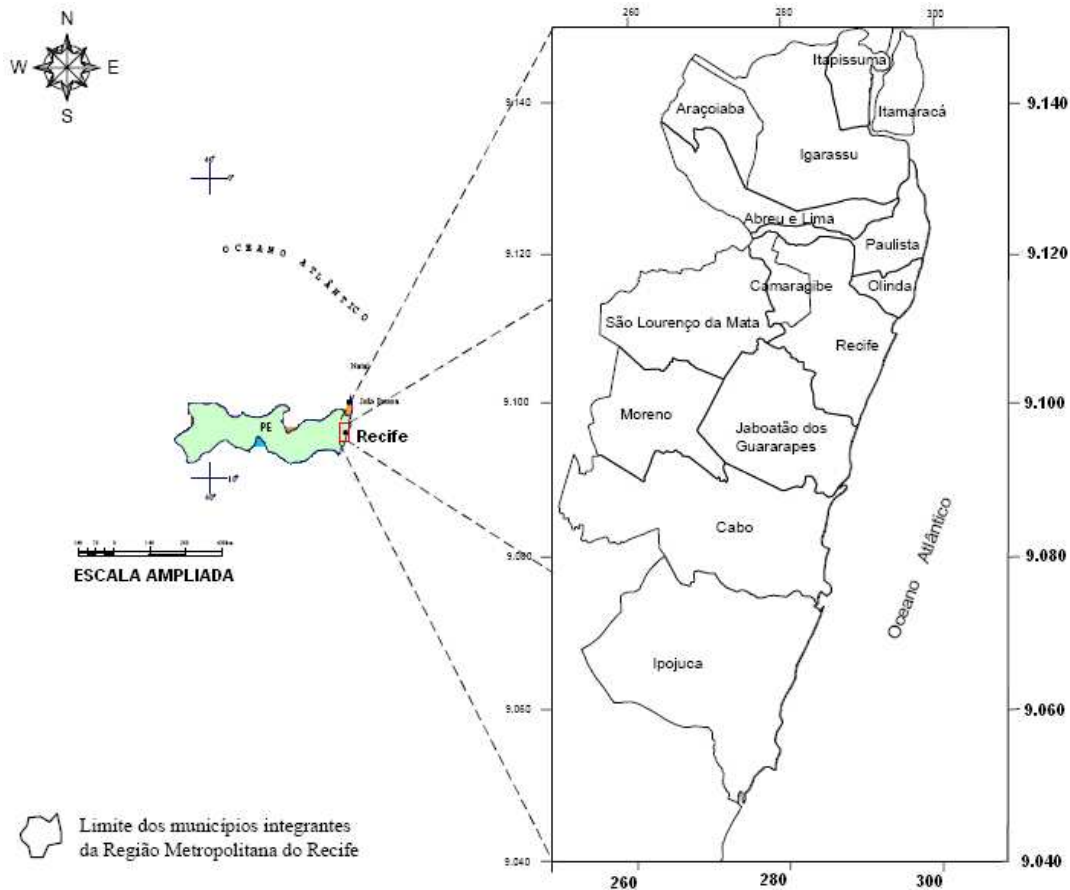


Figura 2.17: Municípios integrantes da Região Metropolitana do Recife

## 2.7 Geologia da Região Metropolitana do Recife

Três unidades geotectônicas bem distintas são elas: o maciço Pernambuco Alagoas, a bacia sedimentar Pernambuco Paraíba e a bacia Sedimentar do Cabo, Figura 2.8. As bacias sedimentares encontram-se localizadas ao longo da costa, sendo limitadas pelo Lineamento de Pernambuco. O Maciço Pernambuco Alagoas, (SCHOBENHAUS 1984), se compõe predominantemente por migmatitos e granulitos, cujo grau metamórfico varia da fácies anfíbolito até, a fácies granulito, com idade neo proterozóica. A Bacia Sedimentar Pernambuco/Paraíba (PE-PB) ocorre a partir do Lineamento Pernambuco ao longo de todo o litoral norte da RMR, constituindo uma faixa continental que, exibindo largura média em torno de 20 km, estreita-se quase que abruptamente nas proximidades do Lineamento Pernambuco, para assumir uma largura média de 8 Km. É formada por uma seqüência de rochas sedimentares que vão desde o Cretáceo com as formações Beberibe (basal, arenítica) e Gramame (superior, calcária), até o Terciário com a Formação Maria Farinha (calcária).

A Bacia Sedimentar do Cabo ocupa toda a faixa costeira sul do Estado de Pernambuco e possui uma forma alongada na direção NE, e uma largura média de 10 Km na porção emersa. O limite desta bacia, a sul, é feito pelo Alto de Maragogi (limite dos estados de Pernambuco e Alagoas), a norte, pelo Lineamento Pernambuco com direção aproximada E-W (na Planície do Recife), e a oeste através de falhas normais com o Maciço Pernambuco-Alagoas.

A Formação Barreiras recobre as litologias cristalinas e sedimentares acima citadas e, é constituída por sedimentos argilo-arenosos, ocasionalmente lateríticos, de idade terci-quaternária. Recobrimdo estas unidades encontram-se sedimentos inconsolidados de idade quaternária (recente), constituídos por areias, siltes e argilas de origem continental e marinha além de sedimentos carbonáticos.

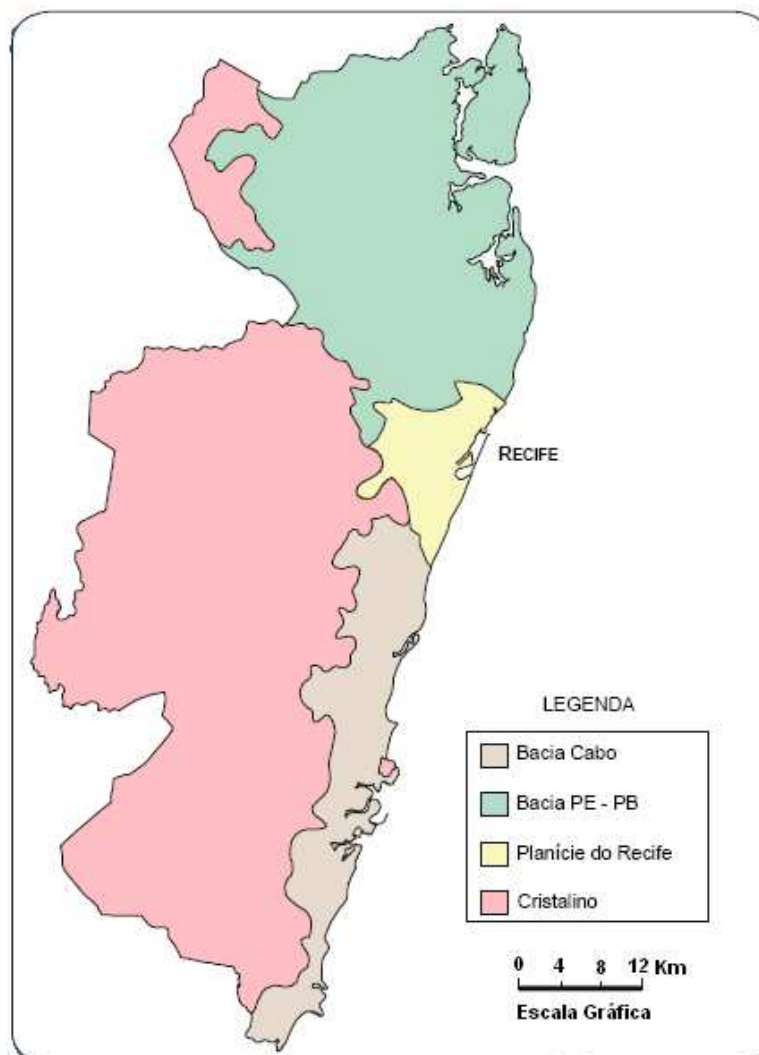


Figura 2.18: Principais domínios geológicos da Região Metropolitana do Recife. Fonte: (COSTA et al. 1998) em Assis (2001).

### 2.7.1 Estratigrafia

Na estratigrafia temos o Grupo Paraíba que é formado pela formação Beberibe, formação Gramame e formação Maria Farinha.

O Grupo Pernambuco que é a formação Cabo (Kc), formação Estiva (Ke) e a formação Ipojuca (Kiv), formação Algodoads, formação Barreiras. Na formação Barreiras temos os terraços litorâneos e os terraços Pleistocênicos.

O Grupo Paraíba, Figura 2.9, engloba os sedimentos da bacia Pernambuco-Paraíba, que se limita ao sul com a cidade de Recife e se prolonga para norte até as proximidades da cidade de Natal, (AMARAL e MENOR, 1979). A estratigrafia desta bacia é composta pelas seguintes unidades: Formação Beberibe, Formação Gramame e Formação Maria Farinha.

A Formação Beberibe é a unidade basal da Bacia Pernambuco-Paraíba, repousando diretamente sobre o embasamento cristalino. Constituída em geral por arenitos conglomeráticos esbranquiçados, friáveis, mal selecionados, localmente argilosos e, em geral, fossilíferos. Esta formação possui em torno de 200 metros de espessura e é o melhor aquífero da Região Metropolitana do Recife.

A Formação Gramame é composta por calcários margosos que afloram ao longo do vale do rio Gramame, repousando concordantemente sobre os sedimentos da Formação Beberibe. É de idade cretácea e subdivide-se em três fácies: calcário arenoso fossilífero (basal), calcário fosfático (intermediário) e biomicrítos argilosos (topo). Esta unidade apresenta uma rica fauna fóssil constituída por gastrópodes, cefalópodes, restos de crustáceos, equinodermas, dentes e escamas de peixes etc.

A Formação Maria Farinha, de idade terciária, é composta por calcários dendríticos cinzentos e cremes com intercalações de níveis argilosos. Seu contato com a Formação Gramame é transicional e caracterizado pela presença de um nível de calcário pseudo-litográfico, localmente denominado calcário vidro. Sua fauna fóssil é composta por gastrópodes, lamelibrânquios, equinodermas etc.

O Grupo Pernambuco, Figura 2.9, engloba litologias de origem sedimentar e vulcânica que preenchem a bacia sedimentar do Cabo, que se localiza a sul da cidade do Recife, estendendo-se até a região de Sirinhaém. Esta constituído pela Formação Cabo (Kc), Formação Estiva (Ke) e Formação Ipojuca (Kiv). As duas primeiras compostas por rochas de origem sedimentar e a outra por rochas de origem vulcânica.

Formação Cabo distribui-se na região numa faixa com direção norte-sul e, é constituída por conglomerados polimíticos arenitos grosseiros e conglomeráticos, arcósios com cimentação carbonática parcial, siltitos, argilitos e folhelhos cinza a negros (ocasionalmente fossilíferos).

Alheiros (1989) definiu sedimentologicamente esta unidade, como um sistema de leques aluviais coalescentes, que progradam para um lago tectônico (sistema lacustre), onde se desenvolve, em alguns pontos, um sistema flúvial de energia alta a moderada entrelaçado aos leques. O relevo desta unidade esta caracterizado por morros alongados de altitudes médias inferiores a 100 metros, cobertos por fina camada de solo arenoso.

Depositada discordantemente sobre a Formação Cabo, encontra-se uma seqüência sedimentar clástico-carbonática denominada Formação Estiva. Esta unidade tem como principais tipos litológicos os arcóseos conglomeráticos ou não, folhelhos de cor cinza ou preta, margas e calcários dolomíticos, (ALHEIROS, 1989).

Aflora em superfície apenas em um morro isolado na localidade de Cocaia e em terras da fazenda Gameleira (município de Ipojuca), na forma de colinas de topo chato coberto por fina camada de solo, onde foram identificados calcários de cor creme, maciços, dolomíticos, pouco fraturados, com intercalações de argila e fósseis de gastrópodes e lamelibrânquios.

A Formação Ipojuca é composta de rochas vulcânicas de idade (SIAL, 1987), cujos principais tipos petrográficos são: andesitos, riolitos, traquitos e aglomerados vulcânicos que cortam as rochas da Formação Cabo sob a forma de derrames, diques (algumas vezes intemperizados na forma de caulim), chaminés e intrusões.

Além disso também ocorre um corpo granítico formador do Cabo de Santo Agostinho . Embora o tipo de vulcanismo mais comum que afetou a região seja fissural (com

extravasamento calmo da lava), também pode ser encontrado na área o vulcanismo do tipo explosivo representado pelos tufos e aglomerados vulcânicos.

As litologias desta unidade apresentam relevo ondulado com morros e colinas cujas altitudes são inferiores a 100 metros e, quando intemperizadas dão origem a solos do tipo terra roxa.

O tipo litológico mais comum desta unidade é o traquito, ocorrendo desde Ponte dos Carvalhos (Município do Cabo), até a cidade de Sirinhaém.

Esta rocha encontra-se variando desde parcial até profundamente alterada, com textura variável de muito fina, porfírica até amigdaloidal, sendo formada principalmente por pequenos cristais de feldspato potássico.

Os riolitos ocorrem sob a forma de pequenos derrames, diques ou como bombas vulcânicas, (BORBA, 1975), são rochas com matriz afanítica e fenocristais de quartzo e feldspato.

Os andesitos são rochas de granulação muito fina, sendo compostos basicamente por plagioclásios (andesina), piroxênio, anfíbolios e biotita.

Os tufos e aglomerados vulcânicos são rochas de cor creme, com matriz argilo-silicosa e, com textura muito fina onde estão imersos blocos e fragmentos de rochas de diferentes naturezas e tamanhos.

A Formação Algoduais, segundo (LIMA FLHO, 1997), é composta por um pacote de arenito friável, maciço, composto de fragmentos angulosos de quartzo e feldspato em matriz mais fina areno-argilosa, com cor avermelhada e de idade Cretácea (Coniaciano), sobreposta ao vulcanismo Ipojuca.

A Formação Barreiras, Figura 2.19, ocorre principalmente ao norte do lineamento de Pernambuco, sendo composta por sedimentos clásticos afossilíferos, não consolidados e capeando discordantemente tanto as rochas do embasamento cristalino como os sedimentos mais antigos.

São sedimentos de origem continental, onde os tipos litológicos mais comuns são os arenitos (com matriz caulínica) e os arcóseos de cores brancas, amarelas ou avermelhadas e os argilitos.

Apresenta uma morfologia caracterizada por elevações com forma de tabuleiros, na área norte e colinas de topo arredondado mais a sul (por exemplo, as colinas dos Guararapes, próximas ao Aeroporto Internacional do Recife).

As Coberturas recentes estão constituídas por sedimentos inconsolidados, de idade quaternária ( $\pm 120000$  anos até hoje), separados neste texto em depósitos Aluvionares, (Qa), Sedimentos de Praia (Qp), Sedimentos Flúvio-Lagunares (Qdfl), depósitos de mangues (Qm), terraços litorâneos holocênicos (Qth) e terraços litorâneos pleistocênicos (Qtp).

Os terraços litorâneos são formados por sedimentos inconsolidados, arenosos, com granulometria variando, principalmente, de fina a média, apresentando freqüentemente restos de conchas calcárias, com idades variando de 120000 anos (Terraços Pleistocênicos) até recentes (Terraços Holocênicos).

Os Terraços Pleistocênicos encontram-se em cotas que variam de 2 a 10 metros enquanto os Terraços Holocênicos (na área de Ipojuca, por exemplo), variam entre as cotas de 1 e 5 metros, (MARTINS, 1991).



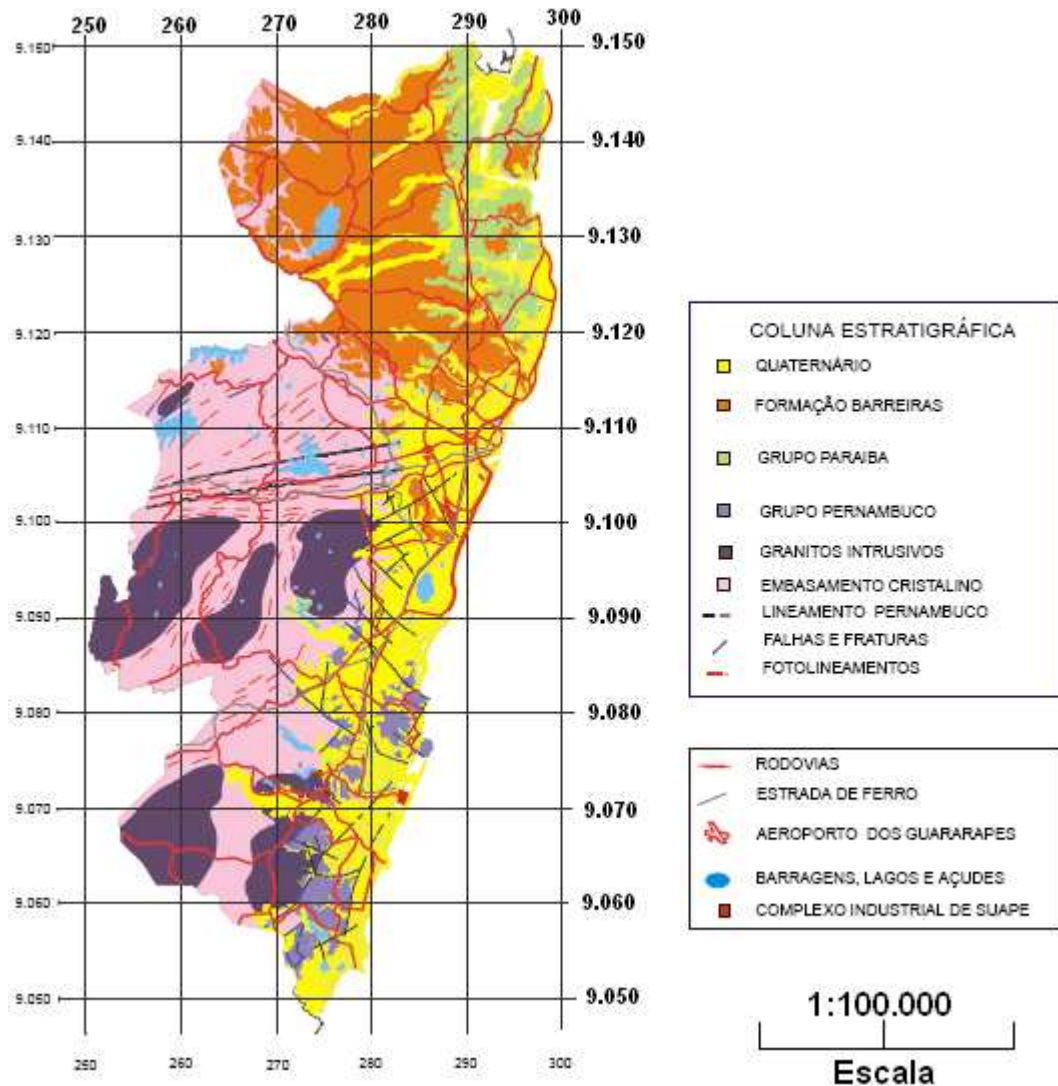


Figura 2.19: Mapa geológico da Região Metropolitana do Recife – Simplificado. (ASSIS, 2001).

## 2.8 Pedologia da Região Metropolitana do Recife

A classificação pedológica traz indicações sobre o perfil típico, peculiaridades dos horizontes diagnósticos subsuperficiais e superficiais, estrutura do solo (macroestrutura), cor, mecanismo e condição hidráulica de formação, origem geológica, atividade das argilas, saturação por alumínio, por sódio e demais bases trocáveis, cátions ou íons predominantes, acidez (pH), salinidade e condutividade elétrica, presença de material orgânico, fósforo assimilável, variações e inclusões de outros solos, características intermediárias com outras classes, textura, pedregosidade, rochosidade, drenagem, profundidade do lençol freático, relevo, declividade, vegetação, clima, material de origem, espessura dos solos superficiais,

presença de mineral expansivo, dispersividade das argilas, erodibilidade, grau de laterização, plasticidade, permeabilidade dos solos porosos, profundidade da rocha, seu detalhamento quando próxima à superfície, indicações para uso agrícola etc.

Todas estas informações associadas à distribuição geográfica das unidades de mapeamento fazem dos levantamentos pedológicos uma ferramenta importante nas análises geotécnicas dos potenciais de erosão, deslizamento, expansão, colapso e outros fenômenos do meio físico.

O levantamento de solos do ZAPE apresenta 469 unidades de mapeamento pedológico, Figura 2.20, formadas por um único solo componente ou pela associação de até quatro solos componentes.

Cada unidade componente, como visto, pode ser formada por uma única classe de solo (unidade taxonômica), ou resultar de um agrupamento de classes afins, com comportamento semelhante, denominado de Grupo indiferenciado (cujas classes não puderam ser mapeadas separadamente face ao seu arranjo intrincado).

Cada unidade de mapeamento é representada por um símbolo que a correlaciona com sua descrição na legenda geral. As informações adicionais à classe taxonômica que integram a legenda complementam a caracterização dos ambientes (distinguidos através das unidades de mapeamento) e fornecem dados de grande relevância para elaboração de diagnósticos, prognósticos e planejamento do uso, manejo e conservação das terras com critérios de sustentabilidade. Um maior detalhamento destas informações denominadas fases pode ser visto em (EMBRAPA, 2001).

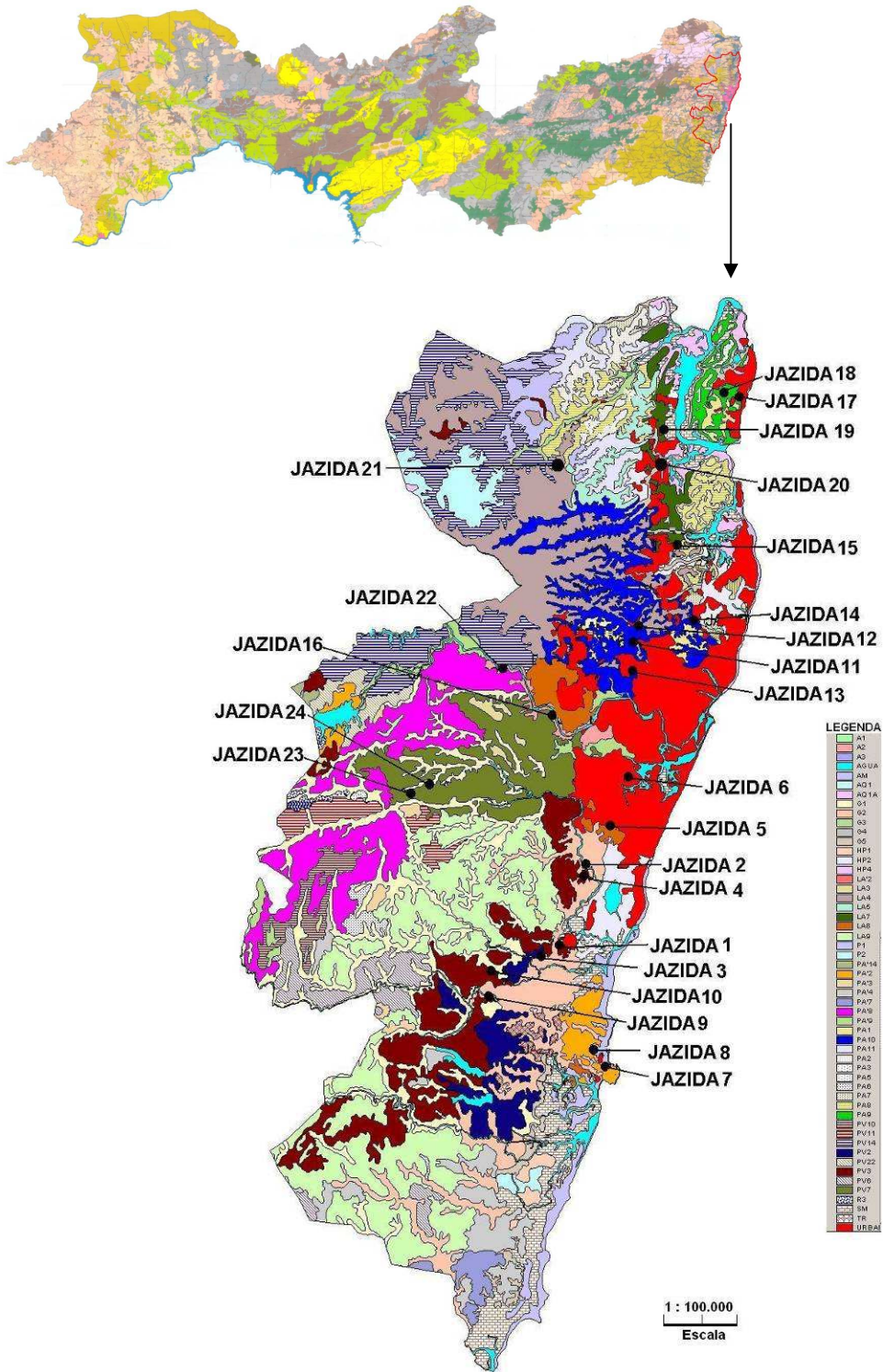


Figura 2.20: Mapa Pedológico da Região Metropolitana do Recife (EMBRAPA, 2001).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A caracterização dos Saibros provenientes de jazidas exploradas comercialmente na RMR como componente na argamassa foi realizada por três programas de investigação. O primeiro, de caracterização geotécnica dos solos utilizados na argamassa, o segundo de caracterização física e mecânica da argamassa. A caracterização química faz parte da dissertação de (PAIVA, 2008) que será considerada na análise das argamassas no capítulo 4.

#### 3.1 Coletas dos Saibros

Para proceder com a exploração do material (Saibro) nas jazidas da RMR foi consultado o DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) em Recife, a fim de termos autorização para explorar, daí então foi colocado à nossa disposição um Geólogo que gentilmente nos foi prestativo, orientando de acordo com os horizontes aonde deveríamos retirar as amostras.

Foi utilizado um GPS (Global Positioning System) de bolso com sensibilidade de precisão de 15 metros e velocidade 0,05 m/s em condição estável, Figura 3.1, para localizar as jazidas.



Figura 3.1: GPS de bolso

Quando do procedimento da coletas se fez necessário contactar com o responsável pela área, isto é município, e ir acompanhado com a pessoa que conhecia melhor a área. No

local, foi escolhido o perfil que melhor estava em condições de coletar a quantidade, ou seja, insumo de matérias orgânicas.

Foram selecionadas 24 jazidas de Saibros da RMR, de onde são explorados e de onde não mais são explorados os materiais para uso em argamassa. De cada jazida, foram coletadas de uma a seis amostras representativas, a depender do tamanho da jazida, totalizando 62 amostras.

Dos quatorze municípios da RMR, em treze foram coletados amostras de Saibro. No município de Paulista não foi encontrado Saibro explorado comercialmente do próprio município. Na área Norte da região, foram selecionadas 9 jazidas e coletadas 15 amostras, sendo: duas jazidas em Itamaracá (duas amostras), uma em Igarassu (uma amostra), uma em Abreu e Lima (duas amostras), uma em Itapissuma (três amostras), uma em Olinda (três amostras), uma em Araçoiaba (uma amostra), duas em São Lourenço da Mata (três amostras) e uma em Camaragibe (uma amostra). No Recife, foram selecionadas quatro jazidas e 11 amostras foram coletadas. Na área Sul da região, foram selecionadas 9 jazidas e trinta e seis amostras, sendo: duas em Moreno (três amostras), três em Jaboatão dos Guararapes (10 amostras), cinco no Cabo de Santo Agostinho (dezesseis amostras) e duas em Ipojuca (sete amostras).

De cada amostra foi coletado 15 Kg e colocado em bolsas plásticas e identificadas depois fechadas para evitar a perda excessiva de suas propriedades em campo, representada na Figura 3.2 a e b.



Figura 3.2 (a) e (b): Coletas das amostras nas jazidas

Após a coleta o material foi transportado para o laboratório de Geotecnia da Universidade Católica de Pernambuco com a finalidade de proceder com os ensaios de

caracterização. Antes de proceder com os ensaios de caracterização o material foi seco ao ar em bandejas de aço, com as respectivas identificações, no ambiente coberto para evitar o intemperismo, conforme representa a Figura 3.3.



Figura 3.3: secagem ao ar do material

### 3.2 Identificação da Geologia e Pedologia dos locais de coleta de amostras

Para identificação das unidades Geológicas foi utilizado o Mapa Geológico do Estado de Pernambuco, (CPRM, 2001), desenvolvido para uso em SIG, na escala de 1:500.000. A representação das unidades de mapeamento registra litologias (rocha cristalina, rocha sedimentar ou sedimento), indistintamente de seu solo residual, para a identificação da geologia do local de coleta das amostras com as informações do GPS.

O Levantamento de Reconhecimento de Baixa e Média Intensidade dos Solos do Estado de Pernambuco, inserido no Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (ZAPE) publicado pela (EMBRAPA, 2001) dispõe de um mapa pedológico em escala de 1:100.000 pronto para uso em SIG. O mapa adota o Sistema de Classificação de Solos da (EMBRAPA, 1981) e não o Novo Sistema de Classificação dos Solos, (EMBRAPA, 1999). Pelo mapa já tem sido assim elaborado.

No levantamento cada unidade de mapeamento é formada por um único solo componente ou pela associação de até quatro solos componentes, sendo estes compostos por uma ou mais unidades taxonômicas. As unidades de mapeamento são representadas por uma sigla que a correlaciona com sua descrição na legenda geral. A Classe de Solo do local de coleta das amostras foram identificadas com as informações do GPS.

### 3.3 Caracterização Física dos Saibros

Os ensaios de caracterização física realizados foram todos de acordo com as normas brasileiras da ABNT. O programa de investigação geotécnica realizado para a caracterização física das amostras de Saibro obedeceu as seguintes metodologias: Preparação para ensaios de caracterização, executado segundo as prescrições da ABNT-NBR 6457/1986 e ensaios de caracterização; determinação do Limite de Liquidez, ABNT-NBR 6459/1984, determinação do Limite de Plasticidade, ABNT-NBR 7180/1984; determinação da Massa Específica ABNT-NBR 6508/1984, análise Granulométrica com sedimentação, ABNT-NBR 7181/1984 e limite de contração, ABNT-NBR 7183/1982.

A Figura 3.4 (a) e (b) apresenta o ensaio de grau de contração quando o material é confeccionado em uma cápsula de aço com o material saturado (a) e depois seco em estufa e resfriado ao ar (b) observa-se claramente o quanto o material é contraído na cápsula.



Figura 3.4: Limite de contração antes (material saturado) e depois de seco em estufa e resfriado ao ar

#### 3.3.1 Limite de liquidez

O limite de liquidez (LW) é o teor em água acima do qual o solo adquire o comportamento de um líquido. A determinação do LW foi de acordo com a norma da ABNT-

NBR 7180/1984. Na determinação do LW observou que alguns materiais não tinha limite de liquidez, fato este relacionado a alguns tipos de minerais argílicos que não absorve água.

### 3.3.2 Limite de plasticidade

O limite de plasticidade é o teor de umidade abaixo do qual o solo passa do estado plástico para o estado semi-sólido, ou seja, ele perde a capacidade de ser moldado e passa a ficar quebradiço. Foi determinado o LP de acordo com a norma ABNT-NBR 7180/1984 e então calculado o índice de plasticidade através da diferença numérica entre o LP e o LW. A finalidade desse ensaio foi para determinar em porcentagem o valor mínimo, em porcentagem, de acordo com (CARICCHIO, 1957) que diz que o Saibro para ser usado em argamassa tem que ter no máximo 30 % de argila.

### 3.3.3 Massa específica

A massa específica foi determinada de acordo com a norma ABNT-NBR 6508/1984. Ela é um indicador de rendimento da argamassa.

