

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA
MESTRADO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO**

WHITE JOSÉ DOS SANTOS

ARGAMASSA DE ALTO DESEMPENHO

JUIZ DE FORA

2011

WHITE JOSÉ DOS SANTOS

ARGAMASSA DE ALTO DESEMPENHO

Dissertação de Mestrado submetida à banca examinadora constituída de acordo com as Normas estabelecidas pelo Colegiado do Curso de Pós-graduação *Stricto Sensu*, Mestrado em Ambiente Construído da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído.

Área de Concentração:
Ambiente Construído.

Orientadora: D.Sc. Maria Teresa Gomes Barbosa

JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA DA UFJF

2011

SANTOS, White José dos

Argamassa de Alto Desempenho/ White José dos Santos. – 2011.
209 f. : il

Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído) – Universidade
Federal de Juiz de Fora, 2011.

1. Resíduo de Mármore, 2. Sustentabilidade, 3. Argamassa
de Alto Desempenho, 4. Ambiente Construído.

CDU 72

WHITE JOSÉ DOS SANTOS

ARGAMASSA DE ALTO DESEMPENHO

Dissertação de Mestrado submetida à banca examinadora constituída de acordo com as Normas estabelecidas pelo Colegiado do Curso de Pós-graduação *Stricto Sensu*, Mestrado em Ambiente Construído da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído.

Área de Concentração:

Ambiente Construído

Aprovada em ____ / ____ / _____

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Maria Teresa Gomes Barbosa – D.Sc. – Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª. Roberta Cavalcanti Pereira Nunes – D.Sc. – Co-orientadora
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª. Adriana Guerra Gumieri – D.Sc.
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof^ª. Rita de Cássia S. Sant'Anna Alvarenga – D.Sc.
Universidade Federal de Viçosa

DEDICATÓRIA

A minha orientadora, Prof^a. Teresa, pelo incentivo e orientações realizadas neste trabalho.

Aos meus pais José e Joana e à minha esposa Muiara pela confiança e amor dedicados a mim durante este tempo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que, de alguma forma, ajudaram na realização deste trabalho e, em especial:

À UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora – pela bolsa de monitoria/ pós-graduação, fornecida no período de março de 2010 a fevereiro de 2011.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - pela bolsa de Mestrado fornecida que muito ajudou no desenvolvimento deste trabalho.

À UFJF, Programa PII (Programa de Incentivo à Inovação) / SECRETARIA DE ESTADO DE CIENCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR DE MINAS GERAIS/ SEBRAE, pelo apoio financeiro para o desenvolvimento deste projeto de pesquisa.

Ao Sr. Cristiano pelo fornecimento do resíduo britado (areia artificial) que possibilitou o desenvolvimento deste trabalho.

A DEUS, por me sustentar nesta caminhada, com garra e perseverança.

À minha orientadora, Professora Maria Teresa Gomes Barbosa, pela orientação deste trabalho e, por sempre estar disponível e acessível para uma boa conversa, orientando de forma concisa e profissional, não deixando nunca de manter um relacionamento pessoal de um amigo.

À Banca Examinadora deste trabalho, composta pela Prof^a Doutora Roberta Cavalcanti Pereira Nunes (Co-orientadora) e pelas professoras Doutoras Rita de Cássia S. Sant'Anna Alvarenga e Adriana Guerra Gumieri, pelas contribuições e sugestões apresentadas e acima de tudo, pela confiança depositada nos trabalhos realizados em comum, no decorrer do curso de mestrado.

Ao meu pai, José Valentim dos Santos Sobrinho, e minha mãe, Joana Matilde de Assis dos Santos, por todo carinho e incentivo demonstrados durante todos estes anos de minha vida e, sobretudo, por acreditarem em mim e em minha capacidade.

À minha esposa Muiara Aparecida Moraes pelo carinho e amor, pela paciência e confiança demonstrados nos momentos de incerteza e nervosismo.