### 3.3.4 Análise granulométrica com sedimentação

A análise granulométrica com sedimentação foi de acordo com a norma ABNT-NBR 7181/1984, com a finalidade de determinar a granulometria no peneiramento grosso e no peneiramento fino para saber a proporção, em porcentagem, do material argiloso (Saibro).



### 3.3.5 Limite de contração

O limite de contração foi determinado de acordo com a norma ABNT-NBR 7183/1982. Na determinação do limite de contração foi calculado o grau de contração com a finalidade de saber o quanto o material contrai, em uma cápsula de aço, o que influenciará nas argamassas quando na cura que pode provocar fissuras, consequência de minerais expansivos.

### 3.3.6 Índice de atividade

O índice de atividade é um parâmetro físico que constitui a chamada atividade da superfície do mineral que “a superfície da partícula sólida possui uma carga elétrica negativa, cuja intensidade depende primordialmente de suas características mineralógicas”, (CAPUTO, 1988).

O índice de atividade é determinado pela expressão  $I_a = \frac{IP}{\% < 0,002 \text{ mm}}$ , onde o IP corresponde ao índice de plasticidade e a porcentagem em peso de partículas menores que 0,002 mm. Em função do valor as argilas classificam-se em inativas quando  $I_a < 0,75$ , normal quando  $0,75 < I_a < 1,25$  e ativas quando  $I_a > 1,25$ . em consequência desses valores as argilas (Saibro) ideal para ser usado em argamassas são os que possuem inatividade e normal, pois os que têm atividade alta ocasionará possíveis fissuras nas argamassas após a secagem e consequentemente desagregação.

### 3.3.7 Índice de Grupo

O índice de Grupo é um número inteiro, variando de 0 a 20, o qual define a capacidade de suporte do terreno de fundação de um pavimento, (CAPUTO, 1988).

A aplicação do índice de Grupo no estudo do solo (Saibro) teve a finalidade de saber qual valor era aplicado ao IG, pois os solos com índice de Grupo igual a 20 devem ser

evitados para uso em argamassas por conter em sua distribuição granulométrica índices altíssimos de argila, o que é “desconfortável” para uso em argamassas.

### **3.4 Caracterização do agregado miúdo**

Nas argamassas foi utilizado areia natural classificada segundo a norma com granulometria média, proveniente de armazém de construção da Região Metropolitana do Recife com procedência de Rio da região. Material esse que é facilmente encontrado na região e comumente utilizado em execução de revestimentos e assentamentos em argamassas na construção civil.

A caracterização física da areia natural foi realizada no laboratório de materiais de construção civil da Universidade Católica de Pernambuco. A areia foi previamente peneirada, apenas o material passante na peneira 4,8 mm foi utilizada e seca ao ar por um período de 30 dias em ambiente coberto a fim de obter o mínimo de umidade no agregado, daí então foi procedida a granulometria de acordo com a ABNT-NBR 7181/1984, o diâmetro máximo característico, o módulo de finura, a massa unitária ABNT-NBR 7251/1982, massa específica ABNT NBR 9776/1987, inchamento ABNT NBR 6467/2006, teor de material pulverulento pelo método do frasco de Chapman ABNT NBR 7219/1987 e umidade da areia natural ABNT NBR 6467/2006.

A água utilizada, potável e límpida, foi do sistema de abastecimento da Região Metropolitana do Recife.

### **3.5 Caracterização do cimento**

Foi utilizado o cimento CP II F-32 do mesmo lote com saco de 50 kg. Na caracterização do cimento foi determinada a massa específica real ABNT-NBR-NM 23/2001, massa específica aparente ABNT-NBR 7251/1982, tempos de pega MB 3434/1991, pasta de consistência normal ABNT-NBR-NM 43/2002 e resistência à compressão aos 28 dias ABNT-

NBR 7215/1996. Todos realizados no laboratório de materiais de construção civil da Universidade Católica de Pernambuco.

### **3.6 Caracterização dos corpos-de-prova de argamassa com Saibro**

Apesar de não ser normalizada a caracterização das argamassas com Saibro foi utilizada as normas brasileiras existentes de argamassas.

Nas 24 jazidas analisadas, foram selecionadas nove jazidas sendo três do Grupo 1 (J9A4, J13A3, J8A1), três do Grupo 2 (J19A3, J24A1, J11A1) e três do Grupo 3 (J12A1, J9A3, J10A1) de acordo com os critérios atribuídos, IQSA (Índice de Qualidade de Saibro para Argamassas) citados no Apêndice B. Para esse índice foi atribuído valor de 1 a 2 e determinados a média aritmética. Esses valores foram assim atribuídos quando atendia a um dos critérios codificava-se com o valor “2” e quando não o valor “1”.

Na argamassa com Saibro foram confeccionados corpos-de-prova nos traços com maior quantidade de Saibro 1:3:5 e com menor quantidade de Saibro 1:1:7 e determinadas algumas caracterizações no estado fresco e no estado endurecido. A escolha desses traços foram determinados através das suas aplicações em obras na RMR.

#### **3.6.1 Consistência**

Segundo (SILVA, 2006) diz que apesar da grande utilização, este é um dos ensaios mais criticados, pois vários são os autores que comentam que a mesa não tem sensibilidade para medir a reologia da argamassa.

No estado fresco foi determinada a consistência ABNT-NBR 13276/2002, massa específica e do teor de ar incorporado ABNT-NBR 13278/2005.

A consistência é influenciada pelo conteúdo de água, sendo influenciada pelos fatores: relação água/aglomerante, aglomerante/areia, granulometria da areia e natureza e qualidade do aglomerante.

Para cada traço de argamassa foi empregada uma quantidade de água correspondente a uma consistência adequada, de tal modo que não fosse colocada muita água na mistura para não comprometer nos resultados dos ensaios mecânicos.

#### 3.6.1.1 Quantidade de água utilizada no traço das argamassas com o Saibro

A quantidade de água utilizada nos traços (1:3:5 e 1:1:7) das argamassas com o Saibro foi de acordo com a trabalhabilidade na argamassadeira, ou seja, foi adicionado a água aos poucos e observando o movimento da hélice da argamassadeira e ao mesmo tempo as paredes interna da cuba, quando a argamassa não mais aderiu às paredes internas e o movimento da hélice apresentava facilidade no giro, logo atribuiu-se a quantidade de água suficiente para o preparo da argamassa com o Saibro neste trabalho. No Capítulo 4 será apresentado uma tabela com as quantidades de água e a determinação física da porcentagem de argila menor que 0,002 mm.

#### 3.6.2 Massas específicas

Para a determinação dos ensaios da argamassa no estado fresco e no estado endurecido foi determinado a massa específica no estado endurecido após 28 dias de cura em tanque e a massa específica no estado fresco ambas de acordo com a ABNT-NBR 13280/1995. A massa específica da amostra seca, massa específica da amostra após saturação ABNT-NBR 9778/1987.

### 3.6.3 Absorção por imersão

A absorção de água por imersão foi determinada de acordo com a ABNT-NBR 9778/1987. A absorção é um dos fatores determinantes na influência da resistência da argamassas, pois o valor da absorção sendo muito elevado certamente comprometerá nos resultados das resistências.

### 3.6.4 Índice de vazios

O índice de vazios de acordo com a ABNT-NBR 9778/1987. O índice de vazios também tem influência nos valores das resistências, pois o índice de vazios tem influência comprometedora nas resistências.

### 3.6.5 Velocidade de propagação da onda ultra-sônica

A velocidade de propagação da onda ultra-sônica foi determinada pela ABNT-NBR 8802/1994. A velocidade de propagação também tem as mesmas influências que o índice de vazios para com os resultados das resistências.

### 3.6.6 Módulo de elasticidade

O módulo de elasticidade foi determinado de acordo com a ABNT-NBR 8802/1994. O módulo de elasticidade tem influencia na resistência, pois se a resiliência do material for elevada as resistências da argamassas são baixas.

### 3.6.7 Resistência à compressão e compressão por tração diametral

A resistência à compressão de acordo com a ABNT-NBR 13279/1995 e a resistência à tração por compressão diametral ABNT-NBR 7222/1994.

Foram ensaiados 140 corpos-de-prova na compressão axial e 71 corpos-de-prova à tração por compressão diametral, todos com identificação, na máquina de referência UMC – Máquina Universal Mecânica de capacidade de 10 toneladas com controle de deformação longitudinal. A finalidade desses ensaios nos corpos-de-prova de argamassa com o Saibro foi para avaliar as cargas, isto é, as que deram melhores resultados nas argamassas com o Saibro os quais serão discutidos no Capítulo 4.

A compressão axial foi determinada com velocidade de carga de 25 kg/s e a compressão à tração diametral de 50 kg/s. Os corpos-de-prova na compressão axial foram todos capeados para serem ensaiados, conforme mostra a Figura 3.5, e os de resistência à tração foram ensaiados com dois aparatos de madeira para melhor distribuir as cargas atuantes, conforme mostra a Figura 3.6.



Figura 3.5: CP 5 x 10 cm com capeamento



Figura 3.6: CP 5 x 10 cm com aparato de madeira

### **3.7 Método de análise dos resultados**

Quando dos resultados adquiridos dos experimentos são extensos se faz necessário uma análise minuciosa. Foram analisados os resultados através do PCA (Análise dos Componentes Principais) do inglês Principal Component Analysis, (PAIVA, 2008).

O PCA foi inventado em 1901 por Karl Pearson que é usado como uma ferramenta em análise de dados exploratória. PCA envolve o cálculo da decomposição de uma matriz de covariação de dados ou decomposição de valor singular de uma matriz de dados. O PCA é abundantemente usado em todas as formas de análise, (SHLENS, 2005).

Os resultados adquiridos na análise de laboratório (Físico, Mecânico e Químico) foram analisados em uma matriz de dados processado em um programa estatístico, o MINITAB.

Os resultados da caracterização física e mecânica dos solos com os resultados dos ensaios químicos das argamassas realizados por (PAIVA, 2008) são analisados através das componentes principais (PCA), destacando as principais características físicas e mecânicas que deve apresentar um solo para ser utilizado como Saibro.

### **3.8 Seleção das amostras de Saibro para as argamassas**

Os corpos de prova foram todos identificados e separados de acordo com os traços utilizados e classificado por Grupo. Como não existe critérios técnicos que definam as características que deve ter um solo para ser usado como Saibro em Argamassa de Cimento e Saibro (ACS) e esta tenha um bom desempenho, tomou-se como base nas propriedades que deve apresentar as argamassas de revestimento e assentamento no estado fresco e endurecido e nas características de origem, formação, física (granulometria, consistência, classificação unificada e classificação TRB), (RÊGO at al. 2008) e as caracterizações químicas de (PAIVA, 2008) assim foram selecionadas a (CTC - Capacidade de Troca de Cátions e Superfície Específica), Tabela 3.1. Dos solos da RMR foi elaborado, neste trabalho, um conjunto de indicadores que deve atender o solo para ser usado com Saibro em ACS, (RÊGO at al. 2008),

Quadro B1 ao B4 do Apêndice B. Quando o solo atende a um dos critérios indicados, é atribuído o valor 2, quando não o valor unitário. A média aritmética de todos os critérios individuais aplicados é aqui definida como Índice de Qualificação de Saibro para uso Argamassa (IQSA). Quando o valor do IQSA é superior a 1,66 o solo é considerado do Grupo 1 para uso como Saibro em argamassa, se compreendido entre 1,66 e 1,33 é do Grupo 2 e se inferior a 1,33 é do Grupo 3. Tomou-se base um conjunto de indicadores que leva em consideração as propriedades que deve apresentar as argamassas de revestimento e assentamento no estado fresco e endurecido e as características da origem e formação, física e química dos solos da RMR.

| CARACTERIZAÇÃO          | CRITÉRIO  | REFERÊNCIA                     |
|-------------------------|---|--------------------------------|
| Granulométrica          | % argila < 30%                                    | (CARICCHIO, 1957)              |
| Granulométrica          | % areia > 20%                                     | (CARICCHIO, 1957)              |
| Formação Geológica      | Complexo Granítico e Gnaissico                    | -                              |
| Classe pedológica       | Podzólicos de Atividade Baixa e Latossolos        | Hélio Prado (1996)             |
| Consistência            | LL < 50%  | Daksanamurthy and Raman (1973) |
| Consistência            | C < 10%   | Caputo (1986)                  |
| Consistência            | Ia < 0,75 Inativo                                 | Skempton (1953)                |
| Química                 | CTC < 27 cmol/kg                                  | EMBRAPA (1997)                 |
| Química                 | CTC < 11 cmol/kg Azul de Metileno                 | Fabbri (1994)                  |
| Química                 | Superfície Específica (SE) < 10 m <sup>2</sup> /g | Caputo (1986)                  |
| Classificação Unificada | GC, GM, SC, SM                                    | Caputo (1986)                  |
| Classificação TRB       | A-1-a - A-2-7                                     | Caputo (1986)                  |

Tabela 3.1: Caracterização com os critérios usados como base para avaliação do Saibro em argamassas

As caracterizações químicas das amostras utilizadas na caracterização física foram realizadas por (PAIVA, 2008) e são consideradas conjuntamente aqui para selecionar as amostras de solo usadas com Saibro nas argamassas. De cada grupo acima definido foram escolhidas três amostras de Saibro para os ensaios em argamassas frescas e endurecidas.



## 4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 Localização das jazidas

A localização das jazidas foi determinada de acordo com os municípios e regiões de locais em exploração e outros já não mais em exploração. As jazidas da RMR foram classificadas geologicamente e pedologicamente de acordo com as coordenadas no GPS configurado para o georeferenciamento do DATUM SAD 69. A Tabela 4.1 mostra a localização geográfica com as respectivas 24 jazidas, o Município/Região, as coordenadas UTM, altitude e coordenadas geográficas. Os dados obtidos da coleta dos materiais foram em campo.

| Jazida | Município/Região   | Coordenadas UTM |           | Altitude | Coordenadas Geográficas |          |
|--------|--------------------|-----------------|-----------|----------|-------------------------|----------|
|        |                    | Easting         | Northing  | m        | Easting                 | Northing |
| 1      | Cabo S. Agost/Sul  | 280720,1        | 9088294,3 | 25,841   | -8,243                  | -34,990  |
| 2      | Cabo S. Agost/Sul  | 283222,4        | 9095498,2 | 28,965   | -8,177                  | -34,968  |
| 3      | Cabo S. Agost/Sul  | 278538,8        | 9086829,8 | 20,073   | -8,256                  | -35,010  |
| 4      | Jaboatão/Sul       | 282920,1        | 9094701,4 | 16,228   | -8,185                  | -34,970  |
| 5      | Jaboatão/Sul       | 285024,3        | 9099150,4 | 18,871   | -8,145                  | -34,951  |
| 6      | Recife/Centro      | 285265,9        | 9103660,7 | 30,648   | -8,104                  | -34,948  |
| 7      | Ipojuca/Sul        | 284610,1        | 9077805,3 | 36,656   | -8,337                  | -34,956  |
| 8      | Ipojuca/Sul        | 283674,0        | 9078578,7 | 54,200   | -8,331                  | -34,964  |
| 9      | Cabo S. Agost/Sul  | 273551,9        | 9083218,4 | 30,407   | -8,288                  | -35,056  |
| 10     | Cabo S. Agost/Sul  | 273470,4        | 9083992,7 | 33,531   | -8,261                  | -35,056  |
| 11     | Recife/Centro      | 288336,5        | 9118485,2 | 54,921   | -7,970                  | -34,920  |
| 12     | Recife/Centro      | 286967,8        | 9117028,9 | 66,216   | -7,983                  | -34,932  |
| 13     | Recife/Centro      | 286256,2        | 9114109,6 | 28,965   | -8,009                  | -34,939  |
| 14     | Olinda/Norte       | 293081,6        | 9119203,9 | 29,686   | -7,964                  | -34,877  |
| 15     | Abreu e Lima/Norte | 290689,0        | 9125016,8 | 1,808    | -7,911                  | -34,898  |
| 16     | Camaragibe/Norte   | 278740,5        | 9109918,3 | 61,410   | -8,047                  | -35,007  |
| 17     | Itamaracá/Norte    | 296352,5        | 9140605,3 | 45,788   | -7,770                  | -34,847  |
| 18     | Itamaracá/Norte    | 297540,8        | 9139978,9 | 34,973   | -7,776                  | -34,836  |
| 19     | Itapissuma/Norte   | 289665,6        | 9120997,3 | 8,297    | -7,948                  | -34,908  |
| 20     | Igarassu/Norte     | 2896267         | 9136661,1 | 46,750   | -7,806                  | -34,908  |
| 21     | Araçoiaba/Norte    | 282447,2        | 9114250,7 | 70,542   | -8,008                  | -34,974  |
| 22     | São L. Mata/Norte  | 2746624         | 9114432,8 | 51,075   | -8,006                  | -35,044  |
| 23     | Moreno/Sul         | 266346,0        | 9102530,5 | 27,283   | -8,114                  | -35,120  |
| 24     | Moreno/Sul         | 267956,6        | 9103113,3 | 102,986  | -8,108                  | -35,106  |

Tabela 4.1: Localização geográfica das jazidas

Na Tabela 4.1 a proporção maior das jazidas que foi realizada a coleta do material para a análise em laboratório foi na Região Sul, por ser mais explorada o Saibro, observa-se 45,83 %, 37,5 % na Região Norte e 16,67 % na Região Centro. Vale destacar que na Região Centro a exploração é restrita, pois já é uma Região bem habitada e por possuir imensas planícies. A exploração das Regiões Sul, Norte e Centro são feitas em algumas jazidas sobre o controle dos Órgãos Federais e Estaduais, porém há jazidas que são exploradas clandestinamente e com isso afeta o descontrole da exploração ocasionando o impacto ambiental.

Foi extraído com o auxílio do *GPS* e a ajuda do Google Earth a localização das jazidas da RMR, conforme mostra a Figura 4.1.

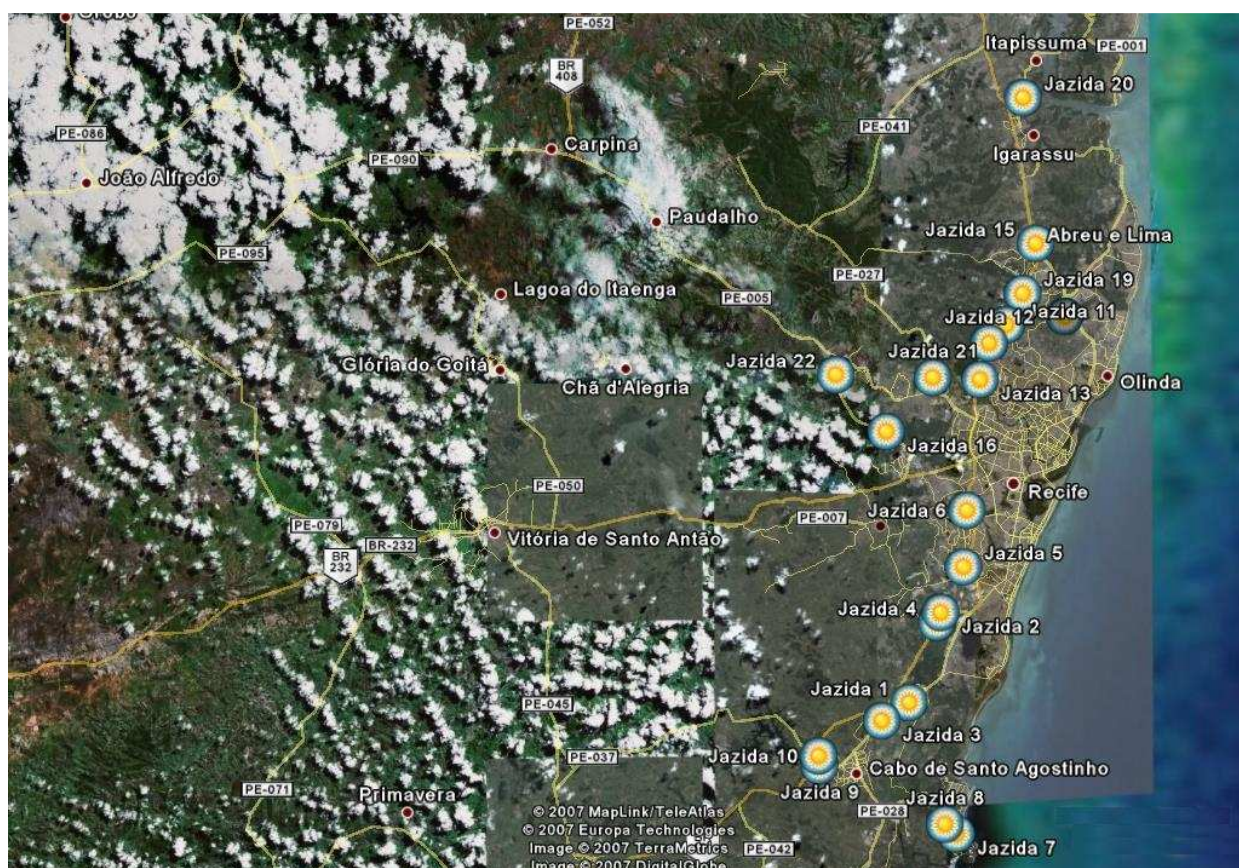


Figura 4.1: Localização das jazidas no mapa da RMR. Fonte: GOOGLE, 2008

## 4.2 Identificação e classificação das unidades Geológicas e classes Pedológicas

A descrição geológica do local de coleta de cada jazida é apresentada no Quadro 4.1.

| <b>Jazida</b>                       | <b>Símbolo<br/>–<br/>Geologia</b> | <b>Descrição da Geologia</b>   |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--|
| 1                                   | Qth                               | Terraços Holocênicos – Terraços marinhos holocênicos   |
| 2, 4, 8                             | Ka                                | Formação Algodoads – Conglomerados oligomíticos com seixos e calhaus de rochas vulcânicas ( fácies proximal); arcóseos com seixos de quartzo e rochas vulcânicas e matriz argilosa ( fácies mediana); arcóseos intercalados com camadas argilosas ( fácies distal)         |
| 3                                   | Kiri                              | Formação Ipojuca – riolitos  |
| 5, 11, 12,<br>13, 14 15,<br>17 e 19 | TQb                               | Formação Barreiras – Sedimentos areno-argilosos, argilas variegadas, arenitos caulínicos e lateríticos   |
| 6                                   | Kc                                | Conglomerados polimíticos de matriz arcoseana ( fácies proximal). Arcóseos com níveis conglomeráticos ( fácies mediana); siltitos e argilitos ( fácies distal), capeados por arenitos grosseiros a conglomeráticos, com estratificação planoparalela e cruzadas acanaladas |
| 7, 18                               | Qdfl                              | Qdfl – areias, siltes, argilas, sedimentos turfáceos de ambiente flúvio-lagunar  |
| 9, 10                               | Qal                               | Qal – Areias aluviais  |
| 16, 21, 22,<br>23 e 24              | Px                                | Complexo – Gnássico-Migmatítico – Ortognaisses de composição predominantemente granodiorítica e ortognaisses tonalíticos, migmatizados   |
| 20                                  | Kb                                | Formação Beberibe – Conglomerados, arenitos, arcóseos, siltitos e folhelhos  |

Quadro 4.1: Formação Geológica nas jazidas da RMR. Fonte: EMBRAPA, 2001.

1,2,3,9,10 - Cabo S. Agost/Sul – 4 e 5 Jaboatão/Sul – 6 Recife – 7 e 8 Ipojuca/Sul – 11,12 e 13 Recife – 14 Olinda - 15 Abreu e Lima/Norte – 16 Camaragibe /Norte – 17 e 18 Itamaracá – 19 Itapissuma/Norte – 20 Igarassu/Norte – 21 Araçoiaba/Norte – 22 São L. Mata/Norte – 23 e 24 Moreno/Sul.

No Quadro 4.1 onde mostra a formação geológica nas jazidas da RMR com a simbologia e a respectiva descrição da geologia observa-se que as jazidas em que realizou as coletas a Formação barreiras (TQb) é a que mais predomina. A Formação Ipojuca (Kiri), Formação Barreiras (TQb) e a Formação Cabo (Kc) pertencem ao Grupo Pernambuco. A Formação Beberibe (Kb) pertence ao Grupo Paraíba engloba os sedimentos da bacia Pernambuco-Paraíba, que se limita ao sul com a cidade de Recife e se prolonga para norte até as proximidades da cidade de Natal. A Formação Algodoads (Ka) pertence a idade Cretácea as suas camadas são sobreposta ao vulcanismo Ipojuca. Os sedimentos Flúvio-Lagunares (Qdfl), terraços litorâneos holocênicos (Qth) e os depósitos aluvionares que são as areias aluviais (Qal) são sedimentos inconsolidados de idade quaternária, (SCHOBENHAUS et al, 1984).

O complexo (Px) da idade neo proterozóica se forma no Maciço Pernambuco Alagoas predominantemente por migmatitos e granulitos, cujo grau metamórfico varia da fácies anfíbolito até, a fácies granulito.

Na Região Norte observa-se uma maior concentração, 18 % do tipo TQb, Formação Barreiras com sedimentos areno-argilosos, argilas variegadas, arenitos caulínicos e lateríticos. No Recife também predomina o TQb com 13 %, na região Sul predomina o Ka, 16,3 %, Formação Algodoads com conglomerados oligomíticos com seixos e calhaus de rochas vulcânicas (fácies proximal); arcóseos com seixos de quartzo e rochas vulcânicas e matriz argilosa (fácies mediana); arcóseos intercalados com camadas argilosas (fácies distal). O que conforme (CARICCHIO, 1957) o Saibro para argamassas na construção civil diz que tem que ser de Formação Granítica e gnáissica.

A Figura 4.2 mostra a formação geológica das jazidas com as respectivas jazidas.

Verifica-se também que na Tabela 4.3 em que são mostradas as classes pedológicas nas jazidas de Saibro da RMR a quantidade de jazidas foi bem maior em solos podzólicos amarelos (PA). A descrição das classes pedológicas é mostrada no Quadro 4.2a e b.

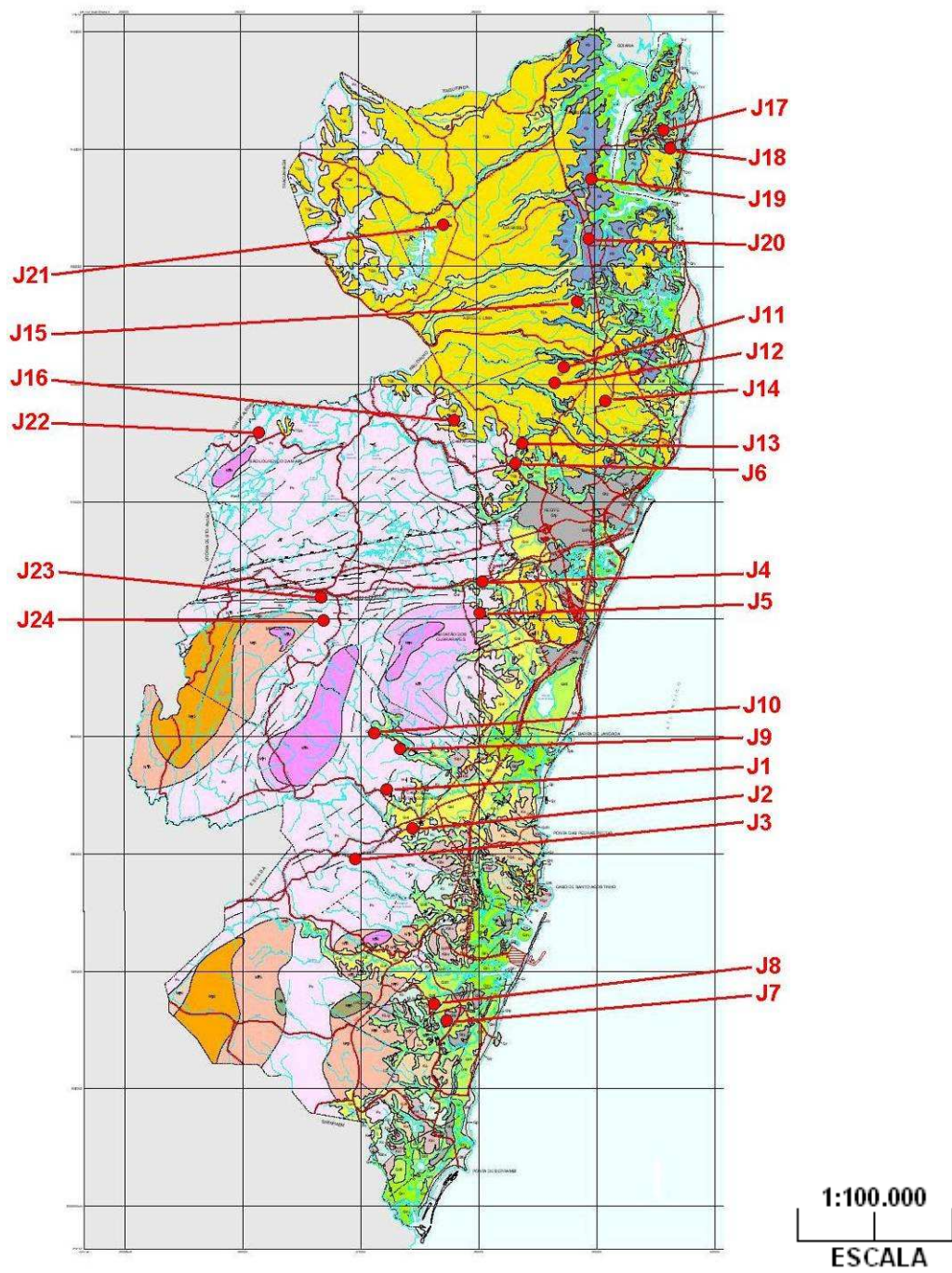


Figura 4.2: Mapa geológico da RMR e posicionamento das jazidas

Fonte: (PAIVA, 2008)

| Jazida                       | Símbolo –<br>Classe<br>Pedológica | Descrição da Pedologia  |
|------------------------------|-----------------------------------|---|
| 1, 2, 4,<br>9, 10            | PV3                               | Associação: PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO profundo e pouco profundo, textura média/argilosa + CAMBISSOLO pouco profundo textura argilosa com cascalho a cascalhento substrato gnaisse e granito, ambos de intensidade baixa (Tb) + SOLOS LITÓLICOS textura média e argilosa substrato de gnaisse e granito; todos DISTRÓFICO. A moderado floresta subperenifólia, relevo ondulado e fraca ondulação. (50-25-25 %).   |
| 3                            | PV2                               | Associação: PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO de intensidade baixa (Tb) DISTRÓFICO, textura média/média e argilosa + PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO de intensidade baixa (Tb) e de intensidade alta (Ta) ÁLICO e DISTRÓFICO, plíntico e não plíntico, textura média / argilosa, ambos textura média / média e argilosa relevo ondulado + CAMBISSOLO de intensidade baixa (Tb) e intensidade alta (Ta). DISTRÓFICO raso e pouco profundo, textura argilosa com cascalho a cascalhento, relevo ondulado e f.ond. substrato de gnaisse e granito; todos A mod. e proeminência de floresta subperenifólia. (50-30-20 %). |
| 5                            | LA8                               | Associação: LATOSSOLO AMARELO textura argilosa + PODZÓLICOS AMARELO e VERMELHO-AMARELO laterítico e não laterítico, textura média/argilosa; ambos ÁLICO e DISTRÓFICO, A mod. floresta subperenifólia, relevo ondulado e suave ondulação (65-35 %).  |
| 7, 8                         | PA' 2                             | Associação: PODZÓLICOS AMARELO e VERMELHO-AMARELO de intensidade baixa (Tb) textura média / média e argilosa relevo s.ond. e ond. + LATOSSOLO AMARELO textura média e argilosa relevo plano e s.ond.; ambos ÁLICO e DISTRÓFICO A mod. floresta subperenifólia. (70-30 %).   |
| 11, 12,<br>13, 14,<br>19, 21 | PA10                              | Associação: PODZÓLICO AMARELO ÁLICO e DISTRÓFICO, laterítico e não laterítico, textura média/média e argilosa + PODZÓLICOS AMARELO e VERMELHO-AMARELO de intensidade baixa (Tb) DISTRÓFICO textura média / argilosa com e sem cascalho a cascalhento; ambos A moderado e proeminência de floresta subperenifólia, relevo ondulado e f.ond. (50-50 %).   |
| 15                           | LA7                               | Associação: LATOSSOLO AMARELO textura média + PODZÓLICOS AMARELO e VERMELHO-AMARELO laterítico e não laterítico com e sem fragipã, textura média/média e argilosa ambos A mod. e proeminente relevo s.ond. e plano. + PODZOL com e sem fragipã e/ou duri. A mod. textura are./are. e med. relevo plano e s.ond.; todos ÁLICO e DISTRÓFICO, floresta subperenifólia. (50-30-20 %).   |

Quadro 4.2a: Classes Pedológicas nas jazidas de Saibro da RMR. Fonte: EMBRAPA, 2001.

|                   |             |  |
|-------------------|-------------|--|
| 16,<br>23 e<br>24 | PV7         | Associação: PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO + PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO DISTRÓFICO e EUT., ambos de intensidade baixa (Tb) textura média / argilosa relevo ondulado e f.ond. + SOLOS LITÓLICOS DISTRÓFICO textura média rel. f.ond. substrato de gnaisse e granito; todos A moderado floresta subperenifólia. (60-20-20 %).  |
| 17,<br>18         | PA9         | Associação: PODZÓLICO AMARELO laterítico e não laterítico com e sem fragipã. A mod. textura média/média e argilosa + PODZÓLICOS AMARELO e VERMELHO-AMARELO de intensidade baixa (Tb) A mod. e proeminente textura arenosa e média/argilosa; ambos floresta subperenifólia, relevo s.ond. a f.ond.+ PODZOL HIDROMÓRFICO com e sem fragipã e/ou duri. A fr. e moderada textura arenosa/arenosa e média floresta perenifólia e campo de restinga, relevo plano e s.ond.; todos ÁLICO e DISTRÓFICO (40-40-20 %). |
| 20                | LA7         | Associação: LATOSSOLO AMARELO textura média + PODZÓLICOS AMARELO e VERMELHO-AMARELO laterítico e não laterítico com e sem fragipã, textura média/média e argilosa, ambos A moderado e proeminente relevo s.ond. e plano + PODZOL com e sem fragipã e/ou duri. A moderado, textura arenosa/arenosa e media relevo plano e s.ond.; todos ÁLICO e DISTRÓFICO floresta subperenifólia (50-30-20 %).  |
| 22                | PA' 8       | Associação: PODZÓLICOS AMARELO e VERMELHO-AMARELO laterítico e não laterítico. A mod. textura média /argilosa, relevo ondulado a montanhoso + LATOSSOLO AMARELO A moderado e proeminente textura argilosa e muito argiloso relevo s.ond. e ondulado com partes planas; ambos ÁLICO e DISTRÓFICO floresta subperenifólia. (65-35 %).  |
| 6                 | Área Urbana | Área Urbana  |

Quadro 4.2b: Classes Pedológicas nas jazidas de Saibro da RMR. Fonte: EMBRAPA, 2001.

O mapa da pedologia da RMR é mostrado na Figura 4.3

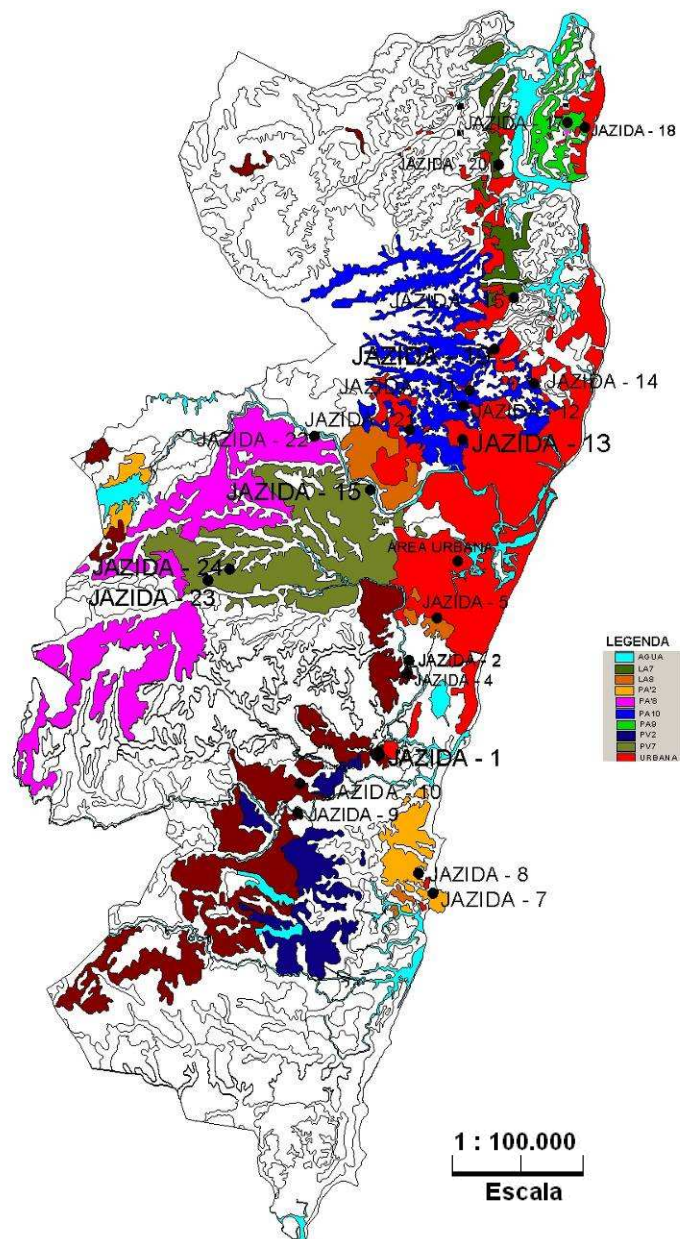


Figura 4.3: Pedologia do solo por jazida Fonte: (PAIVA, 2008)

Simbologia na legenda:

ÁGUA – ÁGUA

LA – Latossolo Amarelo

PA – Podzólico Amarelo

PV – Podzólico Vermelho

URBANA – Área Urbana



### 4.3 Caracterização física dos Saibros

Foram ensaiados os materiais coletados das 24 jazidas num todo de 62 amostras e os resultados dos ensaios de caracterização física encontram-se no Apêndice A. São apresentados o município, área, geologia, número da jazida, granulometria, porcentagens dos grãos menores que 0,002 mm, limite de consistência (limite de liquidez e limite de plasticidade), índice de plasticidade, limite de contração, grau de contração, índice de atividade (Ia), classificação unificada, classificação TRB, critérios básicos em termos de porcentagens de argila menor que 30 % e areia maior que 20 %.

| Caracterização          |        | Norte   | Centro   | Sul   |
|-------------------------|--------|---|--|---|
|                         |        | mínimo máximo   | mínimo máximo  | mínimo máximo   |
| Granulometria (%)       | Pedr.  | 0 - 4   | 0 - 3  | 0 - 5   |
|                         | Areia  | 24 - 83   | 8 - 87   | 23 - 86   |
|                         | Silte  | 1 - 49  | 4 - 20   | 2 - 37  |
|                         | Argila | 9 - 51  | 8 - 72   | 6 - 54  |
| Consistência (%)        | WL     | 20 - 48   | 33 - 64  | 28 - 69   |
|                         | IP     | 2 - 15  | 15 - 34  | 11 - 29   |
|                         | LC     | 11 - 34   | 20 - 30  | 19 - 61   |
|                         | C      | 12 - 32   | 5 - 34   | 3 - 32  |
| Ia                      |        | 0,06 - 0,91   | 0,39 - 2,39  | 0,42 - 6,20   |
| Classificação Unificada |        | SC(10); CL(3);<br>ML(2)                                 | CL; SC(8); CH e<br>SM  | ML(6); SM(17);<br>SC(9) e MH(4)   |
| Classificação TRB       |        | A-2-4(5); A-2-6;<br>A-7-6; A-1-b(2);<br>A-4(2) e A-5(3) | A-7-5(2); A-7-6;<br>A-2-6(3);<br>A-2-4(2); A-6 e<br>A-1-b(2) | A-2-4(7); A-2-5;<br>A-2-6(3); A-2-7;<br>A-4(7); A-5(7);<br>A-6(5); A-7-5(3)<br>e A-1-b(2) |
| Nº de amostras          |        | 15  | 11   | 36  |
| Nº de jazidas           |        | 9   | 4  | 11  |

Quadro 4.3: Valores mínimos e máximos da caracterização física dos Saibros na RMR  
WL - Limite de liquidez, IP - Índice de Plasticidade, LC - Limite de Contração, C - Grau de Contração, Ia - Índice de atividade

No Quadro 4.3 são apresentados os valores (máximos, mínimos) da caracterização física dos Saibros analisados da RMR por área da cidade. Praticamente não há pedregulho, a área do Recife é a mais arenosa e menos siltosa, a que contém mais argila é a região Norte. Os solos mais plásticos e de maior atividade estão na área Sul. Na Classificação Unificada, 43 são SC, 29% SM, 13 % são ML, 6 % são MH, 8 % são CL e 1 % são CH.

Os menores valores do Grau de Contração estão na área da cidade do Recife. Na região Norte, Recife e Sul a média da quantidade de areia estão praticamente próximos, a média da quantidade de argila está em maior quantidade na região Norte em consequência há um maior grau de contração. Observa-se ainda que na região Recife a média de silte está baixa, pois isso é um indicativo que nessa região o material sofreu menos intemperismo comparando a com as demais. Na Carta de Plasticidade os limites estão em torno da Linha A, 21 % das amostras não apresentam Limite de Plasticidade e a maioria tem Limite de Liquidez menor que 50 %, Figura 4.4. Verifica-se que boa parte das regiões apresenta material de baixa compressibilidade.

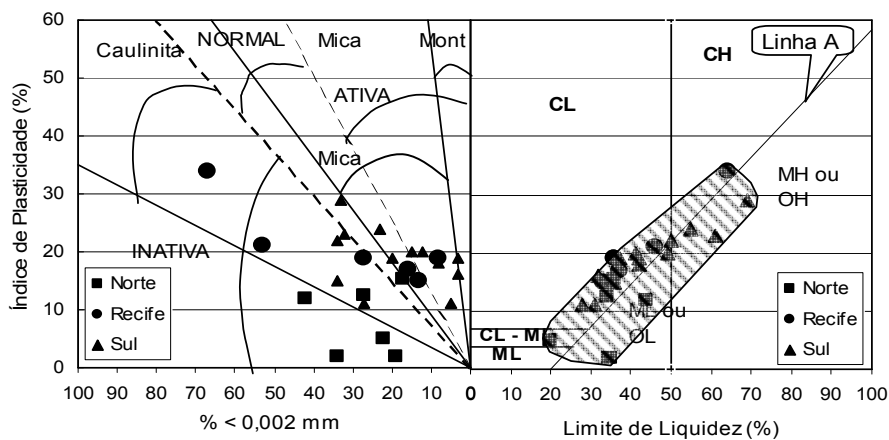


Figura 4.4: Carta de plasticidade e atividade. Fonte: CAPUTO, 1988.

#### 4.4 Composição granulométrica dos Saibros

A granulometria no ensaio de caracterização foi determinada para representar as frações de areia grossa (diâmetro máximo  $\geq 4,8$  mm), média ( $4,8$  mm > diâmetro máximo >  $2,4$  mm), fina (diâmetro máximo  $\leq 2,4$  mm), argila e silte, pois segundo (CARICCHIO, 1957) um material considerado bom para argamassa de assentamento e revestimento tem que ter em suas propriedades físicas no máximo 30 % de argila e no mínimo 20 % de areia.

A matéria orgânica e os torrões influenciam nas argamassas alterando as suas propriedades mecânicas, portanto as argamassas têm que ser livres de torrões e matéria orgânica.

As Figuras 4.5 a 4.7 mostram os resultados da granulometria do material conforme as jazidas das regiões que foram coletados os materiais. Observa-se na região norte (FIGURA 4.5 (a) e (b)), a existência de uma maior proporção de materiais com porcentagem de argila menor que 30 % e areia maior que 20 %.

#### Área Norte da Região Metropolitana do Recife

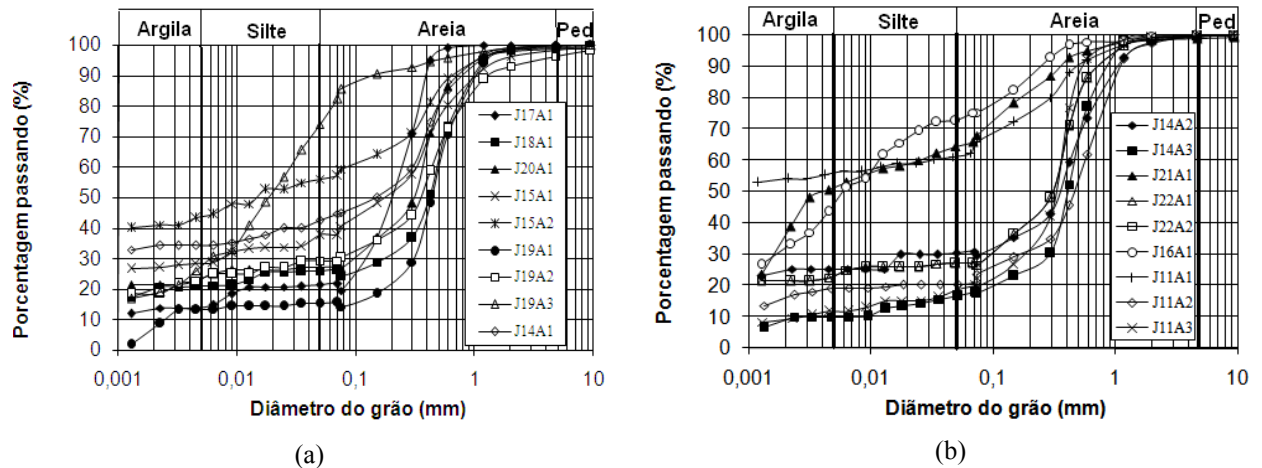


Figura 4.5: Granulometria do material da área Norte

Na Figura 4.6 mostra-se que praticamente em todas as jazidas a porcentagem de argila está abaixo de 30 % e a porcentagem de areia maior que 20 %.

#### Área Centro da Região Metropolitana do Recife

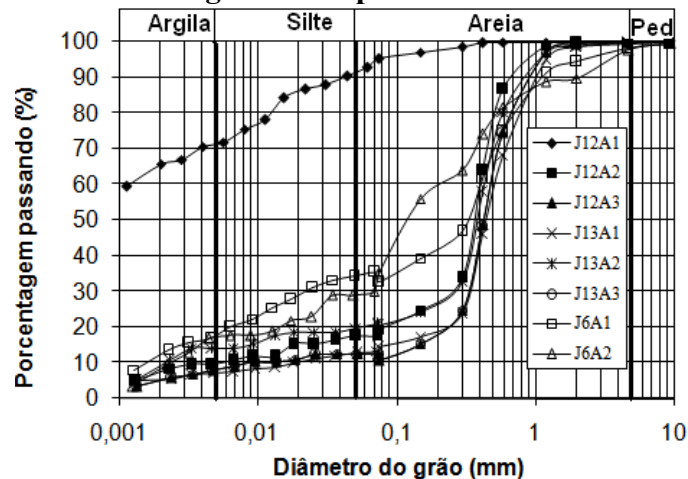


Figura 4.6: Granulometria do material da área Centro

Também se observa que nas Figuras 4.7 (a), (b), (c) e (d) há uma maior proporção de argila ser menor que 30 %. É verificado que em toda região a porcentagem de areia é maior que 20 %.

### Área Sul da Região Metropolitana do Recife

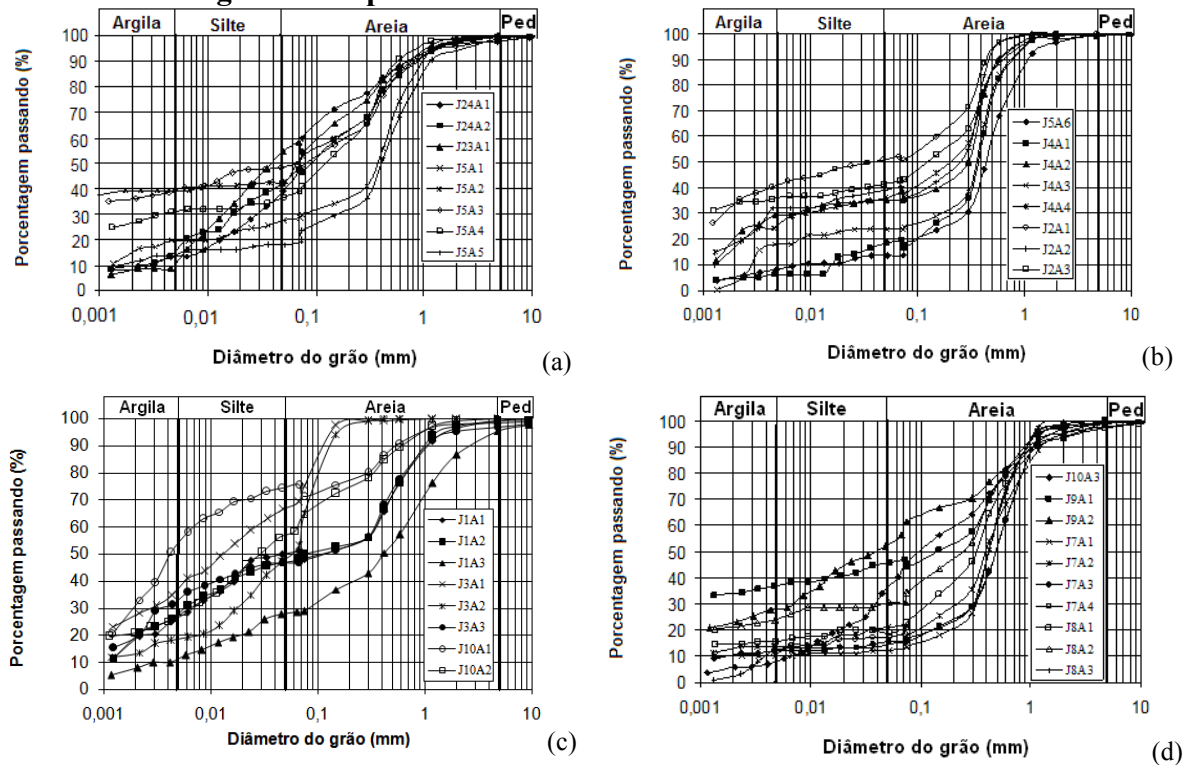


Figura 4.7: Granulometria do material da área Sul

#### 4.4.1 Diagrama triangular de Winkler

As porcentagens de areia, silte e argila das amostras de Saibro foram colocadas em Diagrama Triangular de Winkler, considerando o Índice de Qualificação do Saibro para Argamassa (IQSA) de cada amostra, Figura 4.8. Foram definidas regiões no Diagrama Triangular de amostras de Saibros do Grupo 1, Grupo 2 e Grupo 3 para uso em argamassa. As amostras de Saibro do Grupo 1 apresentam porcentagem de areia maior que 70 %, silte menor que 30 % e argila menor que 30 %.

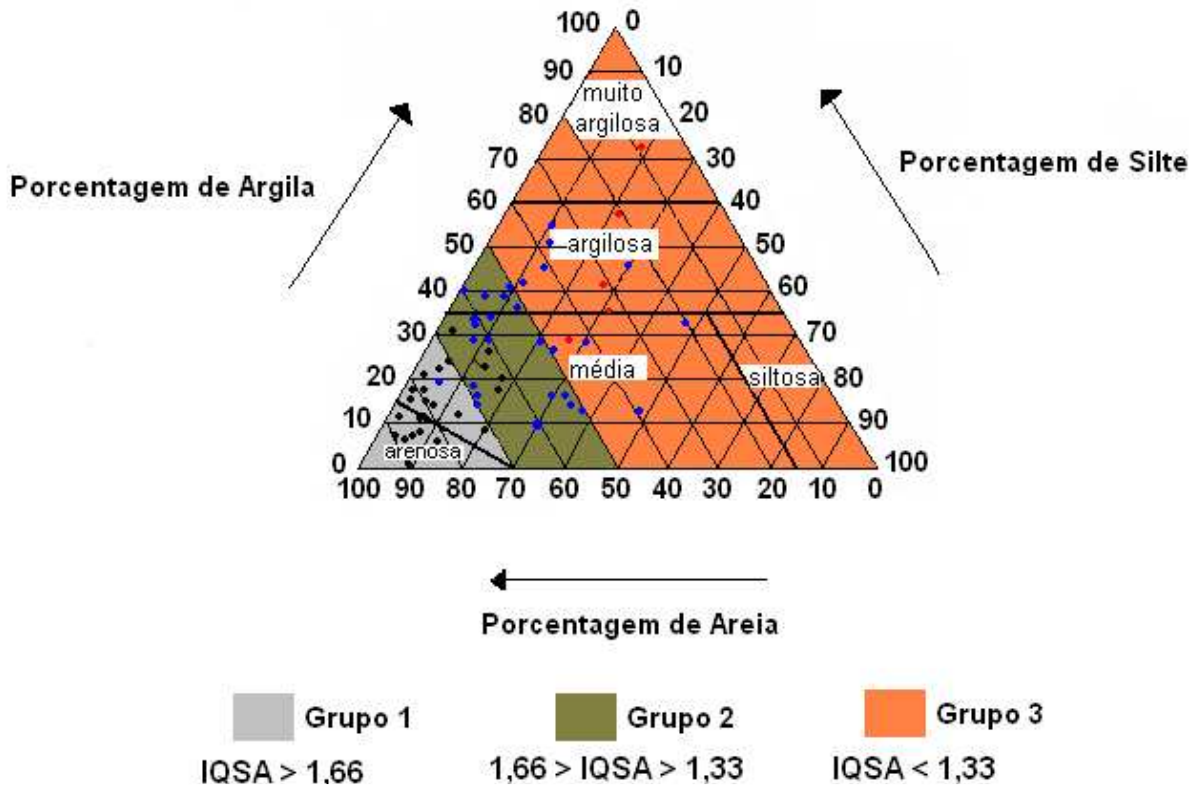


Figura 4.8: Diagrama Triangular com indicação da qualidade de Saibro

Pela Figura 4.9 observa-se que praticamente em todas as jazidas a porcentagem de pedregulho é 0 % isto significa dizer que as jazidas são muito intemperizadas. A porcentagem de argila inferior a 30 % com maior índice em Recife, Moreno, Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca.

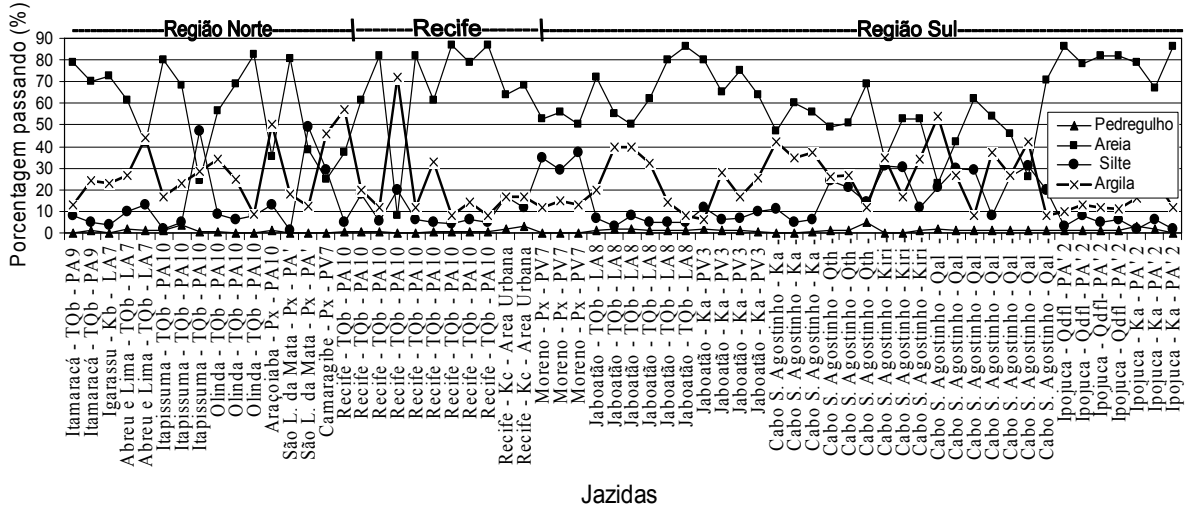


Figura 4.9: Gráfico da Porcentagem dos agregados na Região Norte, Recife e Região Sul

#### 4.4.2 Grau de contração e porcentagem de argila

A Figura 4.10 mostra a variação do grau de contração com a porcentagem de argila, pode observar que o grau de contração cresce ou decresce de acordo com a porcentagem de argila contida no material.

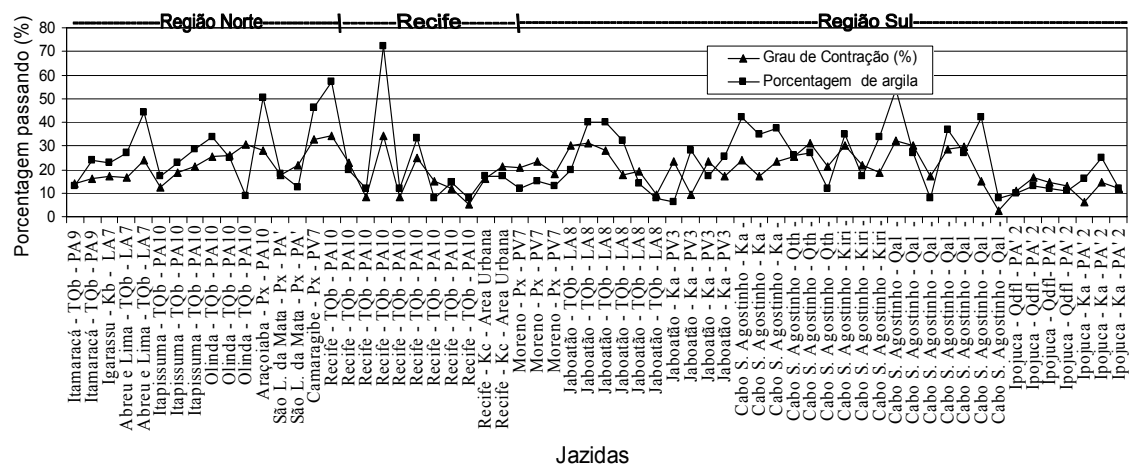


Figura 4.10: Grau de contração com a porcentagem de argila

#### 4.5 Caracterização do cimento utilizado na argamassa

Antes do preparo das argamassas com Saibro foram executados alguns ensaios de caracterização dos materiais utilizados. Foi utilizado o cimento CP II F-32 do mesmo lote com saco de 50 kg. A caracterização física do cimento é mostrada na Tabela 4.5.

| Característica determinada                     |                         | Método de ensaio | Resultado Obtido |
|--|-------------------------|------------------|------------------|
| Massa específica real (KN/m <sup>3</sup> )     |                         | NBR NM 23/2001   | 2,74             |
| Massa específica aparente (KN/m <sup>3</sup> ) |                         | NBR 7251/1982    | 0,80             |
| Tempos de pega                                 | Início da pega (h:min)  | MB 3434/1991     | 2:10             |
|  | Fim de pega (h:min)     |                  | 4:00             |
| Pasta de consistência normal                   | Porcentagem de água (%) | NM 43:2002       | 32               |
| Resistência à Compressão                       | 28 dias (MPa)           | NBR 7215/1996    | 27               |

Tabela 4.2: Caracterização física do Cimento Portland CP II F-32

#### 4.6 Caracterização da areia utilizada na argamassa

Na caracterização da areia foi obtido os seguintes resultados, Tabela 4.6 que mostra a distribuição granulométrica da areia natural e a curva granulométrica da areia Figura 4.11, executados conforme a ABNT NBR NM 248/2003.

| Peneira (mm)                                     | Peneira (Pol/Nº) | Massa retida (g) | % Retida | % Acumulada |
|--|------------------|------------------|----------|-------------|
| 4,8  | Nº 4             | -                | -        | -           |
| 2,4  | Nº 8             | 12,96            | 4,32     | 4,32        |
| 1,2  | Nº 16            | 32,36            | 10,79    | 15,11       |
| 0,6  | Nº 30            | 59,16            | 19,72    | 34,83       |
| 0,3  | Nº 50            | 107,56           | 35,85    | 70,68       |
| 0,15   | Nº 100           | 87,96            | 29,32    | 100         |
| Total  |                  | 300              | 100      |             |
| Dimensão máxima característica (mm)              |                  |                  |          | 4,8         |
| Módulo de finura                                 |                  |                  |          | 1,25        |
| Massa unitária (KN/m <sup>3</sup> ) - NBR 7251   |                  |                  |          | 14,85       |
| Massa específica (KN/m <sup>3</sup> ) - NBR 9776 |                  |                  |          | 26,46       |
| Inchamento - NBR 6467                            |                  |                  |          | 1,24        |
| Teor de material pulverulento (%) - NBR 7219     |                  |                  |          | 1,90        |

Tabela 4.3: Características da areia natural

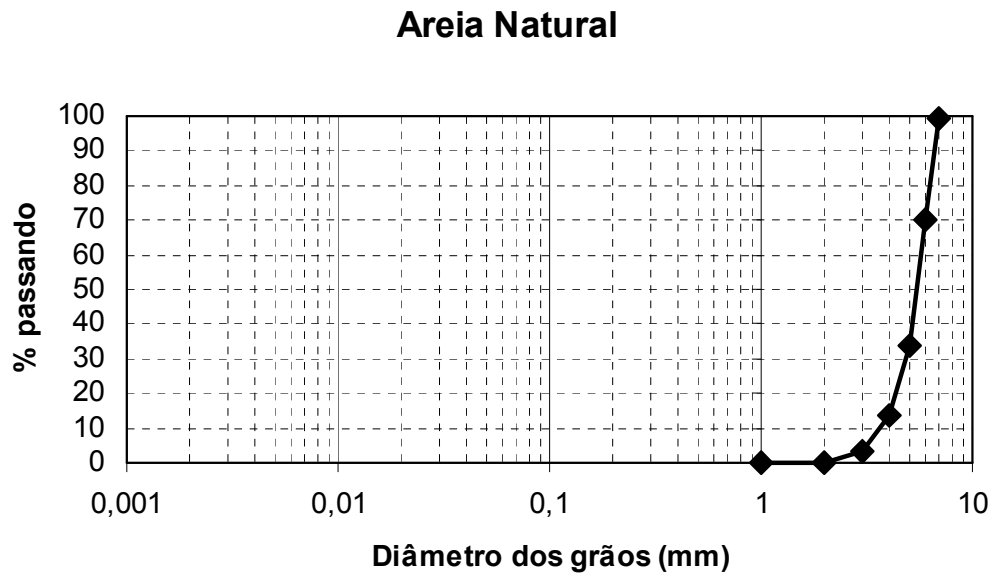


Figura 4.11: Gráfico da curva granulométrica da areia

De acordo com o gráfico da curva granulométrica da areia o coeficiente de uniformidade da areia utilizada na argamassa foi de  $C_u = 0,98$  e o coeficiente de curvatura  $C_c = 1,95$  portanto é uma areia considerada muito uniforme e bem graduada, pois quando o  $C_u < 5$  diz que as areias são consideradas muito uniformes, uniformidade média quando  $5 < C_u < 15$  e desuniforme quando  $C_u > 15$  e para o coeficiente de curvatura  $1 < C_c < 3$  o solo é bem graduado (CAPUTO, 1988).