RESUMO

As indústrias de mineração, principalmente as de rochas ornamentais, geram um elevado volume de resíduos, que poluem e degradam o meio ambiente. Este trabalho caracterizou e avaliou o emprego de resíduo de mármore triturado em substituição ao agregado miúdo natural para a produção de argamassas. Estudaram-se diversos traços de argamassas (cimento: cal hidratada: areia) e consistências, a saber: 180 mm e 210 mm; que foram avaliados nos ensaios: resistência à compressão axial; resistência à tração por compressão diametral; módulo de elasticidade; velocidade de propagação de ondas ultrassônicas; retração hidráulica; absorção por capilaridade, por imersão e pelo método do cachimbo e dureza superficial (esclerometria). E, finalmente, concluiu-se que as argamassas confeccionadas com o agregado alternativo apresentaram características mecânicas e de durabilidade superiores às de referência, sendo denominadas por **ARGAD (Argamassas de Alto Desempenho)**.

Palavras Chave: Resíduo de Mármore, Sustentabilidade, Argamassa de Alto Desempenho.

ABSTRAT

The mining industries, mainly the one of ornamental stone, produced a high volume of reject, that it polluted the environment. This research evaluated test with the marble triturated reject in substitution to the natural sand for the mortar's production. It was researched several types of mortars (cement: lime hydrated: sand) and workability (180 mm and 210 m) in the testing methods: compressive strength; Brazilian test (splitting tensile strength of the cylindrical concrete specimens) deformation modulus; ultrasonic pulse, shrinkage, absorption capacity and hardness test. Finally, the mortars with the marble reject sand better than with the natural sand, and it denominated by ARGAD