As partículas da areia utilizada apresentam serem mais angulosas e pouco esféricas. A Figura 4.12 mostra as imagens adquiridas através da lupa da fração retida na peneira de malha 1,2 mm e 2,4 mm.



Figura 4.12: Imagens adquiridas através da lupa da fração retida na peneira de malha 1,2 mm (a) e 2,4 mm (b)



#### 4.7 Caracterização Física, Mecânica e Química

Os resultados dos ensaios físicos e mecânicos, Apêndice A, e os levantamentos geológicos e pedológicos (Quadros 4.1, 4.2a e 4.2b) e dos ensaios químicos realizados nas amostras das jazidas por (PAIVA, 2008) apresentados no Quadro 4.4a e 4.4b. Foi calculado o Índice de Qualidade de Saibro para uso em argamassas (IQSA) descrito no item 3.8.

A caracterização química realizada por (PAIVA, 2008), conforme apresentadas no Quadro 4.4a e 4.4b, que segundo (PAIVA, 2008), foram:

- O pH o qual serve para determinar a presença de alumínio trocável, e também a predominância da argila em processo de intemperização, que é verificado pela variação do pH em água e o pH em KCl;
- A matéria orgânica em maior quantidade no solo possibilita a formação de um maior teor de agregado na estrutura do solo;
- A CTC representa a atividade de um solo;
- $\text{SiO}_2$  é utilizado para indicar a presença e o teor de quartzo nas amostras;
- $\text{Al}_2\text{O}_3$  evidencia a presença de argilominerais nas amostras, podendo ser a Ilita ou Mica;
- O valor de S (soma de cátions trocáveis), Hidrogênio extraível, valor de T (capacidade de troca de cátions), valor de V (% de saturação de bases), porcentagem de saturação com alumínio, têm importância na identificação do solo e no nível de intemperismo;
- %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  no Ext. Sulfúrico, %  $\text{SiO}_2$  na terra fina e %  $\text{Al}_2\text{O}_3$  no Ext. Sulfúrico identificam o nível intemperismo do solo
- A condutividade elétrica no extrato de saturação e a porcentagem de água no extrato de saturação é utilizada para prever a quantidade de sais solúveis;
- A superfície específica do argilomineral está relacionado com o tamanho das partículas.

Das 24 jazidas foram escolhidas 9 com as respectivas amostras para a confecção dos corpos de prova cilíndrico de 5 cm x 10 cm de argamassa com Saibro nos traços 1:1:7 e 1:3:5. Os valores numéricos do IQSA contribuiram para agrupar as amostras de Saibro em 3

grupos, dos quais quando o valor do IQSA é superior a 1,66 o solo foi considerado do Grupo 1 e quando compreendido entre 1,66 e 1,33 do Grupo 2 e se inferior a 1,33 do Grupo 3, Quadro 4.4a e b. Foram também selecionados as curvas da distribuição granulométricas dessas jazidas, Figura 4.13.

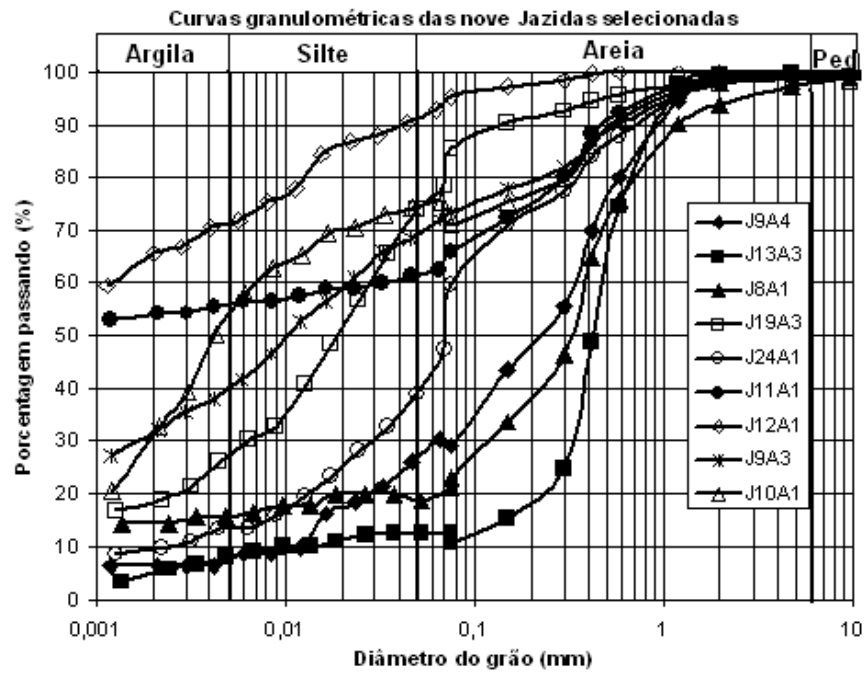


Figura 4.13: curvas da distribuição granulométrica das jazidas selecionadas

| Município<br>Geologia<br>Pedologia      | Cabo S. Agost.<br>.Qal - PV3 | Recife - TQb -<br>PA10 | Ipojuca - Ka -<br>PA' 2 | Itapissuma -<br>TQb - PA10 | Moreno - Px -<br>PV7 | Recife - TQb -<br>PA10 | Recife - TQb -<br>PA10 | Cabo S.<br>Agostinho -<br>Qal - PV3 | Cabo S.<br>Agostinho -<br>Qal - PV3 |       |
|---|------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------|
| Nº da Jazida                            | J9A4                         | J13A3                  | J8A1                    | J19A3                      | J24A1                | J11A1                  | J12A1                  | J9A3                                | J10A1                               |       |
| Granulo-<br>metria<br>(%)               | Pedr.                        | 1,0                    | 0,4                     | 3,0                        | 0,5                  | 0,0                    | 0,5                    | 0,0                                 | 1,0                                 | 2,0   |
|   | Areia                        | 71,0                   | 86,6                    | 79,0                       | 24,0                 | 53,0                   | 37,5                   | 8,0                                 | 26,0                                | 23,0  |
|   | Silte                        | 20,0                   | 5,0                     | 2,0                        | 47,0                 | 35,0                   | 5,0                    | 20,0                                | 31,0                                | 21,0  |
|   | Argila                       | 8,0                    | 8,0                     | 16,0                       | 28,5                 | 12,0                   | 57,0                   | 72,0                                | 42,0                                | 54,0  |
| Consis-<br>tência<br>(%)                | WL                           | NL                     | NL                      | NL                         | 35,35                | NL                     | 45,62                  | 63,82                               | 69,03                               | 60,65 |
|   | IP                           | NP                     | NP                      | NP                         | NP                   | NP                     | 20,47                  | 33,59                               | 29,06                               | 23,11 |
| Limite de Contração<br>LC (%)           | 42,24                        | 20,21                  | 25,50                   | 29,04                      | 42,23                | 21,53                  | 20,49                  | 49,53                               | 26,24                               |       |
| Grau de Contração C<br>(%)              | 2,77                         | 5,23                   | 6,01                    | 21,39                      | 20,88                | 34,52                  | 34,11                  | 15,26                               | 32,04                               |       |
| Índice de atividade Ia                  | -                            | -                      | -                       | -                          | -                    | 0,39                   | 0,50                   | 0,88                                | 0,72                                |       |
| Índice de Grupo IG                      | 0,0                          | 0,0                    | 0,0                     | 8,0                        | 5,0                  | 5,9                    | 20,0                   | 34,5                                | 28,7                                |       |
| Classificação<br>Unificada              | SM                           | SM                     | SC                      | ML                         | ML                   | CL                     | CH                     | MH                                  | MH                                  |       |
| Classificação TRB                       | A-2-4                        | A-1-b                  | A-2-4                   | A-4                        | A-4                  | A-7-5                  | A-7-5                  | A-7-5                               | A-7-5                               |       |
| * RC (Traço 1:3:5)                      |                              | 3,46                   |                         |                            | 2,92                 |                        |                        | 1,83                                |                                     |       |
| * RC (Traço 1:1:7)                      |                              | 3,10                   |                         |                            | 3,15                 |                        |                        | 3,88                                |                                     |       |
| ** RT (Traço 1:3:5)                     |                              | 0,55                   |                         |                            | 0,44                 |                        |                        | 0,28                                |                                     |       |
| ** RT (Traço 1:1:7)                     |                              | 0,44                   |                         |                            | 0,44                 |                        |                        | 0,51                                |                                     |       |
| pH em água                              | 6,41                         | 6,10                   | 6,40                    | 4,40                       | 4,85                 | 5,54                   | 5,45                   | 5,92                                | 5,82                                |       |
| pH em KCl                               | 4,34                         | 4,82                   | 4,92                    | 4,24                       | 4,64                 | 4,16                   | 4,23                   | 4,42                                | 4,42                                |       |
| pH em CaCl <sub>2</sub>                 | 4,45                         | 4,42                   | 4,91                    | 3,97                       | 4,72                 | 4,10                   | 4,17                   | 4,59                                | 4,36                                |       |
| Matéria Orgânica<br>(g/kg)              | 0,67                         | 0,01                   | 0,38                    | 0,03                       | 0,15                 | 0,36                   | 0,00                   | 0,75                                | 0,06                                |       |
| Na <sup>+</sup> trocável<br>(cmol./kg)  | 2,80                         | 1,40                   | 1,00                    | 0,01                       | 0,01                 | 0,60                   | 0,60                   | 1,80                                | 1,60                                |       |
| K <sup>+</sup> trocável<br>(cmol./kg)   | 7,00                         | 0,50                   | 1,10                    | 0,21                       | 0,01                 | 0,70                   | 0,60                   | 1,60                                | 6,60                                |       |
| Ca <sup>++</sup> trocável<br>(cmol./kg) | 0,15                         | 0,15                   | 2,62                    | 0,24                       | 0,21                 | 0,10                   | 0,20                   | 0,36                                | 0,31                                |       |
| Mg <sup>++</sup> trocável<br>(cmol./kg) | 0,31                         | 0,26                   | 0,91                    | 0,07                       | 0,41                 | 0,31                   | 0,62                   | 0,47                                | 0,87                                |       |
| IQSA                                    | 1,75                         | 1,92                   | 1,91                    | 1,64                       | 1,64                 | 1,55                   | 1,27                   | 1,27                                | 1,27                                |       |
| IQSA (grupo)                            |                              | Grupo 1                |                         |                            | Grupo 2              |                        |                        | Grupo 3                             |                                     |       |

Quadro 4.4a: Caracterização física e química dos Saibros selecionados, por grupo, para os ensaios das argamassas.

\* RC - Resistência à Compressão      \*\* RT - Resistência à Tração por compressão diametral

| Município<br>Geologia<br>Pedologia                                   | Cabo S. Agost.<br>Qal - PV3 | Recife - TQb -<br>PA10 | Ipojuca - Ka -<br>PA' 2 | Itapissuma -<br>TQb - PA10 | Moreno - Px -<br>PV7 | Recife - TQb -<br>PA10 | Recife - TQb -<br>PA10 | Cabo S.<br>Agostinho -<br>Qal - PV3 | Cabo S.<br>Agostinho -<br>Qal - PV3 |
|--|-----------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Nº da Jazida   | J9A4                        | J13A3                  | J8A1                    | J19A3                      | J24A1                | J11A1                  | J12A1                  | J9A3                                | J10A1                               |
| Valor de S (soma<br>de cátions)<br>(cmol <sub>c</sub> /kg)           | 10,26                       | 2,31                   | 5,63                    | 0,53                       | 0,64                 | 1,71                   | 2,02                   | 4,23                                | 9,38                                |
| Hidrogênio<br>extraível (H <sup>+</sup> )<br>(cmol <sub>c</sub> /kg) | 1,85                        | 0,81                   | 4,06                    | 0,04                       | 0,10                 | 3,29                   | 3,08                   | 3,18                                | 3,96                                |
| Alumínio trocável<br>(Al <sup>+++</sup> ) (cmol <sub>c</sub> /kg)    | 1,54                        | 0,20                   | 0,75                    | 0,82                       | 2,05                 | 1,33                   | 2,25                   | 1,77                                | 1,03                                |
| Valor de T (Cap.<br>Troca Cátions)<br>(cmol <sub>c</sub> /kg)        | 13,65                       | 3,32                   | 10,44                   | 1,39                       | 2,79                 | 6,33                   | 7,35                   | 9,18                                | 14,37                               |
| Valor de V (% Sat.<br>de Base) (%)                                   | 75,16                       | 69,58                  | 53,93                   | 38,13                      | 22,94                | 27,01                  | 27,48                  | 46,08                               | 65,27                               |
| % Saturação de<br>Alumínio (%)                                       | 13,05                       | 7,97                   | 11,76                   | 60,74                      | 76,21                | 43,75                  | 52,69                  | 29,50                               | 9,89                                |
| % Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> no Ext.<br>Sulfúrico(g/kg)          | 4,7                         | 2,0                    | 4,9                     | 2,3                        | 5,2                  | 7,2                    | 14,2                   | 18,9                                | 14,8                                |
| % SiO <sub>2</sub> na terra<br>fina (g/kg)                           | 76,3                        | 87,0                   | 84,5                    | 68,4                       | 52,4                 | 59,0                   | 52,7                   | 48,9                                | 50,1                                |
| % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> no Ext.<br>Sulfúrico (g/kg)         | 11,65                       | 1,25                   | 4,11                    | 4,89                       | 16,19                | 10,57                  | 12,50                  | 17,55                               | 16,79                               |
| Cond. Elétrica no<br>ext. sat. (µS)                                  | 17,0                        | 19,5                   | 52,4                    | 43,5                       | 120,0                | 28,4                   | 34,0                   | 30,3                                | 39,9                                |
| % água no extrato<br>saturação (%)                                   | 57,8                        | 41,2                   | 43,6                    | 74,3                       | 64,0                 | 61,1                   | 71,7                   | 93,5                                | 67,7                                |
| Superfície<br>específica (m <sup>2</sup> /g)                         | 12,8                        | 12,8                   | 18,4                    | 16,5                       | 12,8                 | 22,0                   | 18,4                   | 20,2                                | 25,7                                |
| IQSA   | 1,75                        | 1,92                   | 1,91                    | 1,64                       | 1,64                 | 1,55                   | 1,27                   | 1,27                                | 1,27                                |
| IQSA (grupo)   | Grupo 1                     |                        |                         | Grupo 2                    |                      |                        | Grupo 3                |                                     |                                     |

Quadro 4.4b: Caracterização física e química dos Saibros selecionados, por grupo, para os ensaios das argamassas. Dados Químicos: Fonte (PAIVA, 2008)

A Tabela 4.8 apresenta a quantidade de água utilizada nos traços (1:3:5 e 1:1:7) da argamassa com o Saibro das nove jazidas selecionadas de acordo com o IQSA com a porcentagem de argila menor que 0,002 mm.

| IQSA                     | Grupo | Jazidas | Quantidade de água (ml) |       | Determinação Física |
|--------------------------|-------|---------|-------------------------|-------|---------------------|
|                          |       |         | Traço (volume)          |       | % argila < 0,002 mm |
|                          |       |         | 1:3:5                   | 1:1:7 |                     |
| IQSA ><br>1,66           | 1     | J9A4    | 700                     | 650   | 7                   |
|                          |       | J13A3   | 600                     | 600   | 5                   |
|                          |       | J8A1    | 600                     | 600   | 14                  |
| 1,33 <<br>IQSA ≤<br>1,66 | 2     | J19A3   | 600                     | 650   | 18                  |
|                          |       | J24A1   | 750                     | 650   | 8                   |
|                          |       | J11A1   | 1300                    | 700   | 53                  |
| IQSA <<br>1,33           | 3     | J12A1   | 1250                    | 750   | 67                  |
|                          |       | J9A3    | 1100                    | 600   | 33                  |
|                          |       | J10A1   | 1000                    | 650   | 32                  |

Tabela 4.4: Quantidade de água utilizada nas argamassas com o Saibro

Verifica-se na Tabela 4.8 que a quantidade de água adicionada no traço 1:3:5 nas jazidas (J11A1, J12A1, J9A3 e J10A1) foram maiores, isso é observado pela quantidade de finos que o material tem, conforme apresentado de acordo com os resultados da granulometria do material estudado (% argila < 0,002 mm). Para o traço 1:1:7 a quantidade de água adicionada são praticamente idênticas, pois isto é verificado pela quantidade de finos ser inferior ao traço 1:3:5, pois a quantidade de areia adicionado ao traço equilibra o que possivelmente aumenta a quantidade de pedregulho e areia.

A composição granulométrica da porcentagem de Silte, Argila e porcentagem de argila menor que 0,002 mm (Tabela 4.9) são apresentados a seguir.

| Propriedade                        | Determinação Física   | Jazidas |       |      |       |       |       |       |      |       |
|------------------------------------|-----------------------|---------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
|                                    |                       | J9A4    | J13A3 | J8A1 | J19A3 | J24A1 | J11A1 | J12A1 | J9A3 | J10A1 |
| Granulometria (%)<br>NBR 7181/1984 | Silte                 | 20      | 5     | 2    | 47    | 35    | 5     | 20    | 31   | 21    |
|                                    | Argila                | 8       | 8     | 16   | 28,5  | 12    | 57    | 72    | 42   | 54    |
|                                    | % de argila < 0,002mm | 7       | 5     | 14   | 18    | 8     | 53    | 67    | 33   | 32    |

Tabela 4.5: Composição granulométrica do Silte, Argila e % de argila menor que 0,002 mm das nove jazidas selecionadas.

Verifica-se que nas jazidas J9A3, J13A1 e J8A1 as porcentagens granulométricas do Silte, Argila e % de argila menor que 0,002 mm são relativamente baixos em comparação às demais jazidas.

Na caracterização física foi estudada o índice de vazios, massa específica da amostra no estado fresco, massa específica no estado seco após 28 dias de cura e massa específica da amostra após saturação, consistência da argamassa no estado fresco, absorção de água por imersão no estado endurecido, relação água/cimento, água/materiais secos, água/agregado (areia), e a relação água/Saibro.

Na caracterização mecânica foi verificado a velocidade de propagação da onda ultrassônica na argamassa no estado endurecido, módulo de elasticidade (lido no soft do equipamento UMC – Máquina Universal Mecânica de capacidade de 10 toneladas com controle de deformação longitudinal) resistência à compressão e resistência à tração por compressão diametral. A Figura 4.13 apresenta as caracterizações físicas e mecânicas.

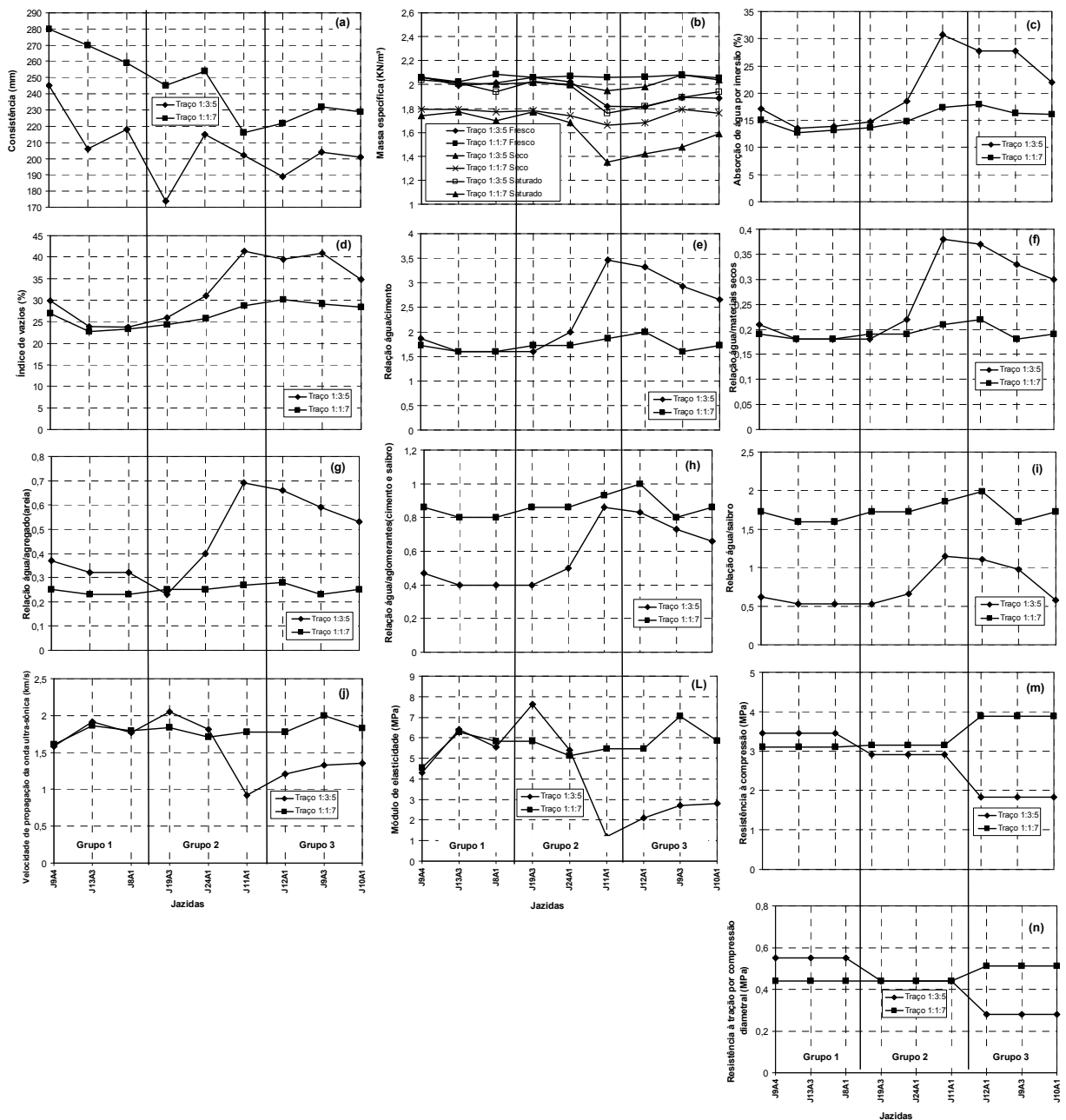


Figura 4.14: Caracterizações físicas e mecânicas

#### 4.7.1 Consistência

O Quadro 4.5 apresenta os resultados médios das caracterizações mecânicas e a Figura 4.14 apresenta a consistência em relação ao IQSA. O IQSA apresentado nos gráficos foram calculados de acordo com as jazidas selecionadas, QUADRO B1, B2, B3 e B4, do Apêndice B e apresentado os valores médios. Vale destacar que os valores numéricos do

IQSA apresentados nos quadros a seguir foram atribuídos para agrupar as amostras de Saibro, conforme citado no item 4.7. Os valores dispostos no eixo das ordenadas de cada gráfico foram os valores médios de cada jazida selecionada. A Figura 4.15 mostra a influência da consistência em relação a água/materiais secos.

| Propriedades                              | IQSA                  | Grupo | Jazidas | Resultados médios |      |       |      |
|---|-----------------------|-------|---------|-------------------|------|-------|------|
|   |                       |       |         | Traço             |      |       |      |
|   |                       |       |         | 1:3:5             |      | 1:1:7 |      |
|   |                       |       |         | *V.U.             | **M. | *V.U. | **M. |
| Consistência<br>(mm)<br>NBR<br>13276/2002 | IQSA > 1,66           | 1     | J9A4    | 245               | 223  | 280   | 270  |
|   |                       |       | J13A3   | 206               |      | 270   |      |
|   |                       |       | J8A1    | 218               |      | 259   |      |
|   | 1,33 < IQSA ≤<br>1,66 | 2     | J19A3   | 174               | 197  | 245   | 238  |
|   |                       |       | J24A1   | 215               |      | 254   |      |
|   |                       |       | J11A1   | 202               |      | 216   |      |
|   | IQSA < 1,33           | 3     | J12A1   | 189               | 198  | 222   | 228  |
|   |                       |       | J9A3    | 204               |      | 232   |      |
|   |                       |       | J10A1   | 201               |      | 229   |      |

Quadro 4.5: Resultados médios da consistência. \*V.U. – Valor Unitário \*\*M. – Média

No Quadro 4.5 observa-se que no Grupo 1 a consistência teve valor médio maior para o traço 1:3:5, ou seja, 11,70 % maior que nos demais Grupos para o mesmo traço e 11,90 % maior para o traço 1:1:7. No Grupo 2 e 3 praticamente a consistência foram idênticas para o traço 1:3:5 e no traço 1:1:7 a consistência no Grupo 2 foi de 4,20 % maior que no Grupo 3.

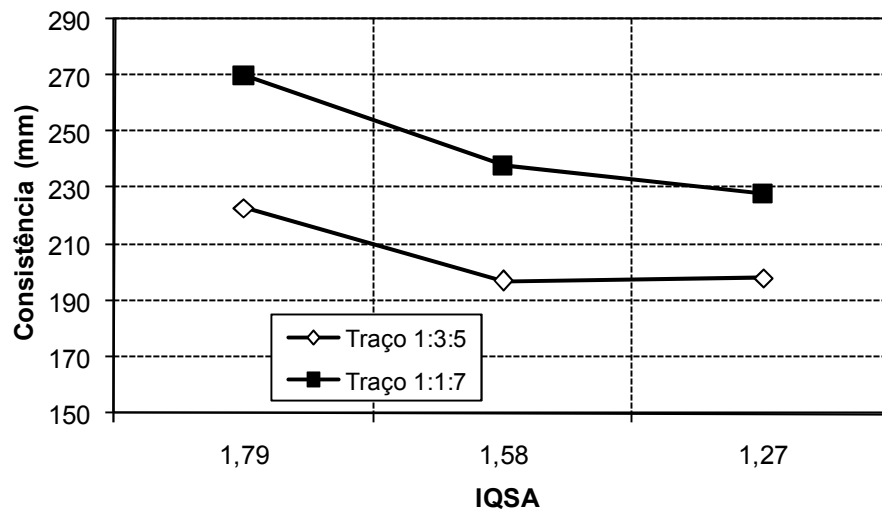


Figura 4.15: Gráfico do IQSA em relação à consistência da argamassa com Saibro

Na Figura 4.15 apresenta no traço 1:1:7 o valor médio de 1,79 a consistência é mais elevada enquanto que em 1,58 e 1,27 a consistência apresenta valores mais baixos, isso



implica que nesses dois valores a argamassa necessita de mais água para se chegar a uma trabalhabilidade, ou seja, um manuseio melhor para a aplicação. Isso possivelmente afetará em valores de resistências mais baixas. Para o traço 1:3:5 observa-se a mesma identidade, diferenciando apenas que em 1,58 e 1,27 permaneceu constante a consistência, o que não implica dizer que em ambos os valores da consistência existe a necessidade de mais água para se chegar a trabalhabilidade. Na Figura 4.16 é mostrado a relação água/materiais secos em relação a consistência através dos grupos.

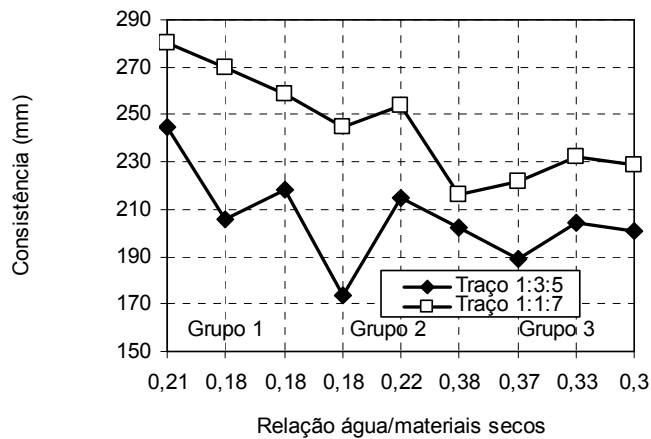


Figura 4.16: Consistência em função da relação água/materiais secos

Na Figura 4.16 observa-se que no Grupo 1 em média a consistência é mais elevada, no Grupo 2 a consistência em média é baixa e no Grupo 3 a consistência também apresenta valores baixos em comparação ao Grupo 1, no Grupo 2 e 3 os valores das consistência em media serem mais baixos estão relacionados ao diâmetro das partículas que compõem os agregados, isto é, a quantidade de finos que o material possui requer uma quantidade de água maior para se chegar a uma considerada trabalhabilidade. Isso é um fato observado pela trabalhabilidade da argamassa e possivelmente por resultados melhores nas resistências à compressão, Figura 4.13 (m), e compressão à tração diametral, Figura 4.13 (n), o que provavelmente no Grupo 1 e 2 requer mais água na composição do traço estabelecido, 1:3:5 e 1:1:7, influenciando boa resultado da compressão.

#### 4.7.2 Massa específica no estado fresco, seco e no estado endurecido após 28 dias de cura em tanque

No Quadro 4.6 apresenta os valores médios da Massa específica no estado fresco, seco e no estado endurecido após 28 dias de cura em tanque. Também é apresentado as Figuras 4.17 e 4.18.

| Propriedades   | IQSA               | Grupo | Jazidas | Resultados médios |      |       |      |
|--|--------------------|-------|---------|-------------------|------|-------|------|
|  |                    |       |         | Traço             |      |       |      |
|  |                    |       |         | 1:3:5             |      | 1:1:7 |      |
|  |                    |       |         | *V.U.             | **M. | *V.U. | **M. |
| Massa específica no estado fresco (KN/m <sup>3</sup> ) NBR 13278                   | IQSA > 1,66        | 1     | J9A4    | 20,65             | 20,3 | 20,62 | 20,6 |
|  |                    |       | J13A3   | 19,93             |      | 20,23 |      |
|  |                    |       | J8A1    | 20,10             |      | 20,86 |      |
|  | 1,33 < IQSA ≤ 1,66 | 2     | J19A3   | 20,62             | 19,7 | 20,58 | 20,6 |
|  |                    |       | J24A1   | 20,25             |      | 20,68 |      |
|  |                    |       | J11A1   | 18,18             |      | 20,61 |      |
|  | IQSA < 1,33        | 3     | J12A1   | 18,14             | 18,7 | 20,63 | 20,6 |
|  |                    |       | J9A3    | 18,9              |      | 20,81 |      |
|  |                    |       | J10A1   | 18,87             |      | 20,55 |      |
| Massa específica no estado seco após 28 dias de cura (KN/m <sup>3</sup> ) NBR 9778 | IQSA > 1,66        | 1     | J9A4    | 17,09             | 17,4 | 17,54 | 17,8 |
|  |                    |       | J13A3   | 17,53             |      | 18,01 |      |
|  |                    |       | J8A1    | 17,65             |      | 17,99 |      |
|  | 1,33 < IQSA ≤ 1,66 | 2     | J19A3   | 18,08             | 16,0 | 17,16 | 17,3 |
|  |                    |       | J24A1   | 16,46             |      | 16,42 |      |
|  |                    |       | J11A1   | 13,66             |      | 17,03 |      |
|  | IQSA < 1,33        | 3     | J12A1   | 14,13             | 15,0 | 17,16 | 17,4 |
|  |                    |       | J9A3    | 14,25             |      | 17,52 |      |
|  |                    |       | J10A1   | 17,15             |      | 17,38 |      |
| Massa específica da amostra após saturação (KN/m <sup>3</sup> ) NBR 9778           | IQSA > 1,66        | 1     | J9A4    | 20,4              | 20,0 | 20,6  | 20,2 |
|  |                    |       | J13A3   | 20,1              |      | 20,1  |      |
|  |                    |       | J8A1    | 19,4              |      | 20,0  |      |
|  | 1,33 < IQSA ≤ 1,66 | 2     | J19A3   | 20,3              | 19,3 | 20,2  | 19,9 |
|  |                    |       | J24A1   | 19,9              |      | 20,0  |      |
|  |                    |       | J11A1   | 17,6              |      | 19,5  |      |
|  | IQSA < 1,33        | 3     | J12A1   | 18,2              | 18,8 | 19,8  | 20,3 |
|  |                    |       | J9A3    | 18,9              |      | 20,8  |      |
|  |                    |       | J10A1   | 19,4              |      | 20,4  |      |

Quadro 4.6: Resultados médios da massa específicas no estado fresco, seco após 28 dias de cura e saturada. \*V.U. – Valor Unitário \*\*M. – Média

A massa específica no estado fresco, seco e endurecido no Grupo 1 as argamassas nos traços 1:3:5 e 1:1:7 apresentam boa proporcionalidade no valor médio o que implica em um material que provavelmente ocasionará pouca retração na secagem. As massas específicas

para os Grupos 2 e 3 apresentam boa desproporcionalidade o que provavelmente ocasionará muita retração na secagem.

Observa-se que a massa específica no estado fresco, massa específica da amostra seca e massa específica da amostra após saturação para ambos os IQSA apresentam valores menores nos traços 1:3:5 do que nos traços 1:1:7, fato tal que justifica-se pela maior superfície específica que os materiais têm no traço 1:1:7.

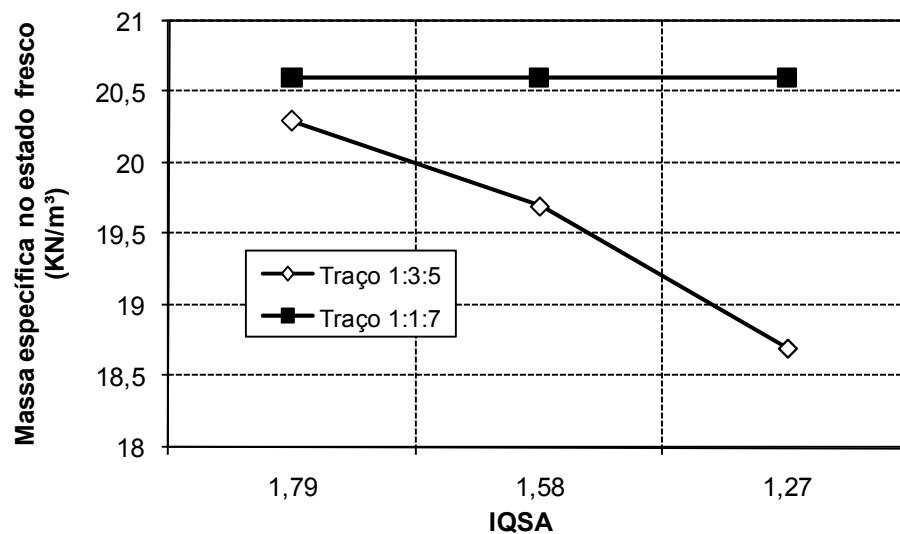


Figura 4.17: Relação do IQSA com a massa específica no estado fresco

A Figura 4.17 mostra que a massa específica no estado fresco para o traço 1:3:5 variou nos três valores do IQSA. No traço 1:1:7 a massa específica para os três valores do IQSA foi constante. A massa específica no estado fresco “é um parâmetro que fornece indiretamente informações qualitativas acerca da compacidade da mistura” (MATTOS et al, 2002).

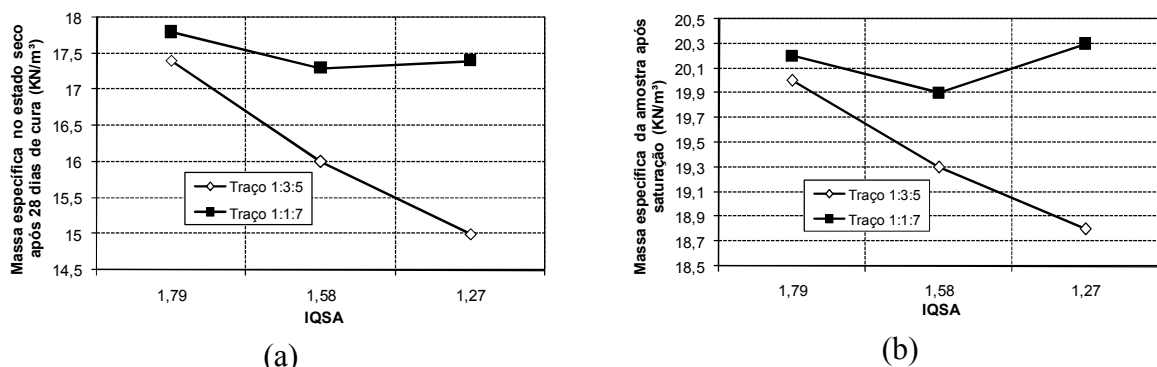


Figura 4.18: Relação do IQSA com a massa específica no estado seco (a) e massa específica da amostra após saturação (b).

Na Figura 4.18 observa-se que para ambos os traços as curvas são praticamente idênticas, não variando muito para os traços comparados com o IQSA. A massa específica no estado seco após 28 dias de cura em tanque e a massa específica da amostra após saturação não variaram muito.

#### 4.7.3 Absorção de água por imersão e índice de vazios

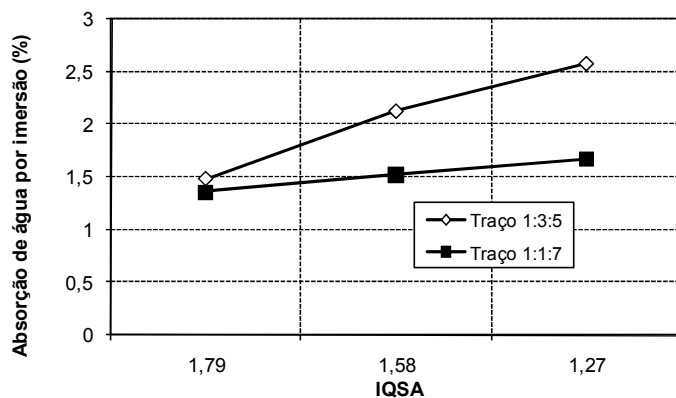
A absorção de água por imersão no Grupo 1 no traço 1:3:5 é de 43,16 % menor para o Grupo 2 e 73,61 % menor para o Grupo 3. No traço 1:1:7 o Grupo 1 é de 11,80 % menor para o Grupo 2 e 22,79 % menor para o Grupo 3. O Quadro 4.7 apresenta os resultados médios da absorção de água por imersão e o índice de vazios. A Figura 4.19 mostra o IQSA em relação a absorção de água por imersão e o índice de vazios.

As argamassa boas nos traços 1:3:5 e 1:1:7 a absorção de água por imersão e o índice de vazios apresentaram valores menores que os traços das argamassas regulares e fracas. Fato este que têm influência nas argamassas para assentamento e revestimento, logo implica em menor absorção de água da argamassa no estado endurecido e uma menor porcentagem de vazio o que provavelmente contribui para uma boa trabalhabilidade no assentamento e revestimento da argamassa e provavelmente boa aderência e pouca retração, pouca umidade e ainda uma segurança para assentamento de cerâmicas com o uso do Saibro em estudo.

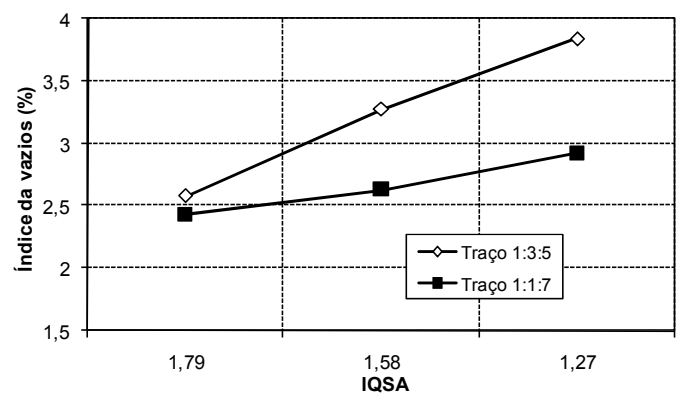
| Propriedades  | IQSA               | Grupo | Jazidas | Resultados médios |       |       |       |
|---|--------------------|-------|---------|-------------------|-------|-------|-------|
|   |                    |       |         | Traço             |       |       |       |
|   |                    |       |         | 1:3:5             |       | 1:1:7 |       |
|   |                    |       |         | *V.U.             | **M.  | *V.U. | **M.  |
| Absorção de água por imersão (%)<br>NBR 9778 - MAR/1987 | IQSA > 1,66        | 1     | J9A4    | 1,714             | 1,485 | 1,505 | 1,365 |
|   |                    |       | J13A3   | 1,352             |       | 1,273 |       |
|   |                    |       | J8A1    | 1,389             |       | 1,317 |       |
|   | 1,33 < IQSA ≤ 1,66 | 2     | J19A3   | 1,464             | 2,126 | 1,368 | 1,526 |
|   |                    |       | J24A1   | 1,843             |       | 1,479 |       |
|   |                    |       | J11A1   | 3,071             |       | 1,731 |       |
|   | IQSA < 1,33        | 3     | J12A1   | 2,769             | 2,578 | 1,793 | 1,676 |
|   |                    |       | J9A3    | 2,768             |       | 1,624 |       |
|   |                    |       | J10A1   | 2,197             |       | 1,610 |       |
| Índice de vazios (%)<br>NBR 9778 - MAR/1987             | IQSA > 1,66        | 1     | J9A4    | 2,988             | 2,581 | 2,695 | 2,433 |
|   |                    |       | J13A3   | 2,388             |       | 2,273 |       |
|   |                    |       | J8A1    | 2,367             |       | 2,330 |       |
|   | 1,33 < IQSA ≤ 1,66 | 2     | J19A3   | 2,591             | 3,276 | 2,432 | 2,629 |
|   |                    |       | J24A1   | 3,098             |       | 2,581 |       |
|   |                    |       | J11A1   | 4,138             |       | 2,875 |       |
|   | IQSA < 1,33        | 3     | J12A1   | 3,942             | 3,841 | 3,01  | 2,918 |
|   |                    |       | J9A3    | 4,095             |       | 2,907 |       |
|   |                    |       | J10A1   | 3,487             |       | 2,836 |       |

Quadro 4.7: Resultados médios da absorção de água por imersão e o índice de vazios.

\*V.U. – Valor Unitário \*\*M. – Média



(a)



(b)

Figura 4.19: IQSA em relação a absorção de água por imersão (a) e índice de vazios (b)

O IQSA em relação a absorção de água e o índice de vazios, Figura 4.19, apresentam valores satisfatório em relação ao IQSA, pois os grupos 1,2 e 3, vistos no Quadro 4.7, estão satisfatoriamente classificados, isto é, absorção de água por imersão elevados implica em índices de vazios elevados.

#### 4.7.4 Relação água/cimento, água/materiais secos, água/agregado (areia), e a relação água/Saibro

A relação água/cimento no Grupo 1 para o traço 1:3:5 é 39,05 % menor que no Grupo 2 e 75,74 % menor em comparação ao Grupo 3. No traço 1:1:7 é 7,93 % menor para o Grupo 2 e 3. Na relação água/materiais secos o Grupo 1 no traço 1:3:5 apresentou 36,84 % menor que no Grupo 2 e 73,68 % menor que o Grupo 3. No traço 1:1:7 foi 11,11 % menor que no Grupo 2 e 3. Na relação água/agregado(areia) o Grupo 1 no traço 1:3:5 mostrou 10 % menor que no Grupo 2 e 25 % menor que o Grupo 3. No traço 1:1:7 em 2% menor que o Grupo 2 e 1 % menor que o Grupo 3. O Quadro 4.8 mostra os valores do IQSA, Grupo, jazidas e os resultados médios por traço. As Figuras 4.20, 4.21 e 4.22 apresentam o IQSA em relação a água /cimento, água/materiais secos, água/agregado (areia) e água/saibro.

Como observado as porcentagens verifica-se que as relações de ambos os parâmetros pode-se dizer que os agregados influem nas proporções em relação aos finos que o material possui.

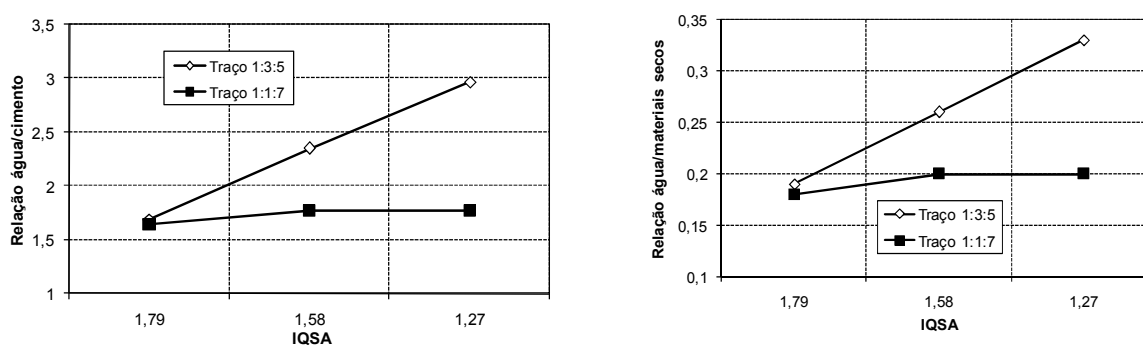


Figura 4.20: IQSA em relação a água/cimento (a) e água/materiais secos (b)

Verifica-se na Figura 4.20 que o IQSA em relação a água/cimento e água/materiais secos para ambos os traços verifica-se uma relação direta para ambos os traços. Tal comportamento pode ter sido induzido pela composição granulométrica dos agregados.

| Propriedades         | IQSA               | Grupo | Jazidas | Resultados médios |      |       |      |
|----------------------|--------------------|-------|---------|-------------------|------|-------|------|
|                      |                    |       |         | Traço             |      |       |      |
|                      |                    |       |         | 1:3:5             |      | 1:1:7 |      |
|                      |                    |       |         | *V.U.             | **M. | *V.U. | **M. |
| Relação água/cimento | IQSA > 1,66        | 1     | J9A4    | 1,86              | 1,69 | 1,73  | 1,64 |
|                      |                    |       | J13A3   | 1,60              |      | 1,60  |      |
|                      |                    |       | J8A1    | 1,60              |      | 1,60  |      |
|                      | 1,33 < IQSA ≤ 1,66 | 2     | J19A3   | 1,60              | 2,35 | 1,73  | 1,77 |
|                      |                    |       | J24A1   | 1,99              |      | 1,73  |      |
|                      |                    |       | J11A1   | 3,46              |      | 1,86  |      |
|                      | IQSA < 1,33        | 3     | J12A1   | 3,32              | 2,97 | 1,99  | 1,77 |
|                      |                    |       | J9A3    | 2,93              |      | 1,60  |      |
|                      |                    |       | J10A1   | 2,66              |      | 1,73  |      |
| Água/materiais secos | IQSA > 1,66        | 1     | J9A4    | 0,21              | 0,19 | 0,19  | 0,18 |
|                      |                    |       | J13A3   | 0,18              |      | 0,18  |      |
|                      |                    |       | J8A1    | 0,18              |      | 0,18  |      |
|                      | 1,33 < IQSA ≤ 1,66 | 2     | J19A3   | 0,18              | 0,26 | 0,19  | 0,20 |
|                      |                    |       | J24A1   | 0,22              |      | 0,19  |      |
|                      |                    |       | J11A1   | 0,38              |      | 0,21  |      |
|                      | IQSA < 1,33        | 3     | J12A1   | 0,37              | 0,33 | 0,22  | 0,20 |
|                      |                    |       | J9A3    | 0,33              |      | 0,18  |      |
|                      |                    |       | J10A1   | 0,30              |      | 0,19  |      |
| Água/agregado(areia) | IQSA > 1,66        | 1     | J9A4    | 0,37              | 0,34 | 0,25  | 0,24 |
|                      |                    |       | J13A3   | 0,32              |      | 0,23  |      |
|                      |                    |       | J8A1    | 0,32              |      | 0,23  |      |
|                      | 1,33 < IQSA ≤ 1,66 | 2     | J19A3   | 0,23              | 0,44 | 0,25  | 0,26 |
|                      |                    |       | J24A1   | 0,40              |      | 0,25  |      |
|                      |                    |       | J11A1   | 0,69              |      | 0,27  |      |
|                      | IQSA < 1,33        | 3     | J12A1   | 0,66              | 0,59 | 0,28  | 0,25 |
|                      |                    |       | J9A3    | 0,59              |      | 0,23  |      |
|                      |                    |       | J10A1   | 0,53              |      | 0,25  |      |
| Água/Saibro          | IQSA > 1,66        | 1     | J9A4    | 0,62              | 0,56 | 1,73  | 1,64 |
|                      |                    |       | J13A3   | 0,53              |      | 1,60  |      |
|                      |                    |       | J8A1    | 0,53              |      | 1,60  |      |
|                      | 1,33 < IQSA ≤ 1,66 | 2     | J19A3   | 0,53              | 0,78 | 1,73  | 1,77 |
|                      |                    |       | J24A1   | 0,66              |      | 1,73  |      |
|                      |                    |       | J11A1   | 1,15              |      | 1,86  |      |
|                      | IQSA < 1,33        | 3     | J12A1   | 1,11              | 0,89 | 1,99  | 1,77 |
|                      |                    |       | J9A3    | 0,98              |      | 1,60  |      |
|                      |                    |       | J10A1   | 0,58              |      | 1,73  |      |

Quadro 4.8: Relação água/cimento, água/materiais secos, água/agregado (areia), e a relação água/Saibro. \*V.U. – Valor Unitário \*\*M. – Média

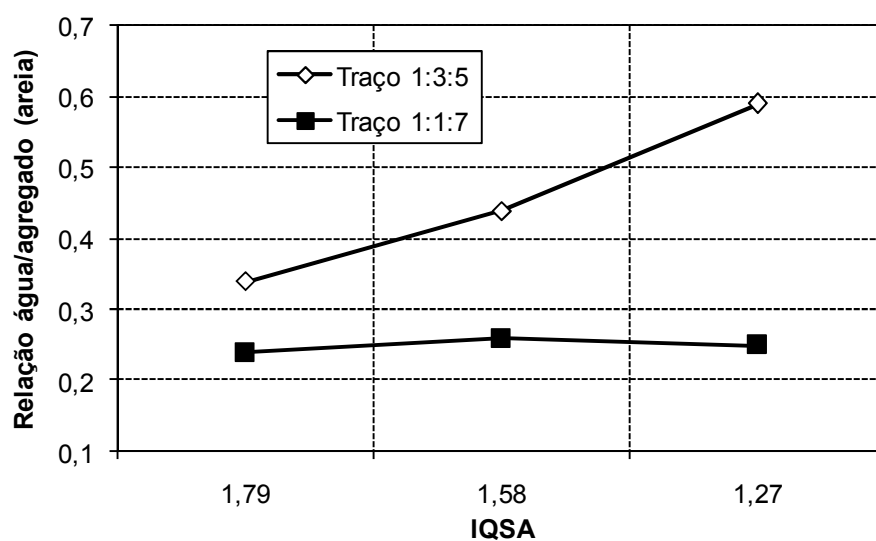


Figura 4.21: IQSA em relação a água/agregado (areia)

Na Figura 4.21 observa-se que a relação água agregado para o traço 1:3:5 tiveram valores mais elevados, consequentemente o teor de materiais finos foi bem maior no agregado utilizado na argamassa.

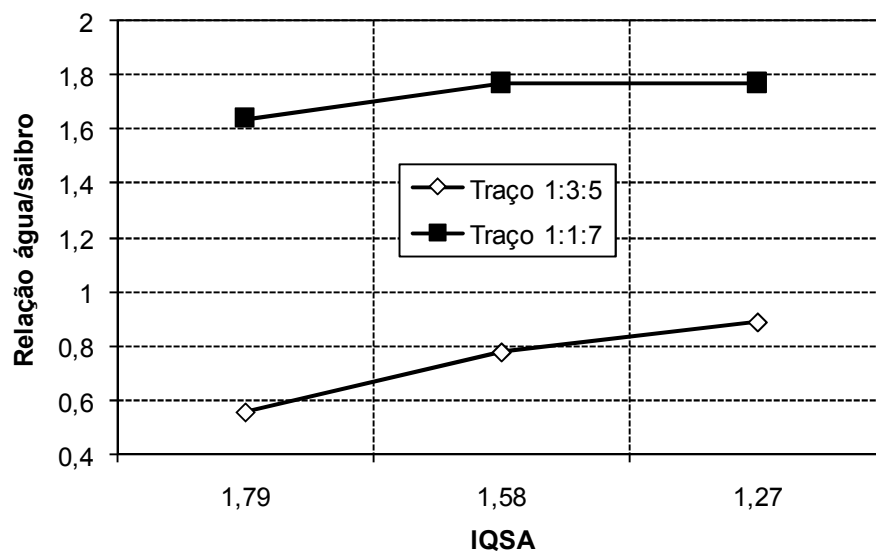


Figura 4.22: gráfico do IQSA com a relação água/saibro

Verifica-se na Figura 4.22 que a relação água/saibro para o traço 1:1:7 teve valores mais elevados o que implica dizer que o agregado utilizado no traço, o qual foi a areia, possui em sua composição teores de finos mais acrescidos.



Observa-se que nas relações água/cimento e água/materiais secos há uma correlação o que implica em uma boa proporcionalidade das relações da água e do aglomerante e no traço 1:3:5 a relação água/Saibro apresentam uma menor quantidade de água, fato este observado ao contrário para o traço 1:1:7.

Nas argamassas verifica-se que no traço 1:3:5 a proporção de água é bem maior que no traço 1:1:7, o que é verificado pela maior quantidade de finos contidos na argila, por conseguinte tendo como resultado médio nas resistências valores menores e os Saibros do Grupo 2 e 3 verifica-se que há uma maior quantidade de água nos traços 1:3:5 e 1:1:7 para que haja uma boa trabalhabilidade.

Na relação água agregado as jazidas do Grupo 1 no traço 1:3:5 e 1:1:7 mantêm uma correlação, porém nas jazidas do Grupo 2 e 3 observa-se uma desproporcionalidade na relação água/agregado.

#### 4.7.5 Velocidade de propagação da onda ultra-sônica na argamassa no estado endurecido

No Quadro 4.9 são apresentados os valores médios da velocidade de propagação da onda ultra-sônica. Foi observado que os corpos-de-prova analisados para o Grupo 1 no traço 1:3:5 a velocidade de propagação foi 9,15 % maior que no Grupo 2 e 25,72 % maior que no Grupo 3. No traço 1:1:7 para o Grupo 1 foi 1,72 % menor que no Grupo 2 e 6,84 % menor que no Grupo 3. A Figura 4.23 apresenta o IQSA em relação a velocidade de propagação da onda ultra-sônica.

| Propriedades  | IQSA               | Grupo | Jazidas | Resultados médios |      |       |      |
|---|--------------------|-------|---------|-------------------|------|-------|------|
|   |                    |       |         | Traço             |      |       |      |
|   |                    |       |         | 1:3:5             |      | 1:1:7 |      |
|   |                    |       |         | *V.U.             | **M. | *V.U. | **M. |
| Velocidade de propagação (km/s) NBR 8802 - FEV 1994 | IQSA > 1,66        | 1     | J9A4    | 1,58              | 1,75 | 1,61  | 1,75 |
|   |                    |       | J13A3   | 1,91              |      | 1,86  |      |
|   |                    |       | J8A1    | 1,77              |      | 1,79  |      |
|   | 1,33 < IQSA ≤ 1,66 | 2     | J19A3   | 2,05              | 1,59 | 1,84  | 1,78 |
|   |                    |       | J24A1   | 1,81              |      | 1,71  |      |
|   |                    |       | J11A1   | 0,92              |      | 1,78  |      |
|   | IQSA < 1,33        | 3     | J12A1   | 1,21              | 1,30 | 1,78  | 1,87 |
|   |                    |       | J9A3    | 1,33              |      | 2     |      |
|   |                    |       | J10A1   | 1,35              |      | 1,83  |      |

Quadro 4.9: velocidade da propagação ultra-sônica. \*V.U. – Valor Unitário \*\*M. – Média

Para os Saibros do Grupo 1, o tempo de propagação da onda ultra-sônica independe do traço, enquanto que para Saibros do Grupo 2 e 3 o tempo de propagação é maior para o traço 1:3:5, ou seja, a velocidade é menor, o que sugere ser o material menos denso. Neste caso, observou-se boa trabalhabilidade e facilidade na moldagem e nos golpes para o adensamento com uso de soquete o material não aderiu às paredes da “cabeça do soquete”.

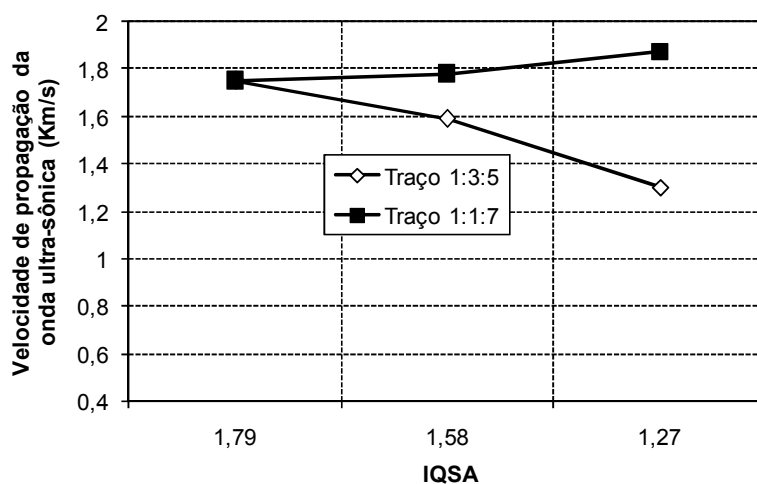


Figura 4.23: gráfico do IQSA em relação a velocidade de propagação da onda ultra-sônica

A velocidade de propagação da onda ultra-sônica para o traço 1:1:7, Figura 4.23, para o IQSA de 1,58 e 1,27 teve valores mais elevados o que vale destacar no traço possivelmente quantidade de vazios elevados.

#### 4.7.6 Módulo de elasticidade da argamassa

O módulo de elasticidade da argamassa com Saibro foi determinado de acordo com a norma ABNT NBR 8802/1994 e foram obtidos os seguintes resultados, conforme são apresentados no Quadro 4.10.

| Propriedades                                     | IQSA               | Grupo | Jazidas | Resultados médios |      |       |      |
|--|--------------------|-------|---------|-------------------|------|-------|------|
|  |                    |       |         | Traço             |      |       |      |
|  |                    |       |         | 1:3:5             |      | 1:1:7 |      |
|  |                    |       |         | *V.U.             | **M. | *V.U. | **M. |
| Módulo de elasticidade (MPa) NBR 8802 - FEV 1994 | IQSA > 1,66        | 1     | J9A4    | 4,3               | 5,42 | 4,56  | 5,55 |
|  |                    |       | J13A3   | 6,42              |      | 6,27  |      |
|  |                    |       | J8A1    | 5,54              |      | 5,82  |      |
|  | 1,33 < IQSA ≤ 1,66 | 2     | J19A3   | 7,63              | 4,74 | 5,83  | 5,47 |
|  |                    |       | J24A1   | 5,4               |      | 5,13  |      |
|  |                    |       | J11A1   | 1,19              |      | 5,46  |      |
|  | IQSA < 1,33        | 3     | J12A1   | 2,09              | 2,54 | 5,45  | 6,12 |
|  |                    |       | J9A3    | 2,72              |      | 7,05  |      |
|  |                    |       | J10A1   | 2,8               |      | 5,86  |      |

Quadro 4.10: Resultados médios do módulo de elasticidade da argamassa com Saibro. \*V.U. – Valor Unitário. \*\*M. – Média

Pelo quadro observa-se que o módulo de elasticidade correspondente ao Grupo 1 no traço 1:3:5 o valor médio é de 14,35 % maior que o Grupo 2 e 113,39 % maior que o Grupo 3. Para o traço 1:1:7 o Grupo 1 mostrou-se 9,31 % menor que o Grupo 3 e 1,46 % maior em relação ao Grupo 2. Isto é justificado pelo fato da porção de finos ser maior na proporção da argila e/ou na proporção da areia que fora acrescida nas argamassas. A Figura 4.24 mostra o IQSA em relação ao módulo de elasticidade da argamassa.

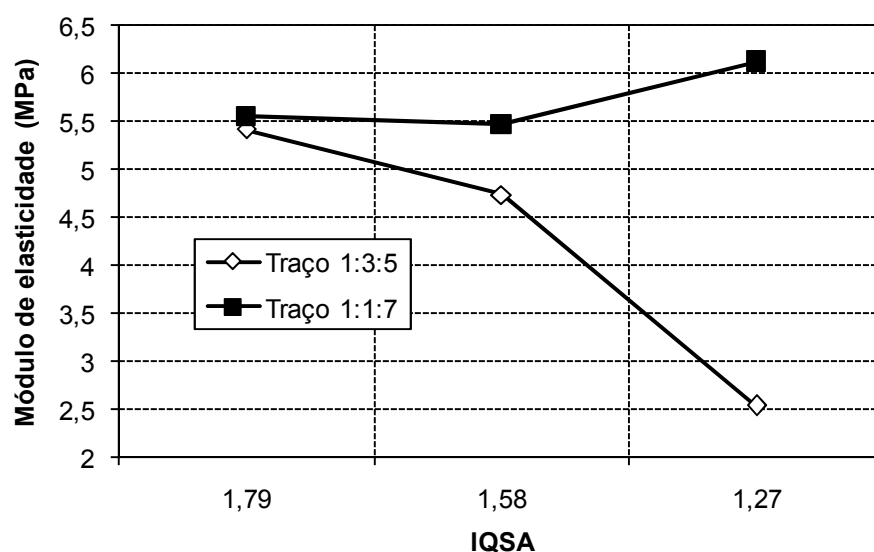


Figura 4.24: Gráfico do IQSA em relação ao módulo de elasticidade da argamassa

O módulo de elasticidade, Figura 4.24, no traço 1:1:7 teve valores mais elevados, tornando os corpos-de-prova de argamassa mais dúctil. Fato este em que na composição do traço a quantidade do material (Saibro) em sua composição foi menor, enquanto que no traço 1:3:5 a quantidade de Saibro foi mais acrescido e que na composição do Saibro o teor de argila ser mais acrescido implicando em fornecer uma maior elasticidade.

#### 4.7.7 Resistência à compressão e resistência à compressão por tração diametral

O ensaio para determinar a resistência à compressão e resistência à compressão por tração diametral foi realizado em corpos de prova, de nove jazidas selecionadas, 5 cm x 10 cm nas idades de 86 (J9A4), 118 (J13A3), 99 (J8A1), 111 (J19A3), 109 (J24A1), 94 (J11A1), 95 (J12A1), 103 (J9A3), e 89 (J10A1) dias, conforme a ABNT NBR 13279/1995. Os resultados médios para cada tipo de traço para argamassa com Saibro estão apresentados nas Figura 4.25.