Keywords: marble reject, sustainable, high strength mortar

SUMÁRIO

| | | |
|----------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 19 |
| 1.1 | CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 19 |
| 1.2 | JUSTIFICATIVA | 20 |
| 1.3 | OBJETIVOS | 21 |
| 1.4 | LIMITAÇÕES DA PESQUISA | 22 |
| 1.5 | ESTRUTURA DA PESQUISA | 22 |
| 2 | MATERIAL ALTERNATIVO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL | 24 |
| 2.1 | CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 24 |
| 2.2 | RECICLAGEM DE RESÍDUOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL | 25 |
| 2.3 | AGREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL | 31 |
| 2.3.1 | Influência dos Agregados nas Propriedades das Argamassas | 32 |
| 2.3.1.1 | Porosidade e Absorção dos Agregados | 32 |
| 2.3.1.2 | Aderência dos Agregados | 34 |
| 2.3.1.3 | Resistência à Compressão dos Agregados | 34 |
| 2.3.1.4 | Módulo de Elasticidade dos Agregados | 36 |
| 2.3.1.5 | Forma e Textura dos Agregados | 36 |
| 2.3.1.6 | Substâncias Deletérias Presentes nos Agregados | 38 |
| 2.3.1.7 | Distribuição Granulométrica das Partículas de Agregados | 39 |
| 2.4 | ARGAMASSAS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL | 42 |
| 2.4.1 | Classificação das Argamassas | 42 |
| 2.4.2 | Propriedades das Argamassas | 44 |
| 2.4.2.1 | Retração | 45 |
| 2.4.2.2 | Índice de Consistência (IC) | 47 |
| 2.4.2.3 | Coesão, Tixotropia e Exsudação | 48 |
| 2.4.2.4 | Reologia e Viscosidade | 49 |
| 2.4.2.5 | Trabalhabilidade e Plasticidade | 51 |
| 2.4.2.6 | Resistência Mecânica | 51 |
| 2.4.2.7 | Densidade de Massa e Teor de Ar Incorporado | 52 |
| 2.4.2.8 | Absorção de Água, Capilaridade | 53 |
| 2.4.2.9 | Retenção de Água | 55 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 2.4.2.10 | Módulo de Elasticidade..... | 56 |
| 2.4.2.11 | Resistência ao Arrancamento (<i>Pull Off</i>)..... | 58 |
| 3 | MATERIAIS E MÉTODOS EMPREGADOS..... | 61 |
| 3.1 | CONSIDERAÇÕES INICIAIS..... | 61 |
| 3.2 | MATERIAIS..... | 61 |
| 3.2.1 | Cimento..... | 61 |
| 3.2.2 | Cal..... | 61 |
| 3.2.3 | Agregado..... | 63 |
| 3.2.4 | Água..... | 65 |
| 3.3 | MÉTODO..... | 67 |
| 3.3.1 | Resistência à Compressão Axial..... | 70 |
| 3.3.2 | Resistência à Tração por Compressão Diametral..... | 72 |
| 3.3.3 | Módulo de Elasticidade..... | 73 |
| 3.3.4 | Retração Hidráulica..... | 74 |
| 3.3.5 | Resistência ao arrancamento..... | 75 |
| 3.3.6 | Ensaio de Absorção de Água por Capilaridade e Coeficiente de Capilaridade..... | 76 |
| 3.3.7 | Ensaio de Absorção de Água pelo Método do Cachimbo e por Imersão..... | 77 |
| 3.3.8 | Ensaio de Absorção de Água por Imersão..... | 78 |
| 3.3.9 | Ensaio de Avaliação da Dureza Superficial pelo Esclerômetro de Reflexão..... | 79 |
| 3.3.10 | Velocidade de propagação de ondas ultrassônicas..... | 80 |
| 4 | RESULTADOS E ANÁLISES..... | 82 |
| 4.1 | CONSIDERAÇÕES INICIAIS..... | 82 |
| 4.2 | PRIMEIRA ETAPA DO PROGRAMA EXPERIMENTAL..... | 82 |
| 4.2.1 | Resistência à Compressão Axial (f_c)..... | 82 |
| 4.2.2 | Velocidade de Propagação de Pulso Ultrassônico (V)..... | 89 |
| 4.2.3 | Massa Específica (γ)..... | 93 |
| 4.3 | SEGUNDA ETAPA DO PROGRAMA EXPERIMENTAL..... | 95 |
| 4.3.1 | Considerações Iniciais..... | 95 |
| 4.3.2 | Resistência à Tração por Compressão Diametral ($f_{ct,sp}$)..... | 96 |
| 4.3.3 | Velocidade de Propagação do Pulso Ultrassônico..... | 98 |
| 4.3.4 | Módulo de Elasticidade Estático (E_{ci})..... | 100 |
| 4.3.5 | Dureza Superficial (Esclerômetro de Reflexão)..... | 103 |
| 4.3.6 | Resistência à Tração por Arrancamento (R_A)..... | 105 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 4.3.7 | Absorção por Capilaridade..... | 107 |
| 4.3.8 | Absorção pelo Método do Cachimbo | 110 |
| 4.3.9 | Absorção por Imersão | 112 |
| 4.3.10 | Massa Específica Real Seca e Saturada e Índice de Vazios..... | 113 |
| 4.3.11 | Retração Hidráulica..... | 116 |
| 5 | CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHO FUTUROS | 119 |
| 5.1 | CONSIDERAÇÕES INICIAIS..... | 119 |
| 5.2 | PRIMEIRA ETAPA DO PROGRAMA EXPERIMENTAL..... | 120 |
| 5.3 | SEGUNDA ETAPA DO PROGRAMA EXPERIMENTAL..... | 121 |
| 5.4 | SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 123 |
| 6 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 124 |
| | ANEXOS | 133 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 2. 1 – Produção nos anos de 2001 a 2007 de areia e brita (adaptado de LA SERNA e REZENDE, 2010). | 27 |
| FIGURA 2. 2 – Exportações anuais de rochas ornamentais 2003 –2009 (DNPM, 2010). | 30 |
| FIGURA 2. 3 – Percentuais médios de desperdício nas etapas da cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais. (COURA, 2009). | 31 |
| FIGURA 2. 4 – Percentual do consumo de rocha britada (adaptado de LA SERNA e REZENDE, 2010). | 31 |
| FIGURA 2. 5 – Diagrama ilustrativo das várias inter-relações (adaptado de MEHTA & MONTEIRO, 2008). | 32 |
| FIGURA 2. 6 – Formas das partículas, POOLE & SIMS (1998). | 37 |
| FIGURA 2. 7 – Estrutura das fissuras em argamassas fortes e fracas (SANTOS, 2008). | 45 |
| FIGURA 2. 8 – Ilustração esquemática da microestrutura de uma argamassa no estado fresco (CARDOSO, 2009). | 49 |
| FIGURA 2. 9 – Funil de Büchner (FREITAS, 2010). | 55 |
| FIGURA 2. 10 – Módulo de elasticidade em função das relações agregado/aglomerante e cal/cimento para as argamassas com areia natural (SILVA, 2006) | 57 |
| FIGURA 2. 11 – Módulo de elasticidade em função das relações agregado/aglomerante e cal/cimento para as argamassas com areia britada (SILVA, 2006) | 57 |
| FIGURA 2. 12 – Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento sem chapisco. NBR 13.528(2010) | 59 |
| FIGURA 2. 13 – Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento com chapisco. NBR 13.528(2010) | 59 |
| FIGURA 3. 1 – Clorita - Mg com formato tabular – Resolução de 0,55 mm | 64 |
| FIGURA 3. 2 – Cristal de Tremolita – Resolução de 2,3 mm | 64 |
| FIGURA 3. 3 – Olivina inclusa em carbonato – Resolução de 2,3 mm | 65 |
| FIGURA 3. 4 – Curva granulométrica da AA entre as curvas limites na zona ótima | 67 |
| FIGURA 3. 5 – Curva granulométrica da areia natural entre as curvas limites na zona utilizável | 67 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 3. 6 – Ensaio de resistência à compressão axial | 71 |
| FIGURA 3. 7 – Ensaio de resistência à tração por compressão diametral | 72 |
| FIGURA 3. 8 – Instrumentação para o ensaio de módulo de elasticidade | 73 |
| FIGURA 3. 9 – Ensaio de retração hidráulica | 74 |
| FIGURA 3. 10 – Ensaio de determinação da resistência ao arrancamento | 75 |
| FIGURA 3. 11 – Ensaio de absorção de água por capilaridade | 77 |
| FIGURA 3. 12 – Cachimbo de vidro segundo CSTC, 1982. | 78 |
| FIGURA 3. 13 – Ensaio de absorção por imersão e massa específica | 79 |
| FIGURA 3. 14 – Ensaio de Determinação da dureza superficial pelo Esclerômetro de Reflexão | 79 |
| FIGURA 3. 15 – Ensaio de avaliação da velocidade de propagação de onda ultrassônica. | 81 |
| FIGURA 4.1- Resistência à compressão axial x Teor de cal, para argamassa confeccionada com areia natural e com consistência 180 mm. | 86 |
| FIGURA 4.2- Resistência à compressão axial x Teor de cal para argamassa confeccionada com areia natural e com consistência 210 mm. | 86 |
| FIGURA 4.3- Resistência a compressão axial x Teor de cal para argamassa confeccionada com AA e com consistência 180 mm. | 86 |
| FIGURA 4.4- Resistência a compressão axial x Teor de cal para argamassa confeccionada com AA e com consistência a 210 mm. | 87 |
| FIGURA 4.5- Velocidade da onda de ultrassom x Teor de cal para argamassa confeccionada cm areia natural e com consistência 180 mm. | 92 |
| FIGURA 4.6- Velocidade da onda de ultrassom x Teor de cal para cada argamassa confeccionada com areia natural e com consistência 180 mm. | 92 |
| FIGURA 4.7- Velocidade da onda de ultrassom x Teor de cal para argamassa confeccionada com areia de mármore e com consistência 180 mm. | 92 |
| FIGURA 4.8- Velocidade da onda de ultrassom x Teor de cal para argamassa confeccionada com areia de mármore e com consistência 210 mm. | 93 |
| FIGURA 4.9- Resistência à tração por compressão diametral x Idade para cada traço de argamassa com areia artificial e de consistência igual a 180 mm. | 96 |
| FIGURA 4.10- Resistência à tração por compressão diametral x Idade para cada traço de argamassa com areia artificial e de consistência igual a 210 mm. | 97 |