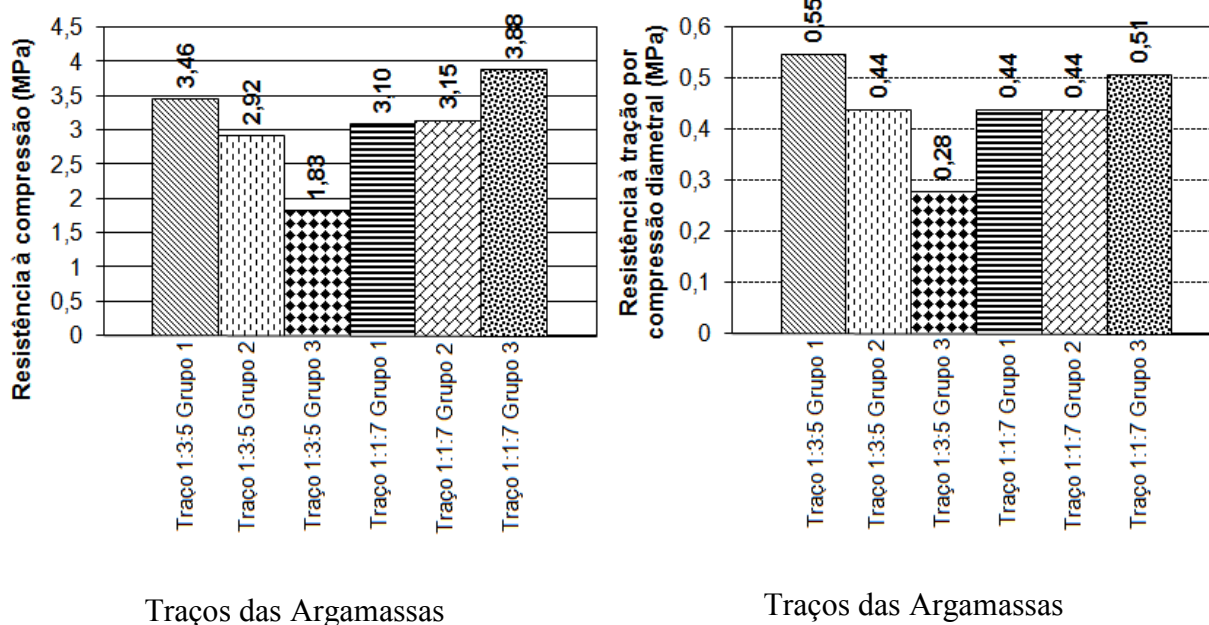


Figura 4.25: Resultados médios das resistências dos corpos-de-prova de argamassa

Analisando os resultados da Figura 4.25 verifica-se que nos traços 1:3:5 há uma diminuição gradual das resistências, enquanto que nos traços 1:1:7 praticamente as resistências tendem a aumentar, fato este justificado pela parcela de argila ser menor e portanto a contribuição da areia ser maior.

Os resultados da resistência à compressão e compressão por tração diametral são mostrados no Quadro 4.11.

| Propriedades                                  | IQSA               | Grupo | Jazidas | Resultados médios |      |       |      |
|---|--------------------|-------|---------|-------------------|------|-------|------|
|   |                    |       |         | Traço             |      |       |      |
|   |                    |       |         | 1:3:5             |      | 1:1:7 |      |
|   |                    |       |         | *V.U.             | **M. | *V.U. | **M. |
| Resistência à compressão                      | IQSA > 1,66        | 1     | J9A4    | 3,71              | 3,46 | 2,79  | 3,10 |
|   |                    |       | J13A3   | 3,1               |      | 3,69  |      |
|   |                    |       | J8A1    | 3,57              |      | 2,81  |      |
|   | 1,33 < IQSA ≤ 1,66 | 2     | J19A3   | 3,66              | 2,92 | 3,39  | 3,15 |
|   |                    |       | J24A1   | 4,13              |      | 3,42  |      |
|   |                    |       | J11A1   | 0,97              |      | 2,64  |      |
|   | IQSA < 1,33        | 3     | J12A1   | 1,46              | 1,83 | 3,33  | 3,88 |
|   |                    |       | J9A3    | 1,92              |      | 4,58  |      |
|   |                    |       | J10A1   | 2,1               |      | 3,72  |      |
| Resistência à tração por compressão diametral | IQSA > 1,66        | 1     | J9A4    | 0,51              | 0,55 | 0,35  | 0,44 |
|   |                    |       | J13A3   | 0,65              |      | 0,5   |      |
|   |                    |       | J8A1    | 0,49              |      | 0,46  |      |
|   | 1,33 < IQSA ≤ 1,66 | 2     | J19A3   | 0,71              | 0,44 | 0,53  | 0,44 |
|   |                    |       | J24A1   | 0,49              |      | 0,46  |      |
|   |                    |       | J11A1   | 0,121             |      | 0,34  |      |
|   | IQSA < 1,33        | 3     | J12A1   | 0,21              | 0,28 | 0,46  | 0,51 |
|   |                    |       | J9A3    | 0,35              |      | 0,63  |      |
|   |                    |       | J10A1   | 0,27              |      | 0,43  |      |

Quadro 4.11: resultados médios das resistências à compressão e compressão por tração diametral  
\*V.U. – Valor Unitário. \*\*M. – Média.

Os valores médios no Grupo 1 para o traço 1:3:5 foi verificado na resistência à compressão 15,7 % maior que no Grupo 2 e 47,11 % maior em comparação ao Grupo 3. no traço 1:1:7 verificou-se 1,62 % menor que o Grupo 2 e 25,16 % menor que no Grupo 3.

Os valores médios na resistência à tração por compressão diametral verificou que 20 % da resistência no Grupo 1 para o traço 1:3:5 foi maior que no Grupo 2 e 49 % maior em relação ao Grupo 3. No traço 1:1:7 verificou que praticamente a resistência foram idênticas para o Grupo 1 e 2, porém em comparação ao Grupo 3 a resistência no Grupo 1 foi 15,9 % menor. A Figura 4.26 e a Figura 4.27 apresenta o IQSA em relação à resistência à compressão e a resistências à tração por compressão diametral.

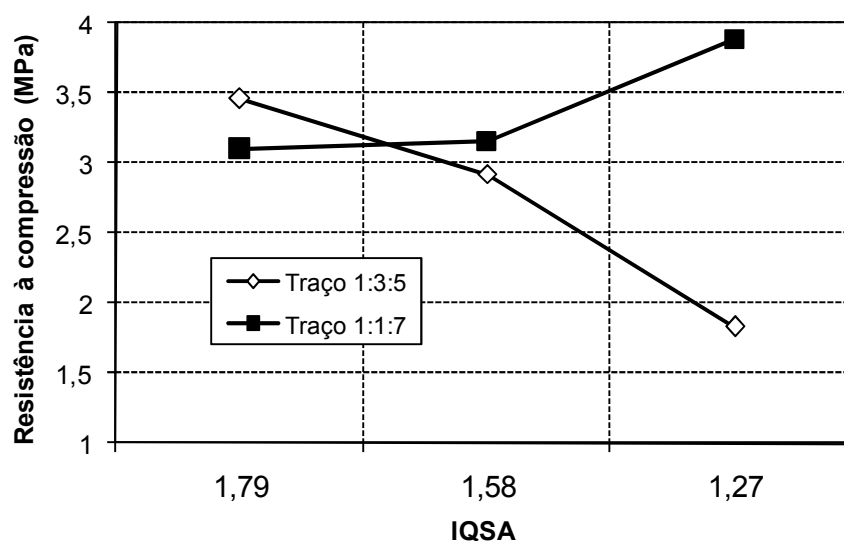


Figura 4.26: gráfico do IQSA em relação a resistência à compressão

A Figura 4.26 mostra que o IQSA de 1,79 para o traço 1:3:5 a resistência à compressão é maior e que para o traço 1:1:7 no valor do IQSA de 1,27 é bem mais elevado, haja vista, que a parcela argilosa foi menor (menor grau de contração), o que implica no material arenoso governar.

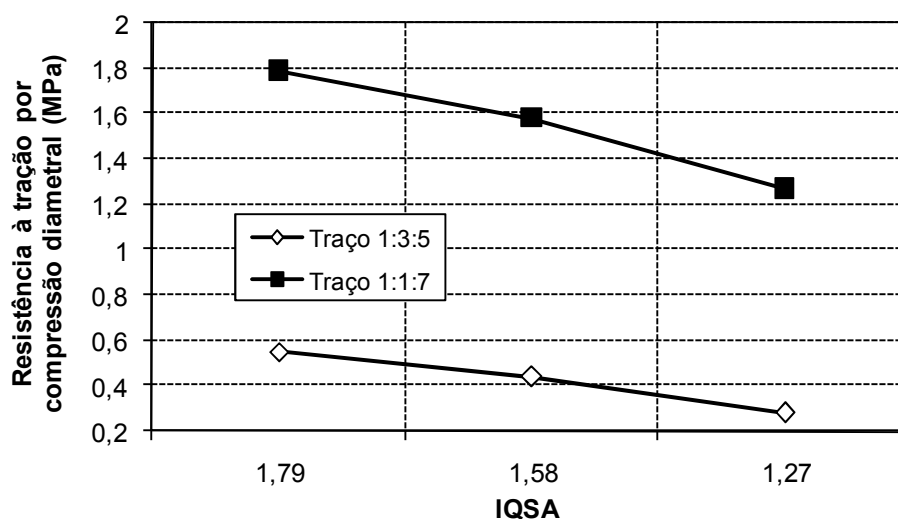


Figura 4.27: gráfico do IQSA em relação a resistência à tração por compressão diametral

Na Figura 4.27 mostra que os valores do IQSA de 1,79, 1,58 e 1,27 para o traço 1:3:5 e 1:1:7 a resistência à tração por compressão diametral têm valores proporcionais, haja vista, que a parcela argilosa contribui. Na aderência o material tem melhor comportamento para o IQSA de 1,79, ou seja, melhor característica para aderir ao substrato, desde que a superfície do substrato esteja em condições ideais para receber a argamassa.

#### **4.8 Caracterização Física, Mecânica e Química dos Saibros relacionados com as propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido**

Utilizou-se os resultados das características físicas e mecânicas das amostras de Saibros vistos anteriormente, com os resultados da caracterização química dos ensaios realizados por (PAIVA, 2008), para a análise das propriedades das argamassas de cimento, Saibro e areias no estado fresco e endurecido.

Os resultados da compressão e da compressão por tração diametral dos corpos-de-prova de argamassa nos traços 1:3:5 e 1:1:7 são apresentados através das correlações, extraídos do programa Minitab e o Excel, com os parâmetros físicos e mecânicos, Figura 4.28.

Verificou-se que a resistência à compressão e a resistência à tração por compressão diametral no traço 1:3:5 tem correlação positiva com o pedregulho, areia, consistência, massa específica no estado fresco, massa específica seca, massa específica após saturação, velocidade de propagação da onda ultra-sônica e módulo de elasticidade, esses parâmetros demonstram que com o equilíbrio desses parâmetros a resistência à compressão aumenta. A resistência à compressão teve correlação positiva para a resistência à tração por compressão diametral e a resistência à compressão diametral teve correlação positiva com a resistência à compressão.

Na resistência à compressão e resistência à tração por compressão diametral a correlação teve influência negativa no silte, argila, % de argila < 0,002 mm, limite de liquidez, índice de plasticidade, grau de contração, índice de atividade, índice de Grupo, absorção por imersão, índice de vazios, relação a/c, água/agregado e água/Saibro. Esses parâmetros influem de maneira contrária com relação a resistência a tração por compressão diametral, pois aumentando esses parâmetros diminuem as resistências. Fato esse causado pelo aumento de poros, desagregação dos agregados e fissuras das argamassas com Saibro.



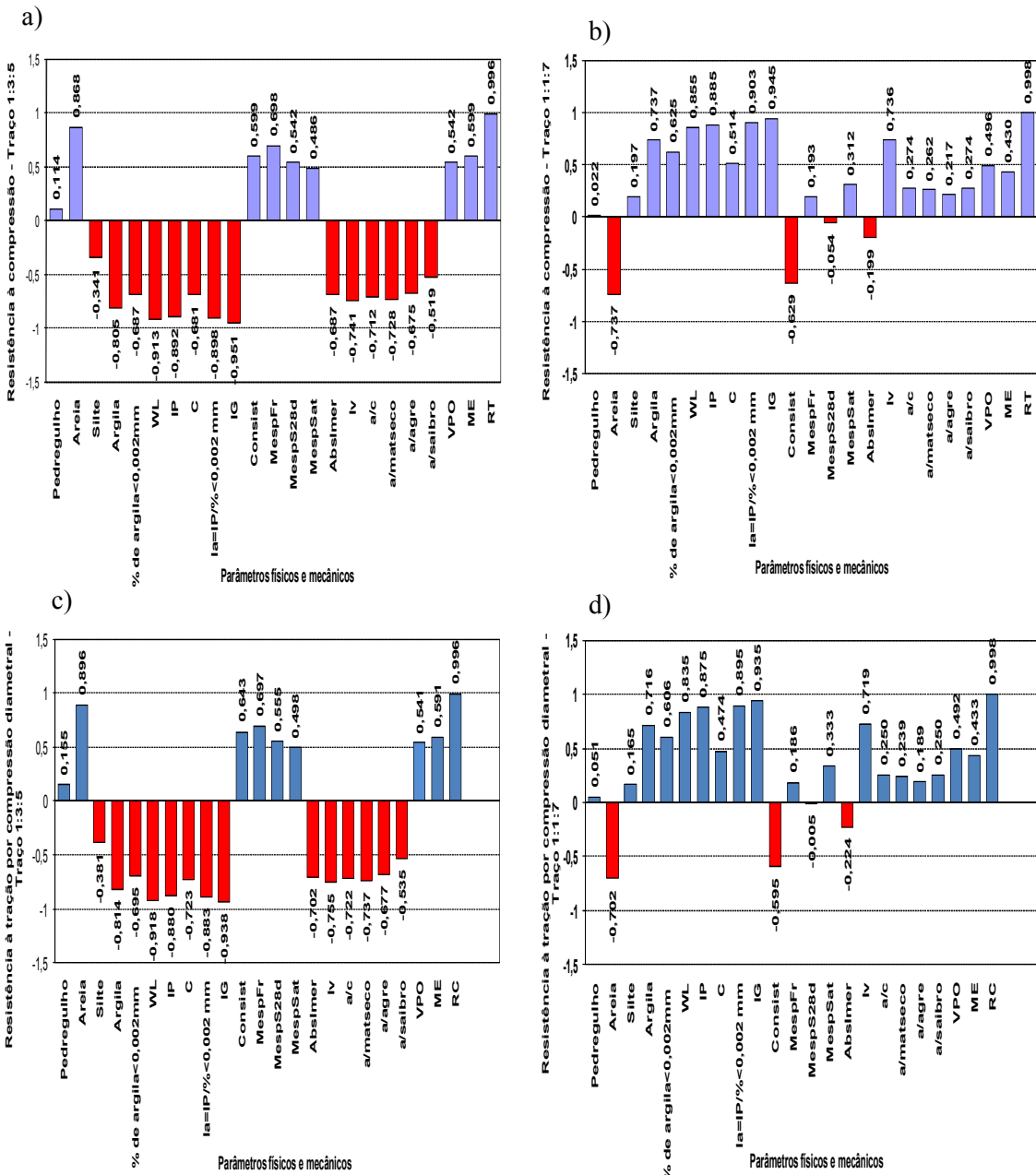


Figura 4.28: Correlações das resistências dos corpos-de-prova no traço 1:3:5 e 1:1:7 com os parâmetros físicos e mecânicos

Constatou-se que no traço 1:1:7 para as resistências à compressão e resistência à tração por compressão diametral a correlação foi positiva para o pedregulho, silte, argila, % de argila<0,002 mm, limite de liquidez, índice de plasticidade, grau de contração, índice de atividade, índice de Grupo, massa específica no estado fresco, massa específica seca, massa específica após saturação, índice de Grupo, absorção por imersão, índice de vazios, relação a/c, água/agregado, água/Saibro, velocidade de propagação da onda ultra-sônica e módulo de elasticidade, ou seja, os demais parâmetros têm influência nos resultados das resistências, o que implica dizer que afetar a qualquer um dos parâmetros afetará no desempenho das argamassas, não sendo satisfatório. A

resistência à compressão foi positiva com a resistência à compressão por tração diametral e a resistência à tração por compressão diametral foi positiva para a resistência à compressão.

A influência negativa para as correlações com a resistência à compressão e resistência à tração por compressão diametral foi para a areia, consistência, massa específica seca após 28 dias de cura e absorção por imersão.

Os resultados das correlações com os parâmetros químicos (PAIVA, 2008), físicos e mecânicos são mostrados nas Figuras 4.29 e 4.30.

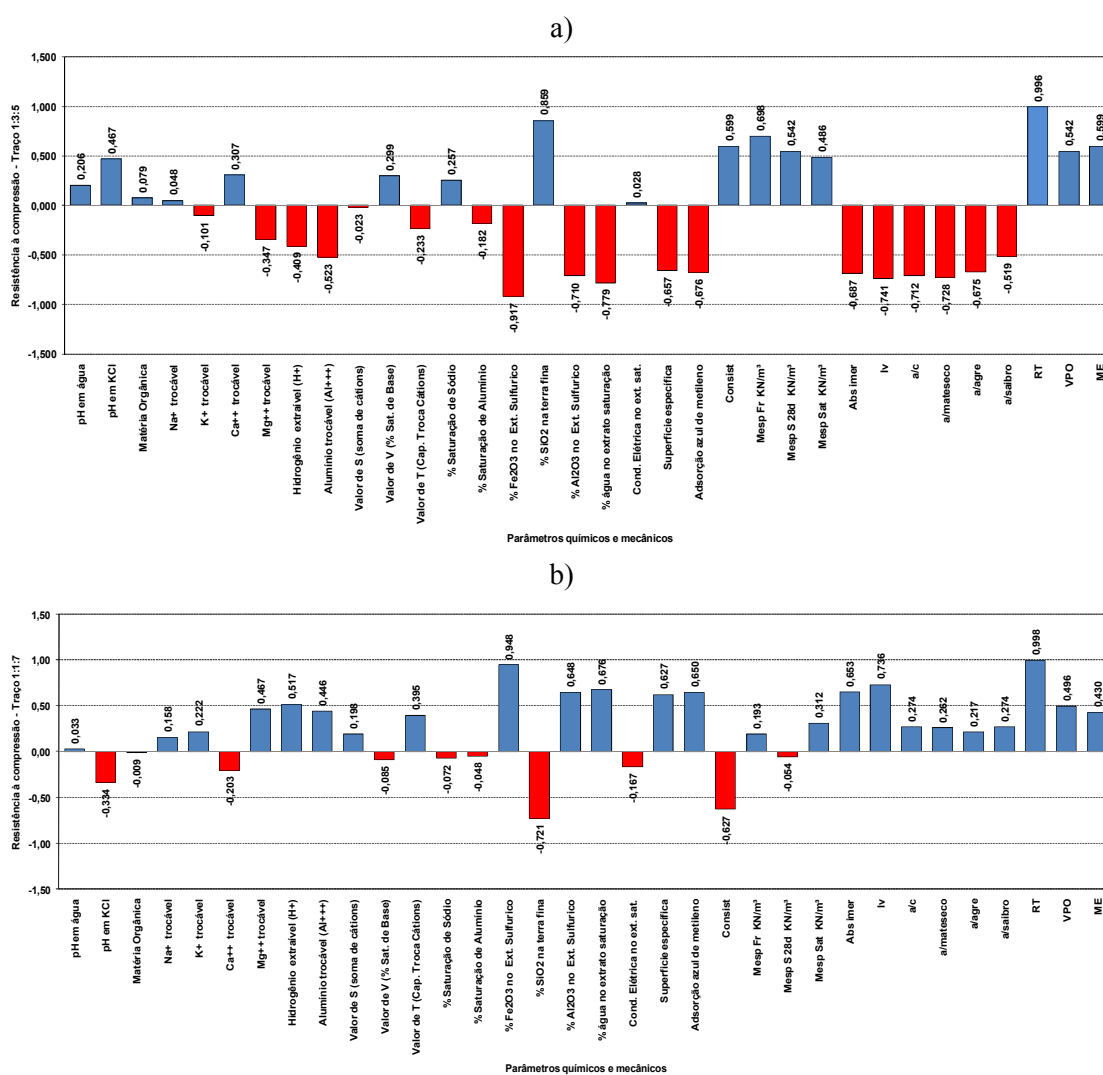


Figura 4.29: correlação da resistência à compressão para o traço 1:3:5 e 1:1:7 com os parâmetros químicos, físicos e mecânicos. Fonte: (PAIVA, 2008).

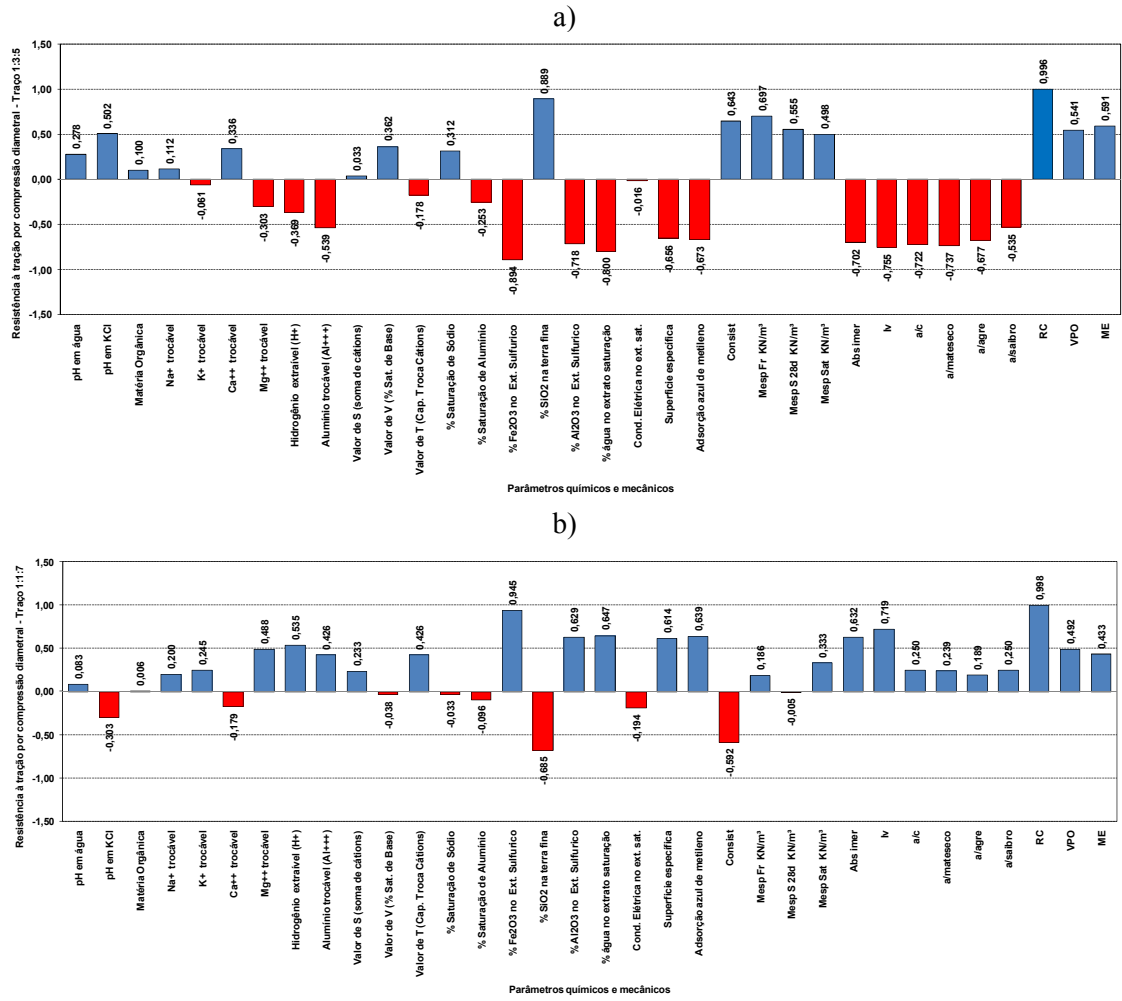


Figura 4.30: correlação da resistência à tração por compressão diametral para o traço 1:3:5 (a) e 1:1:7 (b) com os parâmetros químicos, físicos e mecânicos. Fonte: (PAIVA, 2008).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1 Conclusões

Após a análise dos resultados obtidos nos ensaios, pode-se concluir que:

- Por não haver controle de qualidade, são comercializados na RMR, como Saibro, produtos que não atendem às exigências mínimas para serem considerados como esse material.
- Há descompromisso com o meio ambiente em relação à extração do mineral Saibro.
- Há total descontrole na exploração das jazidas, interferindo na qualidade do material explorado e contribuindo para o processo de degradação dos solos nas áreas correspondentes às jazidas.
- Desconhecimento por parte dos profissionais acerca da própria definição do material Saibro, o mesmo acontecendo com as características às quais o material deve satisfazer para o uso da argamassa na construção civil.
- No Grupo 1, a parcela argilosa foi menor (menor grau de contração), haja vista o material arenoso governar.
- Portanto, pode-se concluir que, os valores das resistências mecânicas da argamassa cuja parcela de Saibro foi considerável (1:3:5), são maiores com relação ao Grupo 2, e, por sua vez com relação ao Grupo 3.
- Os resultados obtidos indicam que os Saibros que apresentaram valores de IQSA  $> 1,66$  (com variação de 1 a 2) foram os que apresentaram argamassas com melhores propriedades quando frescas e endurecidas.

- Nas jazidas do Grupo 3, o valor da resistência a compressão, no traço 1:3:5 foi menor do que no traço 1:1:7.
- No traço 1:1:7, os valores das resistências para as jazidas do Grupo 3 foram maiores. Isso possivelmente é verificado porque o traço compensa o elevado teor de argila no grupo.
- Nos ensaios de resistência à compressão e resistência à tração por compressão diametral, o índice físico absorção por imersão, nos corpos-de-prova de argamassa com Saibro, influenciou negativamente para ambos os traços.
- As análises dos resultados mostraram a grande importância da caracterização física e mecânica dos Saibros para uso em argamassa. Destacam-se:
  - % de areias a serem empregadas nas argamassas;
  - índice de grupo; consistência; argila; Silte; Limite de liquidez (WL); índice de vazios (Iv); Índice de plasticidade (IP); Grau de contração (C); Relação água/cimento (a/c); Relação água/saibro (a/saibro); Relação água/materiais secos (a/matsecos); Relação água/agregado (a/agreg).

## 5.2 Sugestões para futuros trabalhos

- Verificar a granulometria do Saibro que melhor atende às características das argamassas.
- Analisar as argamassas existentes preparadas com Saibro na RMR.
- Mapear as jazidas da RMR que possuem Saibro, com características satisfatórias, para uso em argamassas.

## REFERÊNCIAS

ALHEIROS, M.M. **Caracterização sedimentológica da Formação Cabo** - Pernambuco. Recife, 1987, 99 p. (Tese Mestrado em Geologia Sedimentar) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco.

ALHEIROS, M.M.; Ferreira, M. da G. V.X. Considerações sedimentológicas e estratigráficas sobre a formação Cabo, Pernambuco. **Revista Brasileira de Geociências**, v.19, n.1, p. 17-24, mar. 1989.

AMARAL, A. J. R. & MENOR, E. de A. **A seqüência vulcano sedimentarcretácica da região de Suape (PE):** interpretação faciológica e considerações metalogenéticas. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 90 Natal, Soc. Bras. Geo. 1979.

ARAÚJO JR., J.M. **Contribuição ao Estudo das propriedades Físico-Mecânicas das Argamassas de Revestimento**. 2004, 175 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, [2004].

ASSIS, Hortencia Maria Barbosa de. **Mapa geológico:** estudo dos beach rocks do litoral sul de Pernambuco com base em evidências petrográficas e isotópicas. Recife: UFPE, 1990. Escala 1:25.000.

ASSIS, Hortencia M. B. de. **Atividades impactantes sobre o meio ambiente da Região Metropolitana do Recife**. Coordenação e Organização de Hortencia M. B. de Assis; Pedro Augusto dos S.Pfaltzgraff. Recife: CPRM, 2001, 81 p. il. (Série Degradação Ambiental, 2).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Apreciação petrográfica de materiais naturais, para utilização, como agregado para concreto**. NBR 7398 : 92. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. **Comunidade da Construção:** Projeto estrutura de concreto racionalizada e revestimento em argamassa. Apresentação em Power point, 2002.

\_\_\_\_\_. **Agregados:** determinação do inchamento de agregado miúdo. NBR 6467: 1987. Rio de Janeiro, ABNT,1987.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_.: Determinação da composição granulométrica. NBR 7217: 1987. Rio de Janeiro, ABNT,1987.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. : Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis. NBR 7218: 1987. Rio de Janeiro, ABNT, 1987.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. : Determinação do teor de materiais pulverulentos. NBR 7219: 1987. Rio de Janeiro, ABNT, 1987.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. : Determinação de impurezas orgânicas úmidas em agregado miúdo. NBR 7220:1987. Rio de Janeiro, ABNT, 1987.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. : Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. NBR 9776:1987. Rio de Janeiro, ABNT, 1987.

\_\_\_\_\_. **Agregados em estado solto**: determinação da massa unitária. NBR 7251: 1982. Rio de Janeiro, ABNT, 1982.

\_\_\_\_\_. **Argamassa de assentamento para alvenaria de blocos de concreto**: determinação da retenção de água. NBR 9287: 1986. Rio de Janeiro, ABNT, 1986.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. : Determinação da absorção de água por capilaridade. NBR 9779: 1995. Rio de Janeiro, ABNT, 1995.

\_\_\_\_\_. **Argamassa e concreto**: determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. NBR 7222: 1994. Rio de Janeiro, ABNT, 1994.

\_\_\_\_\_. **Argamassa e concreto endurecidos**: determinação da absorção de água por imersão – índice de vazios e massa específica. NBR 9778: 1987. Rio de Janeiro, ABNT, 1987.

\_\_\_\_\_. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos**: preparo da mistura e determinação do índice de consistência. NBR 13276: 2002. Rio de Janeiro, ABNT, 2002.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. : Determinação da retenção de água. NBR 13277: 1995. Rio de Janeiro, ABNT, 1995.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. : Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. NBR 13278: 1995. Rio de Janeiro, ABNT, 1995.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. : Determinação da resistência à compressão. NBR 13279: 1995. Rio de Janeiro, ABNT, 1995.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. : Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. NBR 13280: 1995. Rio de Janeiro, ABNT, 1995.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. : Verificação da resistência à compressão. NBR 6461: 1983. Rio de Janeiro, ABNT, 1983.

\_\_\_\_\_. **Bloco cerâmico portante para alvenaria:** determinação da área líquida. NBR 8043: 1983. Rio de Janeiro, ABNT, 1983.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. : NBR 7171: 1992. Rio de Janeiro, ABNT, 1992.

\_\_\_\_\_. **Bloco cerâmico para alvenaria:** forma e dimensões: NBR 8042: 1992. Rio de Janeiro, ABNT, 1992.

\_\_\_\_\_. **Cimento portland:** determinação da finura por meio da peneira 75  $\mu\text{m}$  (nº 200). NBR 3432: 1991. Rio de Janeiro, ABNT, 1991.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. : Determinação da água de consistência normal. NBR 3433: 1991. Rio de Janeiro, ABNT, 1991.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. : Determinação dos tempos de pega. NBR 3434: 1991. Rio de Janeiro, ABNT, 1991.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. : Determinação da expansibilidade de Le Chatelier. MB 3435: 1991. Rio de Janeiro, ABNT, 1991.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. : Determinação da resistência à compressão. NBR 7215: 1996. Rio de Janeiro, ABNT, 1996.

\_\_\_\_\_. **Cimento portland e outros materiais em pó:** determinação da massa específica. NBR NM 23: 2001. Rio de Janeiro, ABNT, 2001.

\_\_\_\_\_. **Componentes cerâmicos – parte 1:** blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – terminologia e requisitos: NBR 15270-1: 2005. Rio de Janeiro, ABNT, 2005.



\_\_\_\_\_. **Componentes cerâmicos – parte 2:** blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – terminologia e requisitos. NBR 15270-2: 2005. Rio de Janeiro, ABNT, 2005.

\_\_\_\_\_. **Concreto fresco:** determinação do teor de ar pelo método pressométrico. NBR 3310: 1990. Rio de Janeiro, ABNT, 1990.

\_\_\_\_\_. **Concreto endurecido:** determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica. NBR 8802: 1994. Rio de Janeiro, ABNT, 1994.

\_\_\_\_\_. **Determinação do limite e relação de contração de solos.** NBR 7183: 1983. Rio de Janeiro, ABNT, 1983.

\_\_\_\_\_. **Determinação da finura de cimento portland mediante emprego do aparelho de permeabilidade ao ar.** MB 348: 1991. Rio de Janeiro, ABNT, 1991.

\_\_\_\_\_. **Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas:** procedimento. NBR 7200: 1998. Rio de Janeiro, ABNT, 1998.

\_\_\_\_\_. **Informação e documentação - citações em documentos – apresentação:** NBR 10520: 2002. Rio de Janeiro, ABNT, 2002.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_: NBR 14724: 2002. Rio de Janeiro, ABNT, 2002.

\_\_\_\_\_. **Massa específica de grãos de solos que passam na peneira de 4,8mm.** NBR 6508: 1984. Rio de Janeiro, ABNT, 1984.

\_\_\_\_\_. **Paredes de alvenaria estrutural:** ensaio à compressão simples. NBR 8949: 1985. Rio de Janeiro, ABNT, 1985.

\_\_\_\_\_. **Rochas e solo.** NBR 6502: 1995. Rio de Janeiro, ABNT, 1995.

\_\_\_\_\_. **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas:** determinação da resistência de aderência à tração. NBR 13528: 1995. Rio de Janeiro, ABNT, 1995.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. NBR 13529: 1995. Rio de Janeiro, ABNT, 1995.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Especificação. NBR 13749: 1996. Rio de Janeiro, ABNT, 1996.

\_\_\_\_\_. **Solo**: determinação do limite de liquidez. NBR 6459:1984. Rio de Janeiro, ABNT, 1984.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_.: Determinação do limite de plasticidade. NBR 7180: 1984. Rio de Janeiro, ABNT,1984.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_.: Análise granulométrica. NBR 7181: 1984. Rio de Janeiro, ABNT,1984.

ASSUNÇÃO, Paulo Roberto de S. **Mapa geológico do município de Jaboatão dos Guararapes**. Escala 1:50.000. In: ASSUNÇÃO, Paulo Roberto de S. et al. Atlas do meio físico do município de Jaboatão dos Guararapes. Recife: CPRM, 1997. 26p. il.

BAUER, R. J. F. **Patologia em revestimentos de argamassa inorgânica**. II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Salvador, 1997.

BOLORINO, H.; CINCOTTO, M. A. **A influência do tipo de cimento nas argamassas**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2., 1997, Salvador. Anais... Salvador, 1997. p. 15-25.

BORBA, G.S. **Rochas vulcânicas da faixa costeira Sul Pernambuco – Aspectos petrográficos e geoquímicas**. Rio de Janeiro, 1975. 134 f. II Dissertação (Mestrado em Geologia) - Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Instituto de Geociências, UFRJ, [1975].

CALHAU, E. L.; TRISTÃO, F. A. **Influência do teor de ar incorporado nas propriedades das argamassas mistas de revestimento**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 3., 1999, Vitória. Anais... Vitória, 1999. p. 219-230.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1988, 1 v.

CARASEK, H.; CASCUDO, O; SANTOS, P. de F. dos. **Avaliação de revestimentos em argamassa contendo Saibro**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 1., 1995, Goiânia. Anais... Goiânia, 1995a. p. 247-260.

CARASEK, H.; CASCUDO, O; SANTOS, P. de F. dos. **Estudo do comportamento das argamassas de assentamento contendo Saibro**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 1., 1995, Goiânia. Anais... Goiânia, 1995b. p. 153-164.

CARASEK, H. **Fatores que exercem influência na resistência de aderência de argamassas**. II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Salvador, 1997.

CARASEK, H.; CASCUDO O. & SCARTEZINI, L. M. **Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassas**. IV Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Brasília, 2001.

CARRICHIO, J. M. **Construção civil**. Rio de Janeiro: Olímpia, 1957. v. 3.

CASCUDO, O; CARASEK, H. **O Saibro nas argamassas de assentamento**: estudo de trabalhabilidade e comportamento no estado endurecido - parte 1. 5th International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries, Florianópolis, p. 10, 21st-24th august 1994.

CONDEPE/FIDEM – Agência Estadual de Planejamento e Pesquisa de Pernambuco. Disponível em: <[http://www.condepefidem.pe.gov.br/regiao\\_desenvolvimento/rmr/localizacao.asp](http://www.condepefidem.pe.gov.br/regiao_desenvolvimento/rmr/localizacao.asp)>. Acesso em: 25 fev. 2008.

COSTA, Marianne do Rocio de Mello Maron da; CINCOTTO, Maria Alba. **Metodologia de caracterização de argamassas colantes**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2007, 25 p. Disponível em: <[http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF2007\\_2sem/BT449-%20Costa.pdf](http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF2007_2sem/BT449-%20Costa.pdf)>. Acesso em: 27 dez. 2008.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – 2º aproximação**. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, 1981.

\_\_\_\_\_. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Brasília, 1999, 412 p.

\_\_\_\_\_. **Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco**. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Disponível em: Cd-rom, Documentos n. 35, Recife, 2001.

\_\_\_\_\_. Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, **Boletim de Pesquisa** n. 11, 2000.

FERREIRA, S. R. M., LAFAYETTE, Kalinny Patrícia Vaz, VASCONCELOS, Rogéia Patrícia Reinaux de, LIMA, Analice França. Parâmetros geomecânicos de solos na Formação Barreiras na área metropolitana do Recife. **Revista Symposium**, v.5, p.86 - 100, 2001.

FERREIRA, M. G. V. X. **Grupo Barreiras na Planície do Recife**. 1976. 100 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Universidade Federal de Pernambuco, [1976].

GOMES, A. M. **A utilização da ultrassonografia na avaliação das propriedades mecânicas dos revestimentos de paredes através de ensaios “in situ”**. II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Salvador, 1997.

GOMES, A. M.; APPLETON, J. A. S.; NERO, J. M. G. **Metodologia para diagnóstico de rebocos exteriores dos edifícios à base de ligantes hidráulicos através de ensaios “in situ”**. II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, Salvador, 1995.

GOMES, I. R. **Simulação numérica do ensaio de compressão de prismas de alvenaria pelo método dos elementos finitos com comportamento de interface**. 2001, 160 f. Monografia (Pós-graduação em Engenharia Civil) - UFSC, Florianópolis, [2001].

GOMES, Adailton de Oliveira. **Argamassas para revestimentos de edificações. II Simpósio de pesquisa e pós-graduação**. UFBA, Salvador, 2002.

GOOGLE. Disponível em: <<http://www.google.com>>. Acesso em: 15 fev. 2008.

IMPRESA BÍBLICA BRASILEIRA. **A Bíblia Sagrada**. Traduzida e revisada por João Ferreira de Almeida. São Paulo: CPAD, 1990.

JUNIOR, José Mendes de Araújo. **Contribuição ao estudo das propriedades físico-mecânicas das argamassas de revestimento**. 2004, 175 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Tecnologia Brasília, Universidade de Brasília, [2004].

KIHARA, Y, CENTURIONE, S. L. **O Cimento Portland** – Cap. 10, Vol. 1. In: ISAIA, G. C., CONCRETO: Ensino, Pesquisa e Realizações. 1. ed. São Paulo: Ibracon, 2005.

LIMA FILHO, M. F. de. **Análise estratigráfica e estrutural da Bacia Pernambuco**. 1997, 139 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, [1997].

MABSOONE, J. M. Novos estudos na bacia sedimentar Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte. **Boletim técnico** - Núcleo Nordeste, Soc. Bras. Geol., 14 – Atas XVI Simp. Geol. Nordeste: 254-255.

MATTOS, Ludmila R. S. de; DAL MOLIN, Denise C. C.; CARNEIRO, Arnaldo M. P. **Caracterização das argamassas para revestimento externo utilizadas em Belém/PA (Brasil): estudo do comportamento no estado fresco.** Porto Alegre: UFRS, 2002, 12 p.

MARTINS, Marcos Henrique de Abreu. **Mapa geológico da região de N. S. do Ó** (Ipojuca-PE). Recife: UFPE, 1991. Escala 1:25.000.

MONDARDO, Michel M.; KINDLEIN, Taísa; CAMARGO, Joanilda W de. **Resistência à compressão de prismas com argamassa de cimento cal e areia e cimento Saibro e areia.** 5<sup>th</sup> International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries, Florianópolis, p. 10, 21<sup>st</sup> - 24<sup>th</sup>, aug 1994.

MONTGOMERY, D. C. & RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros.** 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

MOTA, João Manoel de Freitas. **Influência da argamassa de revestimento na resistência à compressão axial em prismas de alvenaria resistente de blocos cerâmicos.** 2006, 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, UFPE, [2006].

NETO, Antônio Acácio de Melo; CINCOTTO, Maria Alba; REPETTE, Wellington Longuini. **Influência do teor de ativador e da idade de exposição na retração por secagem de argamassas com cimentos de escória ativada com silicato de sódio.** São Paulo, 2002. Disponível em: <[http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/Boletim\\_tecnico\\_antonio.pdf](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/Boletim_tecnico_antonio.pdf)>. Acesso em: 21 abr 2007.

NEVES, Célia; GOMES, Adailton; COUTO, Antônio; DANTAS, Maria Lia. **Arenosos da Região Metropolitana de Salvador** – Características para seu emprego em argamassas. II Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. CEPED, EPUFBA, UCSAL, UEFS, Salvador, 1997.

OLIVEIRA, Hildérico Pinheiro. **Uma introdução para o emprego racional das argamassas nos edifícios.** 1959, 54 f. Tese (Doutorado em Construções Cívicas), Salvador, [1959].

OLIVEIRA, Marilda Barra de. **Verificação de algumas propriedades de argamassas com saibro da região de Uberlândia para assentamento de tijolos cerâmicos.** São Paulo: USP, 1989, 155 p. Dissertação de mestrado.

OLIVEIRA, R. G. de. **Levantamento gravimétrico da área sedimentar da Região Metropolitana do Recife.** Recife: CPRM, 1994, 38 p. (Série Cartografia Temática, 2).

PAIVA, Sergio Carvalho de. **Estudo químico do saibro coletado na região metropolitana do Recife para utilização nas argamassas de assentamento e revestimento em alvenaria.** 2008, 113 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Católica.

PFALTZGRAFF, P. A. dos S. **Geologia integrada do município de Ipojuca / Pernambuco.** Recife: CPRM/FIDEM, 1998.

SANTANA, Elizabete Correia de; OLIVEIRA, Joaquim Teodoro de. **Uso do diagrama de winkler na classificação de argilas utilizadas na fabricação de tijolos cerâmicos.** 9ª Jornada de iniciação científica - 5ª semana de integração. CATÓLICA. Recife.

SELMO, Sílvia M. S.; NAKAKURA, Elza H.; MIRANDA, Leonardo F. R.; MEDEIROS, Marcelo H. F.; SILVA, Cláudio O. **Propriedades e especificações de argamassas industrializadas de múltiplo uso.** São Paulo. Disponível em: <<http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/BT310.pdf>>. Acesso em: 26 dez. 2008.

SIAL, A. N.; Long, E. L.; Borba, G. S. Field trip guide excursion: cretaceous magmatic province of Cabo, Pernambuco, Northeast Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 17, n. 4, p. 667- 673, dez 1987.

SILVA, Narciso Gonçalves da. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária.** Curitiba, 2006: 180 p. Dissertação de mestrado.

SILVA, Narciso Gonçalves da; CAMPITELI, Vicente Coney. **Módulo de elasticidade dinâmico de argamassa de revestimento.** 2º Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais, 14 a 15 de agosto de 2006. Disponível em: <[http://www.pg.cefetpr.br/ppgep/anais/artigos/eng\\_civil](http://www.pg.cefetpr.br/ppgep/anais/artigos/eng_civil)>. Acesso em: 29 ago. 2008.

SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D de A.; DERZE, G.R.; ASMUS, H.E. **Geologia do Brasil.** Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais, escala 1:2.500.000. Brasília: DNPM, 1984, 501 p.

SHLENS, Jonathon. **A Tutorial on Principal Component Analysis.** Systems Neurobiology Laboratory, Salk Institute for Biological Studies La Jolla, CA 92037 and Institute for Nonlinear Science, University of California, San Diego La Jolla, CA 92093-0402, Dated: December 10, 2005; Version 2.

SOUSA, José Getúlio Gomes de; LARA, Patrícia Lopes de Oliveira; BAUER, Elton (Coordenador). **Revestimentos de argamassa:** características e peculiaridades. Universidade de Brasília. Capítulo 3, p. 23-28. Disponível em:

<<http://www.scribd.com/doc/492446/REVESTIMENTOS-DE-ARGAMASSA>>. Acesso em: 29 ago. 2008.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE FLORIANÓPOLIS – UFF. Projeto REFA – **Avaliação do desempenho dos revestimentos de fachadas**. Disponível em: <[http://www.uff.br/refa/arquivos/conheca/4-conheca-Relatorios\\_fotograficos.pdf](http://www.uff.br/refa/arquivos/conheca/4-conheca-Relatorios_fotograficos.pdf)>. Acesso em: 14 nov. 2008.

VEIGA JUNIOR, José Pessoa. Projeto Grande Recife: **Mapa Geológico Compilado Região Metropolitana do Recife**. Recife: CPRM, 1991. Escala 1:100.000.

**APÊNDICE A – Resultados dos ensaios em laboratório**

| Município                |                    |        | Itamaracá - TQb - PA9      | Itamaracá - TQb - PA9      | Igarassu - Kb - LA7        | Abreu e Lima - TQb - LA7   | Abreu e Lima - TQb - LA7   | Itapissuma - TQb - PA10    |
|--------------------------|--------------------|--------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Área                     |                    |        | Norte                      | Norte                      | Norte                      | Norte                      | Norte                      | Norte                      |
| Geologia                 |                    |        | TQb                        | Qdf1                       | Kb                         | TQb                        | TQb                        | TQb                        |
| Nº da Jazida             |                    |        | J17A1                      | J18A1                      | J20A1                      | J15A1                      | J15A2                      | J19A1                      |
| Granulometria (%)        | Pedregulho         |        | 0                          | 1                          | 0,2                        | 1,6                        | 1,3                        | 1                          |
|                          | Areia              | grossa | 0                          | 1                          | 1                          | 2                          | 0,8                        | 1                          |
|                          |                    | média  | 5                          | 47                         | 28                         | 25                         | 17                         | 50                         |
|                          |                    | finas  | 74                         | 21                         | 43,6                       | 34                         | 25                         | 30                         |
|                          | total              |        | 79                         | 70                         | 72,8                       | 61,4                       | 41,7                       | 80                         |
|                          | Silte              |        | 8                          | 5                          | 4                          | 10                         | 13                         | 2                          |
|                          | Argila 0,005 mm    |        | 13                         | 24                         | 23                         | 27                         | 44                         | 17                         |
| % de argila < 0,002mm    |                    |        | 13                         | 19                         | 22                         | 27                         | 42                         | 7                          |
| Consistência             | WL                 | %      | 21,86                      | 34,66                      | 19,7                       | 34,13                      | 43,84                      | 26,01                      |
|                          | WP                 | %      | NP                         | 32,69                      | 14,63                      | 21,76                      | 31,83                      | NP                         |
| IP                       |                    | %      | NP                         | 1,97                       | 5,07                       | 12,37                      | 12,01                      | NP                         |
| Limite de Contração - LC |                    | %      | 22,72                      | 27,59                      | 17,35                      | 25,15                      | 34,16                      | 26,35                      |
| Grau de Contração - C    |                    | %      | 14,10                      | 16,00                      | 17,34                      | 16,74                      | 23,85                      | 12,47                      |
| Ia = IP / %<0,002 mm     |                    |        | -                          | 0,10                       | 0,23                       | 0,46                       | 0,29                       | -                          |
| Classificação Unificada  |                    |        | SC baixa compressibilidade | SC baixa compressibilidade | SC baixa compressibilidade | SC baixa compressibilidade | CL baixa compressibilidade | SC baixa compressibilidade |
| Classificação TRB        |                    |        | A-2-4 Areia Argilosa       | A-2-4 Areia Argilosa       | A-2-4 Areia Argilosa       | A-6 Solo Argiloso          | A-7-6 Solo Argiloso        | A-1-b Fragmento de Areia   |
| Critérios básicos        | % de argila < 30 % | %      | sim                        | sim                        | sim                        | Sim                        | não                        | sim                        |
|                          | % de areia > 20 %  | %      | sim                        | sim                        | sim                        | Sim                        | sim                        | sim                        |

Quadro A-1 - Resultados dos ensaios de caracterização do material



| Município                |                    |        | Itapissuma - TQb - PA10    | Olinda - TQb - PA10        | Olinda - TQb - PA10        | Olinda - TQb - PA10  | Araçoiaba - Px - PA10      | Itapissuma - TQb - PA10    |     |
|--------------------------|--------------------|--------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|-----|
| Área                     |                    |        | Norte                      | Norte                      | Norte                      | Norte                | Norte                      | Norte                      |     |
| Geologia                 |                    |        | TQb                        | TQb                        | TQb                        | TQb                  | TQb                        | Px                         |     |
| Nº da Jazida             |                    |        | J19A2                      | J19A3                      | J14A1                      | J14A2                | J14A3                      | J21A1                      |     |
| Granulometria (%)        | Pedregulho         |        | 4                          | 0,5                        | 0,4                        | 0,1                  | 0,2                        | 1                          |     |
|                          | Areia              | grossa | 3,5                        | 1                          | 1                          | 2                    | 0,5                        | 0,5                        |     |
|                          |                    | média  | 34,5                       | 4,5                        | 24                         | 38                   | 47                         | 6                          |     |
|                          |                    | finas  | 30                         | 18,5                       | 31,2                       | 28,8                 | 35,3                       | 28                         |     |
|                          | total              |        | 68                         | 24                         | 56,6                       | 68,9                 | 82,8                       | 35,5                       |     |
|                          | Silte              |        | 5                          | 47                         | 9                          | 6                    | 8                          | 13                         |     |
| Argila 0,005 mm          |                    | 23     | 28,5                       | 34                         | 25                         | 9                    | 50,5                       |                            |     |
| % de argila < 0,002mm    |                    |        | 17                         | 18                         | 34                         | 25                   | 8                          | 38                         |     |
| Consistência             | WL                 | %      | 35,88                      | 35,35                      | 34,74                      | 35,56                | 24,69                      | 46,68                      |     |
|                          | WP                 | %      | 20,49                      | NP                         | 32,69                      | NP                   | NP                         | NP                         |     |
|                          | IP                 | %      | 15,39                      | NP                         | 2,05                       | NP                   | NP                         | NP                         |     |
| Limite de Contração - LC |                    | %      | 24,51                      | 29,04                      | 19,31                      | 11,50                | 11,50                      | 25,25                      |     |
| Grau de Contração - C    |                    | %      | 18,66                      | 21,39                      | 25,61                      | 25,94                | 30,61                      | 28,20                      |     |
| Ia = IP / %<0,002 mm     |                    |        | 0,91                       | -                          | 0,06                       | -                    | -                          | -                          |     |
| Classificação Unificada  |                    |        | SC baixa compressibilidade | ML baixa compressibilidade | SC baixa compressibilidade | SC                   | SC                         | CL baixa compressibilidade |     |
| Classificação TRB        |                    |        | A-2-6 Areia Argilosa       | A-4 Solo Siltoso           | A-4 Solo Silto-Argiloso    | A-2-4 Areia Argilosa | A-2-4 Areia Silto-Argilosa | A-5 Solo Argiloso          |     |
| Critérios básicos        | % de argila < 30 % |        | %                          | sim                        | sim                        | não                  | sim                        | sim                        | não |
|                          | % de areia > 20 %  |        | %                          | sim                        | sim                        | sim                  | sim                        | sim                        | sim |

Quadro A-2 - Resultados dos ensaios de caracterização do material

| Município                |                    |        | São L. da Mata - Px - PA' 8 | São L. da Mata - Px - PA' 8 | Camara gibe - Px - PV7  | Recife - TQb - PA10        | Recife - TQb - PA10        | Recife - TQb - PA10  |
|--------------------------|--------------------|--------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|
| Área                     |                    |        | Norte                       | Norte                       | Norte                   | Centro                     | Centro                     | Centro               |
| Geologia                 |                    |        | Px                          | Px                          | Px                      | TQb                        | TQb                        | TQb                  |
| Nº da Jazida             |                    |        | J22A1                       | J22A2                       | J16A1                   | J11A1                      | J11A2                      | J11A3                |
| Granulometria (%)        | Pedregulho         |        | 0                           | 0                           | 0                       | 0,5                        | 0,5                        | 0,5                  |
|                          | Areia              | grossa | 1                           | 0,5                         | 0                       | 1,5                        | 2                          | 5                    |
|                          |                    | média  | 62                          | 6                           | 3                       | 10                         | 52                         | 22                   |
|                          |                    | fina   | 18                          | 32                          | 22                      | 25,5                       | 7                          | 54,5                 |
|                          | total              |        | 81                          | 38,5                        | 25                      | 37,5                       | 61,5                       | 82                   |
|                          | Silte              |        | 1                           | 49                          | 29                      | 5                          | 18                         | 5,5                  |
| Argila 0,005 mm          |                    | 18     | 12,5                        | 46                          | 57                      | 20                         | 12                         |                      |
| % de argila < 0,002mm    |                    |        | 13                          | 12                          | 34                      | 53                         | 16                         | 8                    |
| Consistência             | WL                 | %      | 32,59                       | 48,29                       | 44,32                   | 45,62                      | 37,11                      | NL                   |
|                          | WP                 | %      | NP                          | NP                          | NP                      | 25,15                      | 19,88                      | NP                   |
| IP                       |                    | %      | NP                          | NP                          | NP                      | 20,47                      | 17,23                      | NP                   |
| Limite de Contração - LC |                    | %      | 28,00                       | 31,12                       | 26,57                   | 21,53                      | 21,60                      | 22,13                |
| Grau de Contração - C    |                    | %      | 17,51                       | 21,68                       | 32,52                   | 34,52                      | 22,91                      | 8,57                 |
| Ia = IP / %<0,002 mm     |                    |        | -                           | -                           | -                       | 0,39                       | 1,08                       | -                    |
| Classificação Unificada  |                    |        | SC                          | ML baixa compressibilidade  | CL                      | CL baixa compressibilidade | SC baixa compressibilidade | SC                   |
| Classificação TRB        |                    |        | A-1-b Fragmento de Areia    | A-5 Solo Siltoso            | A-5 Solo Silto-Argiloso | A-7-5 Solo Silto-Argiloso  | A-2-6 Areia Argilosa       | A-2-4 Areia Argilosa |
| Critérios básicos        | % de argila < 30 % | %      | sim                         | sim                         | não                     | não                        | sim                        | sim                  |
|                          | % de areia > 20 %  | %      | sim                         | sim                         | sim                     | sim                        | sim                        | sim                  |

Quadro A-3 - Resultados dos ensaios de caracterização do material

| Município                |                    |        | Recife - TQb - PA10       | Recife - TQb - PA10  | Recife - TQb - PA10        | Recife - TQb - PA10       | Recife - TQb - PA10        | Recife - TQb - PA10       |      |
|--------------------------|--------------------|--------|---------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|------|
| Área                     |                    |        | Centro                    | Centro               | Centro                     | Centro                    | Centro                     | Centro                    |      |
| Geologia                 |                    |        | TQb                       | TQb                  | TQb                        | TQb                       | TQb                        | TQb                       |      |
| Nº da Jazida             |                    |        | J12A1                     | J12A2                | J12A3                      | J13A1                     | J13A2                      | J13A3                     |      |
| Granulometria (%)        | Pedregulho         |        | 0                         | 0                    | 0,5                        | 0,5                       | 0,5                        | 0,4                       |      |
|                          | Areia              | grossa | 0,03                      | 0,5                  | 0,7                        | 1                         | 5                          | 0,5                       |      |
|                          |                    | média  | 0,5                       | 36                   | 7,5                        | 52                        | 41                         | 50                        |      |
|                          |                    | finas  | 7,47                      | 45,5                 | 52,8                       | 34                        | 33                         | 35,7                      |      |
|                          |                    |        | total                     | 8                    | 82                         | 61,5                      | 87                         | 79                        | 86,6 |
|                          | Silte              |        |                           | 20                   | 6                          | 5                         | 4,5                        | 6                         | 5    |
| Argila 0,005 mm          |                    |        | 72                        | 12                   | 33                         | 8                         | 14,5                       | 8                         |      |
| % de argila < 0,002mm    |                    |        | 67                        | 8                    | 27                         | 5                         | 8                          | 5                         |      |
| Consistência             | WL                 | %      | 63,82                     | NL                   | 36,26                      | 33,7                      | 35,7                       | NL                        |      |
|                          | WP                 | %      | 30,23                     | NP                   | 17,34                      | NP                        | 16,58                      | NP                        |      |
| IP                       |                    | %      | 33,59                     | NP                   | 18,92                      | NP                        | 19,12                      | NP                        |      |
| Limite de Contração - LC |                    | %      | 20,49                     | 21,35                | 21,48                      | 23,55                     | 25,30                      | 20,21                     |      |
| Grau de Contração - C    |                    | %      | 34,11                     | 8,17                 | 24,94                      | 14,89                     | 11,74                      | 5,23                      |      |
| Ia = IP / %<0,002 mm     |                    |        | 0,50                      | -                    | 0,70                       | -                         | 2,39                       | -                         |      |
| Classificação Unificada  |                    |        | CH alta compressibilidade | SC                   | SC baixa compressibilidade | SC                        | SC baixa compressibilidade | SM                        |      |
| Classificação TRB        |                    |        | A-7-5 Solo Argiloso       | A-2-4 Areia Argilosa | A-6 Solo argiloso          | A-1-b Fragmentos de Areia | A-2-6 Areia Argilosa       | A-1-b Fragmentos de Areia |      |
| Critérios básicos        | % de argila < 30 % | %      | não                       | sim                  | não                        | sim                       | Sim                        | sim                       |      |
|                          | % de areia > 20 %  | %      | não                       | sim                  | sim                        | sim                       | Sim                        | sim                       |      |

Quadro A-4 - Resultados dos ensaios de caracterização do material

| Município                |                    |        | Recife - Kc - Area Urbana     | Recife - Kc - Area Urbana  | Moreno - Px - PV7          | Moreno - Px - PV7          | Moreno - Px - PV7          | Jaboatão - TQb - LA8       |
|--------------------------|--------------------|--------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Área                     |                    |        | Centro                        | Centro                     | Sul                        | Sul                        | Sul                        | Sul                        |
| Geologia                 |                    |        | Kc                            | Kc                         | Px                         | Px                         | Px                         | TQb                        |
| Nº da Jazida             |                    |        | J6A1                          | J6A2                       | J24A1                      | J24A2                      | J23A1                      | J5A1                       |
| Granulometria (%)        | Pedregulho         |        | 2                             | 3                          | 0                          | 0,3                        | 0                          | 1                          |
|                          | Areia              | grossa | 4                             | 8                          | 2                          | 2,3                        | 1                          | 2                          |
|                          |                    | média  | 33                            | 16                         | 14                         | 19                         | 18                         | 41                         |
|                          |                    | fina   | 26                            | 41                         | 37                         | 34,1                       | 31                         | 28                         |
|                          | total              |        | 64                            | 68                         | 53                         | 55,7                       | 50                         | 72                         |
|                          | Silte              |        | 17                            | 12                         | 35                         | 29                         | 37                         | 7                          |
| Argila 0,005 mm          |                    | 17     | 17                            | 12                         | 15                         | 13                         | 20                         |                            |
| % de argila < 0,002mm    |                    |        | 13                            | 8                          | 8                          | 8                          | 8                          | 15                         |
| Consistência             | WL                 | %      | 32,92                         | 42,37                      | NL                         | NL                         | 48,29                      | 48,64                      |
|                          | WP                 | %      | 17,66                         | 24,19                      | NP                         | NP                         | NP                         | 29,02                      |
|                          | IP                 | %      | 15,26                         | 18,18                      | NP                         | NP                         | NP                         | 19,62                      |
| Limite de Contração - LC |                    | %      | 24,04                         | 30,16                      | 42,23                      | 28,01                      | 39,10                      | 27,84                      |
| Grau de Contração - C    |                    | %      | 16,24                         | 21,36                      | 20,88                      | 23,13                      | 18,20                      | 30,11                      |
| Ia = IP / %<0,002 mm     |                    |        | 1,17                          | 2,27                       | -                          | -                          | -                          | 1,31                       |
| Classificação Unificada  |                    |        | SC baixa compressibilidade    | SC baixa compressibilidade | ML baixa compressibilidade | ML baixa compressibilidade | ML baixa compressibilidade | SM baixa compressibilidade |
| Classificação TRB        |                    |        | A-2-6<br>Areia Silte-argilosa | A-7-6<br>Solo Argiloso     | A-4<br>Solo Siltoso        | A-4<br>Solo Siltoso        | A-5<br>Solo Siltoso        | A-2-7<br>Areia Siltosa     |
| Critérios básicos        | % de argila < 30 % | %      | sim                           | sim                        | sim                        | sim                        | sim                        | sim                        |
|                          | % de areia > 20 %  | %      | sim                           | sim                        | sim                        | sim                        | sim                        | sim                        |