| | |
|---|-----|
| FIGURA 4.11- Correlação entre resistência à tração por compressão diametral x Resistência à compressão axial para areia artificial. | 98 |
| FIGURA 4.12- Velocidade de propagação de pulso ultrassônico (km/s) X Idade para argamassas com areia de mármore e consistência igual a 180 mm. | 99 |
| FIGURA 4.13- Velocidade de propagação de pulso ultrassônico (km/s) X Idade para argamassas com areia de mármore e consistência igual a 210 mm. | 100 |
| FIGURA 4.14- Correlação entre Módulo de Elasticidade Estático e Resistência à Compressão Axial. | 101 |
| FIGURA 4.15- Correlação entre Módulo de Elasticidade Estático e Resistência à Tração por Compressão Diametral. | 102 |
| FIGURA 4.16 – Correlação entre o índice esclerométrico x traço da argamassa. | 104 |
| FIGURA 4.17 – Correlação entre o índice esclerométrico x resistência à compressão axial aos 28 dias de idade. | 104 |
| FIGURA 4.18 – Correlação entre a Resistência tração por arrancamento (RA) (MPa) x f_c (MPa) aos 28 dias de idade. | 105 |
| FIGURA 4.19 – Correlação entre a Resistência tração por arrancamento (RA) (MPa) x Resistência à Tração por Compressão Diametral (MPa) aos 28 dias de idade. | 106 |
| FIGURA 4.20 – Absorção de água por capilaridade x tempo de exposição para argamassas com AA e consistência de 180 mm. | 109 |
| FIGURA 4.21 – Absorção de água por capilaridade x tempo de exposição para argamassas com AA e consistência de 210 mm. | 109 |
| FIGURA 4.22 – Absorção de água pelo método do cachimbo x tempo de exposição para argamassas com areia artificial e consistência de 180 mm. | 112 |
| FIGURA 4.23 – Absorção de água pelo método do cachimbo x tempo de exposição para argamassas com areia artificial e consistência de 210 mm. | 112 |
| FIGURA 4.24 – Índice de Vazios X Traço de argamassas. | 114 |
| FIGURA 4.25 – Massa Específica Seca e Saturada X Traço de argamassa. | 114 |
| FIGURA 4. 26 – Retração Hidráulica X Tempo, consistência de 180 mm | 117 |
| FIGURA 4. 27 – Retração Hidráulica X Tempo, consistência de 210 mm | 118 |