Quadro A-5 - Resultados dos ensaios de caracterização do material

| Município                |                    |        | Jaboatão - TQb - LA8             | Jaboatão - TQb - LA8             | Jaboatão - TQb - LA8             | Jaboatão - TQb - LA8             | Jaboatão - TQb - LA8             | Jaboatão - TQb - LA8   |
|--------------------------|--------------------|--------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------|
| Área                     |                    |        | Sul                              | Sul                              | Sul                              | Sul                              | Sul                              | Sul                    |
| Geologia                 |                    |        | TQb                              | TQb                              | TQb                              | TQb                              | TQb                              | Ka                     |
| Nº da Jazida             |                    |        | J5A2                             | J5A3                             | J5A4                             | J5A5                             | J5A6                             | J4A1                   |
| Granulometria (%)        | Pedregulho         |        | 2                                | 2                                | 1                                | 1                                | 1                                | 2                      |
|                          | Areia              | grossa | 1,5                              | 2                                | 1                                | 5                                | 4                                | 0,5                    |
|                          |                    | média  | 17,5                             | 19                               | 16                               | 42                               | 49                               | 38                     |
|                          |                    | finá   | 35,1                             | 27                               | 44                               | 32                               | 32                               | 40,5                   |
|                          | total              |        | 55                               | 50                               | 62                               | 80                               | 86                               | 80                     |
|                          | Silte              |        | 3                                | 8                                | 5                                | 5                                | 5                                | 12                     |
| Argila 0,005 mm          |                    | 40     | 40                               | 32                               | 14                               | 8                                | 6                                |                        |
| % de argila < 0,002mm    |                    |        | 39                               | 36                               | 27                               | 12                               | 5                                | 4                      |
| Consistência             | WL                 | %      | 48,4                             | 42,18                            | 31,3                             | 40,72                            | 27,87                            | NL                     |
|                          | WP                 | %      | NP                               | NP                               | 19,93                            | 20,46                            | 16,81                            | NP                     |
| IP                       |                    | %      | NP                               | NP                               | 11,37                            | 20,26                            | 11,06                            | NP                     |
| Limite de Contração - LC |                    | %      | 32,25                            | 21,92                            | 20,42                            | 23,43                            | 20,55                            | 28,19                  |
| Grau de Contração - C    |                    | %      | 31,22                            | 27,84                            | 17,67                            | 19,31                            | 9,61                             | 23,61                  |
| Ia = IP / %<0,002 mm     |                    |        | -                                | -                                | 0,42                             | 1,69                             | 2,21                             | -                      |
| Classificação Unificada  |                    |        | SM<br>baixa<br>compressibilidade | SM<br>baixa<br>compressibilidade | SM<br>baixa<br>compressibilidade | SC<br>baixa<br>compressibilidade | SC<br>baixa<br>compressibilidade | SM                     |
| Classificação TRB        |                    |        | A-2-5<br>Areia Siltosa           | A-5<br>Solo Silte-Argiloso       | A-6<br>Solo argiloso             | A-2-6<br>Areia argilosa          | A-2-6<br>Areia argilosa          | A-2-4<br>Areia Siltosa |
| Critérios básicos        | % de argila < 30 % | %      | não                              | não                              | não                              | sim                              | sim                              | sim                    |
|                          | % de areia > 20 %  | %      | sim                              | Sim                              | sim                              | sim                              | sim                              | sim                    |

Quadro A-6 - Resultados dos ensaios de caracterização do material

| Município                |                    |        | Jaboatão - Ka - PV3        | Jaboatão - Ka - PV3        | Jaboatão - Ka - PV3        | Cabo S. Agostinho - Ka - PV3 | Cabo S. Agostinho - Ka - PV3 | Cabo S. Agostinho - Ka - PV3 |
|--------------------------|--------------------|--------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Área                     |                    |        | Sul                        | Sul                        | Sul                        | Sul                          | Sul                          | Sul                          |
| Geologia                 |                    |        | Ka                         | Ka                         | Ka                         | Ka                           | Ka                           | Ka                           |
| Nº da Jazida             |                    |        | J4A2                       | J4A3                       | J4A4                       | J2A1                         | J2A2                         | J2A3                         |
| Granulometria (%)        | Pedregulho         |        | 1                          | 1                          | 0,5                        | 0                            | 0                            | 0,5                          |
|                          | Areia              | grossa | 0,5                        | 5                          | 22                         | 0                            | 0,05                         | 0,5                          |
|                          |                    | média  | 23                         | 35                         | 1                          | 12                           | 16                           | 20                           |
|                          |                    | finas  | 40,5                       | 35                         | 41                         | 35                           | 44                           | 17                           |
|                          | total              |        | 65                         | 75                         | 64                         | 47                           | 60,05                        | 56                           |
|                          | Silte              |        | 6                          | 7                          | 10                         | 11                           | 4,95                         | 6                            |
| Argila 0,005 mm          |                    | 28     | 17                         | 25,5                       | 42                         | 35                           | 37,5                         |                              |
| % de argila < 0,002mm    |                    |        | 20                         | 3                          | 18                         | 35                           | 17                           | 34                           |
| Consistência             | WL                 | %      | 41,5                       | 37,17                      | 28,63                      | 39,54                        | NL                           | 35,88                        |
|                          | WP                 | %      | 23,05                      | 18,56                      | NP                         | NP                           | NP                           | 20,36                        |
| IP                       |                    | %      | 18,45                      | 18,61                      | NP                         | NP                           | NP                           | 15,52                        |
| Limite de Contração - LC |                    | %      | 39,84                      | 24,95                      | 19,97                      | 24,45                        | 30,59                        | 18,78                        |
| Grau de Contração - C    |                    | %      | 9,12                       | 23,29                      | 17,26                      | 23,70                        | 17,24                        | 23,41                        |
| Ia = IP / %<0,002 mm     |                    |        | 0,92                       | 6,20                       | -                          | -                            | -                            | 0,46                         |
| Classificação Unificada  |                    |        | SC baixa compressibilidade | SC baixa compressibilidade | SM baixa compressibilidade | ML                           | SM                           | SC baixa compressibilidade   |
| Classificação TRB        |                    |        | A-6 Solos argilosos        | A-6 Solos argilosos        | A-4 Solos Siltosos         | A-4 Solos Siltosos           | A-4 Solos Siltosos           | A-6 Solos argilosos          |
| Critérios básicos        | % de argila < 30 % | %      | sim                        | Sim                        | sim                        | não                          | não                          | não                          |
|                          | % de areia > 20 %  | %      | sim                        | Sim                        | sim                        | sim                          | sim                          | sim                          |

Quadro A-7 - Resultados dos ensaios de caracterização do material

| Município                |                    |        | Cabo S. Agostinho - Qth - PV3 | Cabo S. Agostinho - Qth - PV3 | Cabo S. Agostinho - Qth - PV3 | Cabo S. Agostinho - Kiri - PV2 | Cabo S. Agostinho - Kiri - PV2 | Cabo S. Agostinho - Kiri - PV2 |     |
|--------------------------|--------------------|--------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----|
| Área                     |                    |        | Sul                           | Sul                           | Sul                           | Sul                            | Sul                            | Sul                            |     |
| Geologia                 |                    |        | Qth                           | Qth                           | Qth                           | Kiri                           | Kiri                           | Kiri                           |     |
| Nº da Jazida             |                    |        | J1A1                          | J1A2                          | J1A3                          | J3A1                           | J3A2                           | J3A3                           |     |
| Granulometria (%)        | Pedregulho         |        | 1                             | 1                             | 5                             | 0                              | 0                              | 1,3                            |     |
|                          | Areia              | grossa | 3                             | 2                             | 9                             | 0                              | 0,03                           | 1,4                            |     |
|                          |                    | média  | 31                            | 31                            | 36                            | 1                              | 0,3                            | 27                             |     |
|                          |                    | finas  | 15                            | 18                            | 24                            | 33                             | 52,3                           | 24,3                           |     |
|                          | total              |        | 49                            | 51                            | 69                            | 34                             | 52,63                          | 52,7                           |     |
|                          | Silte              |        | 24                            | 21                            | 14                            | 31                             | 30,37                          | 12                             |     |
| Argila 0,005 mm          |                    | 26     | 27                            | 12                            | 35                            | 17                             | 34                             |                                |     |
| % de argila < 0,002mm    |                    |        | 19                            | 20                            | 7                             | 26                             | 14                             | 17                             |     |
| Consistência             | WL                 | %      | 42,39                         | 38,83                         | NL                            | 52,76                          | NL                             | 41,03                          |     |
|                          | WP                 | %      | NP                            | NP                            | NP                            | NP                             | NP                             | NP                             |     |
|                          | IP                 | %      | NP                            | NP                            | NP                            | NP                             | NP                             | NP                             |     |
| Limite de Contração - LC |                    | %      | 25,11                         | 27,08                         | 61,12                         | 28,10                          | 49,09                          | 28,88                          |     |
| Grau de Contração - C    |                    | %      | 25,52                         | 30,92                         | 21,53                         | 30,27                          | 22,03                          | 18,47                          |     |
| Ia = IP / %<0,002 mm     |                    |        | -                             | -                             | -                             | -                              | -                              | -                              |     |
| Classificação Unificada  |                    |        | SM                            | SM                            | SM                            | ML Orgânico                    | ML                             | SM                             |     |
| Classificação TRB        |                    |        | A-5 Solos Siltosos            | A-4 Solos Siltosos            | A-2-4 Areia Siltosa           | A-5 Solos Siltosos             | A-4 Solos Siltosos             | A-5 Solos Siltosos             |     |
| Critérios básicos        | % de argila < 30 % |        | %                             | sim                           | sim                           | sim                            | não                            | sim                            | não |
|                          | % de areia > 20 %  |        | %                             | sim                           | sim                           | sim                            | sim                            | sim                            | sim |

Quadro A-8 - Resultados dos ensaios de caracterização do material

| Município                |                    |        | Cabo S. Agostinho<br>- Qal - PV3 | Cabo S. Agostinho<br>- Qal - PV3 | Cabo S.<br>Agostinho -<br>Qal -<br>PV3 | Cabo S. Agostinho<br>- Qal - PV3 | Cabo S. Agostinho<br>- Qal - PV3 | Cabo S. Agostinho<br>- Qal - PV3 |     |
|--------------------------|--------------------|--------|----------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----|
| Área                     |                    |        | Sul                              | Sul                              | Sul                                    | Sul                              | Sul                              | Sul                              |     |
| Geologia                 |                    |        | Qal                              | Qal                              | Qal                                    | Qal                              | Qal                              | Qal                              |     |
| Nº da Jazida             |                    |        | J10A1                            | J10A2                            | J10A3                                  | J9A1                             | J9A2                             | J9A3                             |     |
| Granulometria (%)        | Pedregulho         |        | 2                                | 1                                | 1                                      | 1                                | 1                                | 1                                |     |
|                          | Areia              | grossa | 0,5                              | 1                                | 3                                      | 1                                | 5                                | 2                                |     |
|                          |                    | média  | 12                               | 14                               | 24                                     | 29                               | 17                               | 11                               |     |
|                          |                    | fina   | 8,5                              | 26                               | 34                                     | 23                               | 23                               | 12                               |     |
|                          | total              |        | 23                               | 42                               | 62                                     | 54                               | 46                               | 26                               |     |
|                          | Silte              |        | 21                               | 30                               | 29                                     | 8                                | 26                               | 31                               |     |
| Argila 0,005 mm          |                    | 54     | 27                               | 8                                | 37                                     | 27                               | 42                               |                                  |     |
| % de argila < 0,002mm    |                    |        | 32                               | 21                               | 6                                      | 34                               | 23                               | 33                               |     |
| Consistência             | WL                 | %      | 60,65                            | 63,08                            | 51,46                                  | 49,75                            | 55,32                            | 69,03                            |     |
|                          | WP                 | %      | 37,54                            | NP                               | NP                                     | 27,71                            | 31,16                            | 39,97                            |     |
| IP                       |                    | %      | 23,11                            | NP                               | NP                                     | 22,04                            | 24,16                            | 29,06                            |     |
| Limite de Contração - LC |                    | %      | 26,24                            | 38,60                            | 48,55                                  | 19,41                            | 27,60                            | 49,53                            |     |
| Grau de Contração - C    |                    | %      | 32,04                            | 30,13                            | 17,32                                  | 28,58                            | 29,50                            | 15,26                            |     |
| Ia = IP / %<0,002 mm     |                    |        | 0,72                             | -                                | -                                      | 0,65                             | 1,05                             | 0,88                             |     |
| Classificação Unificada  |                    |        | MH<br>alta<br>compressibilidade  | MH<br>alta<br>compressibilidade  | SM                                     | SC<br>alta<br>compressibilidade  | MH<br>alta<br>compressibilidade  | MH<br>alta<br>compressibilidade  |     |
| Classificação TRB        |                    |        | A-7-5<br>Solo Argiloso           | A-5<br>Solo Siltoso              | A-5<br>Solo Siltoso                    | A-6<br>Solo argiloso             | A-7-5<br>Solo Argiloso           | A-7-5<br>Solo Argiloso           |     |
| Critérios básicos        | % de argila < 30 % |        | %                                | não                              | sim                                    | sim                              | não                              | sim                              | não |
|                          | % de areia > 20 %  |        | %                                | sim                              | sim                                    | sim                              | sim                              | sim                              | Sim |

Quadro A-9 - Resultados dos ensaios de caracterização do material



| Município                |                    |        | Cabo S. Agostinho - Qal - PV3 | Ipojuca - Qdfl - PA' 2  | Ipojuca - Qdfl - PA' 2  | Ipojuca - Qdfl - PA' 2       | Ipojuca - Qdfl - PA' 2       | Ipojuca - Ka - PA' 2    | Ipojuca - Ka - PA' 2    | Ipojuca - Ka - PA' 2          |
|--------------------------|--------------------|--------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Área                     |                    |        | Sul                           | Sul                     | Sul                     | Sul                          | Sul                          | Sul                     | Sul                     | Sul                           |
| Geologia                 |                    |        | Qal                           | Qdfl                    | Qdfl                    | Qdfl                         | Qdfl                         | Ka                      | Ka                      | Ka                            |
| Nº da Jazida             |                    |        | J9A4                          | J7A1                    | J7A2                    | J7A3                         | J7A4                         | J8A1                    | J8A2                    | J8A3                          |
| Granulometria (%)        | Pedregulho         |        | 1                             | 1                       | 1                       | 1                            | 1                            | 3                       | 2                       | 0                             |
|                          | Areia              | grossa | 0,5                           | 2                       | 5                       | 2                            | 2                            | 3                       | 2                       | 0,5                           |
|                          |                    | média  | 28                            | 47                      | 42                      | 55                           | 55                           | 29                      | 25                      | 48                            |
|                          |                    | fina   | 41,5                          | 36                      | 30                      | 24                           | 24                           | 44                      | 38                      | 37,5                          |
|                          | total              |        | 71                            | 86                      | 78                      | 82                           | 82                           | 79                      | 67                      | 86                            |
|                          | Silte              |        | 20                            | 3                       | 8                       | 5                            | 6                            | 2                       | 6                       | 2                             |
| Argila 0,005 mm          |                    | 8      | 10                            | 13                      | 12                      | 11                           | 16                           | 25                      | 12                      |                               |
| % de argila < 0,002mm    |                    |        | 7                             | 10                      | 13                      | 11                           | 10                           | 14                      | 22                      | 3                             |
| Consistência             | WL                 | %      | NL                            | NL                      | NL                      | NL                           | NL                           | NL                      | NL                      | 31,8                          |
|                          | WP                 | %      | NP                            | NP                      | NP                      | NP                           | NP                           | NP                      | NP                      | 16,02                         |
| IP                       |                    | %      | NP                            | NP                      | NP                      | NP                           | NP                           | NP                      | NP                      | 15,78                         |
| Limite de Contração - LC |                    | %      | 42,24                         | 20,87                   | 23,30                   | 21,87                        | 24,82                        | 25,50                   | 23,47                   | 20,71                         |
| Grau de Contração - C    |                    | %      | 2,77                          | 10,86                   | 16,48                   | 14,34                        | 13,23                        | 6,01                    | 14,37                   | 11,89                         |
| Ia = IP / %<0,002 mm     |                    |        | -                             | -                       | -                       | -                            | -                            | -                       | -                       | 5,26                          |
| Classificação Unificada  |                    |        | SM                            | SM                      | SM                      | SM                           | SM                           | SC                      | SC                      | SC<br>baixa compressibilidade |
| Classificação TRB        |                    |        | A-2-4<br>Areia Siltosa        | A-2-4<br>Areia Argilosa | A-2-4<br>Areia Argilosa | A-1-b<br>Fragmentos de Areia | A-1-b<br>Fragmentos de Areia | A-2-4<br>Areia Argilosa | A-2-4<br>Areia Argilosa | A-2-6<br>Areia Argilosa       |
| Critérios básicos        | % de argila < 30 % |        | %                             | sim                     | sim                     | sim                          | sim                          | sim                     | sim                     | sim                           |
|                          | % de areia > 20 %  |        | %                             | sim                     | sim                     | sim                          | sim                          | sim                     | sim                     | sim                           |

Quadro A-10 - Resultados dos ensaios de caracterização do material

**APÊNDICE B - Conjunto de indicadores para serem atribuídos alguns critérios que o solo deve atender para ser usado como Saibro em argamassa**

| Jazida | Local                      | Área   | % argila < 30% | % areia > 20% | CTC < 27 cmol/kg EMBRAPA | Superfície específica m <sup>2</sup> /g | Ia < 0,75 Inativo | Ia < 1,25 Normal | C < 10% | LL < 50% | Classificação Unificada | TR B | Geologia | Pedologia | Média total | Média (excluindo Ia < 1,25) | Média (excluindo Ia < 0,75) | Classificação |
|--------|----------------------------|--------|----------------|---------------|--------------------------|---|-------------------|------------------|---------|----------|-------------------------|------|----------|-----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|
| J17A1  | Itamaracá - TQb - PA9      | Norte  | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 2    | 2        | 2         | 1,83        | 1,82                        | 1,82                        | Grupo 1       |
| J18A1  | Itamaracá - TQb - PA9      | Norte  | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 2    | 1        | 2         | 1,75        | 1,73                        | 1,73                        | Grupo 1       |
| J20A1  | Igarassu - Kb - LA7        | Norte  | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 2    | 2        | 2         | 1,83        | 1,82                        | 1,82                        | Grupo 1       |
| J15A1  | Abreu e Lima - TQb - LA7   | Norte  | 2              | 2             | 1                        | 1                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 1    | 2        | 2         | 1,67        | 1,64                        | 1,64                        | Grupo 2       |
| J15A2  | Abreu e Lima - TQb - LA7   | Norte  | 1              | 2             | 1                        | 1                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 1                       | 1    | 2        | 2         | 1,50        | 1,45                        | 1,45                        | Grupo 2       |
| J19A1  | Itapissuma - TQb - PA10    | Norte  | 2              | 2             | 1                        | 1                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 2    | 2        | 2         | 1,75        | 1,73                        | 1,73                        | Grupo 1       |
| J19A2  | Itapissuma - TQb - PA10    | Norte  | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 1                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 2    | 2        | 2         | 1,75        | 1,73                        | 1,82                        | Grupo 1       |
| J19A3  | Itapissuma - TQb - PA10    | Norte  | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 1                       | 1    | 2        | 2         | 1,67        | 1,64                        | 1,64                        | Grupo 2       |
| J14A1  | Olinda - TQb - PA 10       | Norte  | 1              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 1    | 2        | 2         | 1,67        | 1,64                        | 1,64                        | Grupo 2       |
| J14A2  | Olinda - TQb - PA 10       | Norte  | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 2    | 2        | 2         | 1,83        | 1,82                        | 1,82                        | Grupo 1       |
| J14A3  | Olinda - TQb - PA 10       | Norte  | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 2    | 2        | 2         | 1,83        | 1,82                        | 1,82                        | Grupo 1       |
| J21A1  | Araçoiaba - Px - PA 10     | Norte  | 1              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 1                       | 1    | 2        | 2         | 1,58        | 1,55                        | 1,55                        | Grupo 2       |
| J22A1  | São L. da Mata - Px - PA'8 | Norte  | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 2    | 2        | 2         | 1,83        | 1,82                        | 1,82                        | Grupo 1       |
| J22A2  | São L. da Mata - Px - PA'8 | Norte  | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 1                       | 1    | 2        | 2         | 1,67        | 1,64                        | 1,64                        | Grupo 2       |
| J16A1  | Camargibe - Px - PV7       | Norte  | 1              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 1                       | 1    | 2        | 2         | 1,58        | 1,55                        | 1,55                        | Grupo 2       |
| J11A1  | Recife - TQb - PA10        | Recife | 1              | 2             | 1                        | 1                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 1                       | 1    | 2        | 2         | 1,50        | 1,45                        | 1,45                        | Grupo 2       |
| J11A2  | Recife - TQb - PA10        | Recife | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 1                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 2    | 2        | 2         | 1,75        | 1,73                        | 1,82                        | Grupo 1       |
| J11A3  | Recife - TQb - PA10        | Recife | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 2       | 2        | 2                       | 2    | 2        | 2         | 1,92        | 1,91                        | 1,91                        | Grupo 1       |

Quadro B1: indicadores para serem atribuídos alguns critérios que o solo deve atender para ser usado como Saibro em argamassa

| Jazida | Local                     | Área   | % argila < 30% | % areia > 20% | CTC < 27 cmol/kg EMBRAPA | Superfície específica m <sup>2</sup> /g | Ia < 0,75 Inativo | Ia < 1,25 Normal | C < 10% | LL < 50% | Classificação Unificada | TR B | Geologia | Pedologia | Média total | Média (excluindo Ia < 1,25) | Média (excluindo Ia < 0,75) | Classificação |
|--------|---------------------------|--------|----------------|---------------|--------------------------|---|-------------------|------------------|---------|----------|-------------------------|------|----------|-----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|
| J12A1  | Recife - TQb - PA10       | Recife | 1              | 1             | 1                        | 1                                       | 2                 | 2                | 1       | 1        | 1                       | 1    | 2        | 2         | 1,33        | 1,27                        | 1,27                        | Grupo 3       |
| J12A2  | Recife - TQb - PA10       | Recife | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 2       | 2        | 2                       | 2    | 2        | 2         | 1,92        | 1,91                        | 1,91                        | Grupo 1       |
| J12A3  | Recife - TQb - PA10       | Recife | 1              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 1    | 2        | 2         | 1,67        | 1,64                        | 1,64                        | Grupo 2       |
| J13A1  | Recife - TQb - PA10       | Recife | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 2    | 2        | 2         | 1,83        | 1,82                        | 1,82                        | Grupo 1       |
| J13A2  | Recife - TQb - PA10       | Recife | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 1                 | 1                | 1       | 2        | 2                       | 2    | 2        | 2         | 1,67        | 1,73                        | 1,73                        | Grupo 1       |
| J13A3  | Recife - TQb - PA10       | Recife | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 2       | 2        | 2                       | 2    | 2        | 2         | 1,92        | 1,91                        | 1,91                        | Grupo 1       |
| J6A1   | Recife - Kc - Área Urbana | Recife | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 1                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 2    | 2        | 2         | 1,75        | 1,73                        | 1,82                        | Grupo 1       |
| J6A2   | Recife - Kc - Área Urbana | Recife | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 1                 | 1                | 1       | 2        | 2                       | 1    | 2        | 2         | 1,58        | 1,64                        | 1,64                        | Grupo 2       |
| J24A1  | Moreno - Px - PV7         | Sul    | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 1                       | 1    | 2        | 2         | 1,67        | 1,64                        | 1,64                        | Grupo 2       |
| J24A2  | Moreno - Px - PV7         | Sul    | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 1                       | 1    | 2        | 2         | 1,67        | 1,64                        | 1,64                        | Grupo 2       |
| J23A1  | Moreno - Px - PV7         | Sul    | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 1                       | 1    | 2        | 2         | 1,67        | 1,64                        | 1,64                        | Grupo 2       |
| J5A1   | Jaboatão TQb - LA8        | Sul    | 2              | 2             | 1                        | 1                                       | 1                 | 1                | 1       | 2        | 2                       | 2    | 2        | 2         | 1,58        | 1,64                        | 1,64                        | Grupo 2       |
| J5A2   | Jaboatão TQb - LA8        | Sul    | 1              | 2             | 1                        | 1                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 2    | 2        | 2         | 1,67        | 1,64                        | 1,64                        | Grupo 2       |
| J5A3   | Jaboatão TQb - LA8        | Sul    | 1              | 2             | 1                        | 1                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 1    | 2        | 2         | 1,58        | 1,55                        | 1,55                        | Grupo 2       |
| J5A4   | Jaboatão TQb - LA8        | Sul    | 1              | 2             | 1                        | 1                                       | 1                 | 1                | 1       | 2        | 2                       | 1    | 2        | 2         | 1,42        | 1,45                        | 1,45                        | Grupo 2       |
| J5A5   | Jaboatão TQb - LA8        | Sul    | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 1                 | 1                | 1       | 2        | 2                       | 2    | 2        | 2         | 1,67        | 1,73                        | 1,73                        | Grupo 1       |
| J5A6   | Jaboatão TQb - LA8        | Sul    | 2              | 2             | 1                        | 1                                       | 1                 | 1                | 2       | 2        | 2                       | 2    | 2        | 2         | 1,67        | 1,73                        | 1,73                        | Grupo 1       |
| J4A1   | Jaboatão - Ka - PV3       | Sul    | 2              | 2             | 1                        | 1                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 2    | 2        | 2         | 1,75        | 1,73                        | 1,73                        | Grupo 1       |
| J4A2   | Jaboatão - Ka - PV3       | Sul    | 2              | 2             | 1                        | 1                                       | 1                 | 2                | 2       | 2        | 2                       | 1    | 2        | 2         | 1,67        | 1,64                        | 1,73                        | Grupo 2       |
| J4A3   | Jaboatão - Ka - PV3       | Sul    | 2              | 2             | 1                        | 1                                       | 1                 | 1                | 1       | 2        | 2                       | 1    | 2        | 2         | 1,5         | 1,55                        | 1,55                        | Grupo 2       |
| J4A4   | Jaboatão - Ka - PV3       | Sul    | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 1    | 2        | 2         | 1,75        | 1,73                        | 1,73                        | Grupo 1       |

Quadro B2: indicadores para serem atribuídos alguns critérios que o solo deve atender para ser usado como Saibro em argamassa

| Jazida | Local                            | Área | % argila < 30% | % areia > 20% | CTC < 27 cmol/kg EMBRAPA | Superfície específica m <sup>2</sup> /g | Ia < 0,75 Inativo | Ia < 1,25 Normal | C < 10% | LL < 50% | Classificação Unificada | TR B | Geologia | Pedologia | Média total | Média (excluindo Ia < 1,25) | Média (excluindo Ia < 0,75) | Classificação |
|--------|----------------------------------|------|----------------|---------------|--------------------------|---|-------------------|------------------|---------|----------|-------------------------|------|----------|-----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|
| J2A1   | Cabo S. Agostinho - Ka - PV3     | Sul  | 1              | 2             | 1                        | 1                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 1                       | 1    | 2        | 2         | 1,5         | 1,45                        | 1,45                        | Grupo 2       |
| J2A2   | Cabo S. Agostinho - Ka - PV3     | Sul  | 1              | 2             | 1                        | 1                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 1    | 2        | 2         | 1,58        | 1,55                        | 1,55                        | Grupo 2       |
| J2A3   | Cabo S. Agostinho - Ka - PV3     | Sul  | 1              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 1    | 2        | 2         | 1,67        | 1,64                        | 1,64                        | Grupo 2       |
| J1A1   | Cabo S. Agostinho - Qth - PV3    | Sul  | 2              | 2             | 1                        | 1                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 1    | 1        | 2         | 1,58        | 1,55                        | 1,55                        | Grupo 2       |
| J1A2   | Cabo S. Agostinho - Qth - PV3    | Sul  | 2              | 2             | 1                        | 1                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 1    | 1        | 2         | 1,58        | 1,55                        | 1,55                        | Grupo 2       |
| J1A3   | Cabo S. Agostinho - Qth - PV3    | Sul  | 2              | 2             | 1                        | 1                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 2    | 1        | 2         | 1,67        | 1,64                        | 1,64                        | Grupo 2       |
| J3A1   | Cabo S. Agostinho - Kiri - PV2   | Sul  | 1              | 2             | 1                        | 1                                       | 2                 | 2                | 1       | 1        | 1                       | 1    | 1        | 2         | 1,33        | 1,27                        | 1,27                        | Grupo 3       |
| J3A2   | Cabo S. Agostinho - Kiri - PV2   | Sul  | 2              | 2             | 1                        | 1                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 1                       | 1    | 1        | 2         | 1,5         | 1,45                        | 1,45                        | Grupo 2       |
| J3A3   | Cabo S. Agostinho - Kiri - PV2   | Sul  | 1              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 1    | 1        | 2         | 1,58        | 1,55                        | 1,55                        | Grupo 2       |
| J10A1  | Cabo de S. Agostinho - Qal - PV3 | Sul  | 1              | 2             | 1                        | 1                                       | 1                 | 2                | 1       | 1        | 1                       | 1    | 1        | 2         | 1,25        | 1,18                        | 1,27                        | Grupo 3       |
| J10A2  | Cabo de S. Agostinho - Qal - PV3 | Sul  | 2              | 2             | 1                        | 1                                       | 2                 | 2                | 1       | 1        | 1                       | 1    | 1        | 2         | 1,42        | 1,36                        | 1,36                        | Grupo 2       |
| J10A3  | Cabo de S. Agostinho - Qal - PV3 | Sul  | 2              | 2             | 1                        | 1                                       | 2                 | 2                | 1       | 1        | 2                       | 1    | 1        | 2         | 1,5         | 1,45                        | 1,45                        | Grupo 2       |
| J9A1   | Cabo de S. Agostinho - Qal - PV3 | Sul  | 1              | 2             | 1                        | 1                                       | 2                 | 2                | 1       | 2        | 2                       | 1    | 1        | 2         | 1,5         | 1,45                        | 1,45                        | Grupo 2       |
| J9A2   | Cabo de S. Agostinho - Qal - PV3 | Sul  | 2              | 2             | 1                        | 1                                       | 1                 | 2                | 1       | 1        | 1                       | 1    | 1        | 2         | 1,33        | 1,27                        | 1,36                        | Grupo 3       |
| J9A3   | Cabo de S. Agostinho - Qal - PV3 | Sul  | 1              | 2             | 1                        | 1                                       | 1                 | 2                | 1       | 1        | 1                       | 1    | 1        | 2         | 1,25        | 1,18                        | 1,27                        | Grupo 3       |
| J9A4   | Cabo de S. Agostinho - Qal - PV3 | Sul  | 2              | 2             | 1                        | 1                                       | 2                 | 2                | 2       | 2        | 2                       | 2    | 1        | 2         | 1,75        | 1,73                        | 1,73                        | Grupo 1       |

Quadro B3: indicadores para serem atribuídos alguns critérios que o solo deve atender para ser usado como Saibro em argamassa

| Jazida | Local                 | Área | % argila < 30% | % areia > 20% | CTC < 27 cmol/kg EMBRAPA | Superfície específica m <sup>2</sup> /g | Ia < 0,75 Inativo | Ia < 1,25 Normal | C < 10% | LL < 50% | Classificação Unificada | TRB | Geologia | Pedologia | Média total | Média (excluindo Ia < 1,25) | Média (excluindo Ia < 0,75) | Classificação |
|--------|-----------------------|------|----------------|---------------|--------------------------|---|-------------------|------------------|---------|----------|-------------------------|-----|----------|-----------|-------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------|
| J7A1   | Ipojuca - Qdfl - PA'2 | Sul  | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 2       | 2        | 2                       | 2   | 1        | 2         | 1,83        | 1,82                        | 1,82                        | Grupo 1       |
| J7A2   | Ipojuca - Qdfl - PA'2 | Sul  | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 2       | 2        | 2                       | 2   | 1        | 2         | 1,83        | 1,82                        | 1,82                        | Grupo 1       |
| J7A3   | Ipojuca - Qdfl - PA'2 | Sul  | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 2       | 2        | 2                       | 2   | 1        | 2         | 1,83        | 1,82                        | 1,82                        | Grupo 1       |
| J7A4   | Ipojuca - Qdfl - PA'2 | Sul  | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 2       | 2        | 2                       | 2   | 1        | 2         | 1,83        | 1,82                        | 1,82                        | Grupo 1       |
| J8A1   | Ipojuca - Ka - PA'2   | Sul  | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 2       | 2        | 2                       | 2   | 2        | 2         | 1,92        | 1,91                        | 1,91                        | Grupo 1       |
| J8A2   | Ipojuca - Ka - PA'2   | Sul  | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 2                 | 2                | 2       | 2        | 2                       | 2   | 2        | 2         | 1,92        | 1,91                        | 1,91                        | Grupo 1       |
| J8A3   | Ipojuca - Ka - PA'2   | Sul  | 2              | 2             | 1                        | 2                                       | 1                 | 1                | 2       | 2        | 2                       | 2   | 2        | 2         | 1,75        | 1,82                        | 1,82                        | Grupo 1       |

Quadro B4: indicadores para serem atribuídos alguns critérios que o solo deve atender para ser usado como Saibro em argamassa

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)