LISTAS DE TABELAS

| | |
|---|----|
| TABELA 2. 1 – Representação esquemática da unidade do agregado, (Adaptado de NEVILLE (1997) e BARBOSA (2011)). | 33 |
| TABELA 2. 2– Resistência à compressão de rochas americanas geralmente usadas como agregados de concreto e argamassas, NEVILLE (1997). | 35 |
| TABELA 2. 3 – Classificação da forma de partículas, com exemplos, NEVILLE (1997). | 37 |
| TABELA 2. 4 – Índices Admitidos de Impurezas nos Agregados (NBR 7218/2010, 7211/2009). | 38 |
| TABELA 2. 5 – Limites de distribuição granulométrica do Agregado Miúdo - NM 248(2001). | 40 |
| TABELA 2. 6 – Classificação das Argamassas segundo a Resistência à Compressão. (NBR 13281 (2005)) | 51 |
| TABELA 2. 7 – Classificação das Argamassas segundo a Densidade de Massa Aparente no Estado Fresco (gf). (NBR 13.281 (2005)) | 52 |
| TABELA 2. 8 – Classificação das Argamassas segundo a Densidade de Massa Aparente no Estado Endurecido (gf). (NBR 13.281 (2005)) | 53 |
| TABELA 2. 9 – Classificação das Argamassas segundo a Retenção de Água (%). (NBR 13281 (2005)) | 56 |
| TABELA 2. 10 – Classificação das Argamassas segundo a Resistência Potencial de Aderência à Tração. (NBR 13281 (2005)) | 60 |
| TABELA 3. 1 – Composição química, resistência e índices físicos do cimento – CP II E 32. | 62 |
| TABELA 3. 2 – Composição química, resistência e índices físicos da Cal Hidratada. | 62 |
| TABELA 3.3 – Análise química do pó de mármore. | 64 |
| TABELA 3.4 – Análise Petrográfica do Pó de Mármore | 64 |
| TABELA 3.5 – Características físicas da Areia Artificial (AA – Mármore) | 65 |
| TABELA 3.6 – Características físicas da Areia Natural (AN). | 66 |
| TABELA 3. 7 – Traços de argamassa empregados na primeira etapa da pesquisa – (cimento:cal:areia) | 68 |

| | |
|--|----|
| TABELA 3. 8 – Resumo dos ensaios realizados e número de corpos de prova para a primeira etapa do programa experimental | 69 |
| TABELA 3. 9 – Traços empregados na segunda etapa do programa experimental. | 69 |
| TABELA 3. 10 – Resumo dos ensaios realizados e número de corpos de prova para a segunda etapa do programa experimental. | 70 |
| TABELA 4. 1 – Resultado do ensaio de resistência à compressão axial (f_c), em MPa, para argamassas confeccionadas com areia natural e com consistência igual a 180 mm. | 83 |
| TABELA 4. 2 – Resultado do ensaio resistência à compressão axial, em MPa, para argamassas confeccionadas com areia natural e com consistência igual a 210 mm. | 83 |
| TABELA 4. 3 – Resultado do ensaio de resistência à compressão axial, em MPa, para argamassas confeccionadas com areia de mármore (AA) e com consistência 180 mm. | 84 |
| TABELA 4. 4 – Resultado do ensaio de resistência à compressão axial, em MPa, para argamassas confeccionadas com areia de mármore (AA) e com consistência igual a 210 mm. | 54 |
| TABELA 4. 5 – Classificação segundo a resistência à compressão axial (MPa). | 88 |
| TABELA 4. 6 – Resultado da velocidade de propagação de ondas de ultrassom para argamassas confeccionadas com areia natural e com consistência igual a 180 mm. | 89 |
| TABELA 4. 7 – Resultado da velocidade de propagação de ondas de ultrassom para argamassas confeccionadas com areia natural e com consistência igual a 210 mm. | 89 |
| TABELA 4. 8 – Resultado da velocidade de propagação de ondas de ultrassom para argamassas confeccionadas com areia de mármore e com consistência igual a 180 mm. | 90 |
| TABELA 4. 9 – Resultado da velocidade de propagação de ondas de ultrassom para argamassas confeccionadas com areia de mármore e com consistência igual a 210 mm. | 91 |
| TABELA 4. 10 – Resultado da variação da massa específica para argamassas com areia natural. | 94 |
| TABELA 4. 11 – Resultado da variação da massa específica para argamassas com AA | 94 |
| TABELA 4. 12 – Resultados da resistência à tração por compressão diametral para argamassas confeccionadas com areia de mármore e consistência igual a 180 mm. | 96 |
| TABELA 4. 13 – Resultados da resistência à tração por compressão diametral para argamassas confeccionadas com areia de mármore e consistência igual a 210 mm. | 97 |
| TABELA 4. 14 – Resultados da velocidade de pulso ultrassônico para argamassas com areia de mármore e consistência igual a 180 mm | 99 |

| | |
|--|-----|
| TABELA 4. 15 – Resultados da velocidade de pulso ultrassônico para argamassas com areia de mármore e consistência igual a 210 mm | 99 |
| TABELA 4. 16 – Resultados do módulo de elasticidade estático (E_{ci}) para argamassas com AA | 101 |
| TABELA 4. 17 – Comparação entre E_{ci} , f_c e $f_{ct,sp}$. | 101 |
| TABELA 4. 18 – Índice esclerométrico das argamassas estudadas. | 103 |
| TABELA 4. 19 – Média dos resultados da resistência tração por arrancamento (RA). | 105 |
| TABELA 4. 20 – Classificação das argamassas quanto Resistência tração por Arrancamento (pull off) (MPa). | 107 |
| TABELA 4. 21 – Média dos resultados da absorção por capilaridade para cada traço de argamassas com AA em função do tempo – 180 mm | 108 |
| TABELA 4. 22 – Média dos resultados da absorção por capilaridade para cada traço de argamassas com AA em função do tempo – 210 mm | 108 |
| TABELA 4. 23 – Média dos resultados do coeficiente de capilaridade para cada traço de argamassas com AA e sua respectiva classificação normativa | 110 |
| TABELA 4. 24 – Média dos resultados da absorção pelo método do cachimbo para argamassas com areia artificial em função do tempo – 180 mm | 111 |
| TABELA 4. 25 – Média dos resultados da absorção pelo método do cachimbo para argamassas com areia artificial em função do tempo – 210 mm | 111 |
| TABELA 4. 26 – Média dos resultados da absorção por imersão (%) para cada traço de argamassas com AA, nas duas consistências | 113 |
| TABELA 4. 27 – Média dos resultados do Índice de Vazios (%), da Massa Específica Seca (g/cm^3) e Saturada para cada traço de argamassas (g/cm^3) com areia artificial – 180 mm | 113 |
| TABELA 4. 28 – Média dos resultados do Índice de Vazios (%), da Massa Específica Seca (g/cm^3) e Saturada para cada traço de argamassas (g/cm^3) com areia artificial – 210 mm | 114 |
| TABELA 4. 29 – Classificação das argamassas quanto à densidade de massa (γ_s) no estado endurecido. | 115 |

LISTAS DE SÍMBOLOS

f_c – resistência à compressão axial (MPa);

$f_{ct,sp}$ – resistência à tração por compressão diametral (MPa);

F – força máxima obtida no ensaio (N);

A – área da seção transversal do corpo-de-prova (mm^2).

d – diâmetro do corpo-de-prova (mm);

L – altura do corpo-de-prova (mm).

E_{ci} – módulo de elasticidade (GPa);

σ_b – tensão maior, $0,3f_c$ (MPa);

σ_a – tensão básica, $0,5MPa$ (MPa);

ε_b – deformação específica média dos corpos-de-prova ensaiados sob a tensão maior;

ε_a – deformação específica média dos corpos-de-prova ensaiados sob a tensão básica;

ΔL – variação de comprimento à idade x (%);

ΔL_x – leitura do comprimento com o corpo-de-prova na idade x (mm);

ΔL_i – leitura inicial (mm);

L_g – é a base de medida, em função do tipo de comparador utilizado (mm).

R_A – resistência de aderência à tração, em MPa;

P – carga de ruptura, em N;

A – área da pastilha, em mm^2 .

A_c – absorção de água por capilaridade (%);

A – massa do corpo-de-prova que permanece com uma das faces em contato com a água (g);

B – massa do corpo-de-prova seco (g);

S – área da seção transversal (cm^2).

V – velocidade de propagação (km/s);

L – distância entre os pontos de acoplamento dos centros das faces dos transdutores (km);

t – tempo decorrido desde a emissão da onda até a sua recepção (s).

A_i – absorção de água por imersão (%);

M_{sat} – massa do corpo-de-prova que ficou imerso em água (g) com superfície seca;

M_{seca} – massa do corpo-de-prova seco (g);

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O aproveitamento de resíduos industriais desperta grande interesse na medida em que pode contribuir para a redução do custo e o desenvolvimento sustentável. Dentro deste contexto, observa-se um aumento no número de pesquisas por materiais alternativos na construção civil; sendo os principais motivos que incentivam esse estudo: a preocupação com o esgotamento de reservas de matéria-prima, se não para o país na sua totalidade, pelo menos para regiões específicas; a preservação do meio ambiente, afetada pelo crescente volume de resíduos sólidos descartados e, finalmente, a necessidade de compensar o desequilíbrio econômico, reciclando resíduos.

No que se refere à extração de areia natural dos leitos dos rios, constatam-se grandes prejuízos ambientais que resultam em danos, muitas vezes, irreversíveis, como: a perda da biodiversidade, o comprometimento do regime de vazão dos cursos de água, o assoreamento pela destruição das margens e das matas ciliares, dentre outros. Há de se considerar, inclusive, a dificuldade de obtenção de areias próximas aos centros urbanos, resultando num incremento do preço final do agregado devido ao custo com transporte.

Considerando as consequências oriundas da geração de resíduos e o déficit nas tecnologias ambientalmente sustentáveis, faz-se necessário o desenvolvimento de estratégias com o objetivo de minimizar seus efeitos. Devido às necessidades de tecnologias inovadoras, ABIROCHAS (2011) menciona que a extração brasileira de rochas ornamentais é cerca de 5,2 milhões de toneladas/ano, com um volume de perdas na ordem de 30% na produção das chapas e 25% no processo de comercialização, resultando em aproximadamente 390.000 mil toneladas de rejeito/ano. Salienta-se que esta produção está distribuída entre os estados do Espírito Santo, Bahia, Ceará, Paraíba, entre outros.

Os resíduos do beneficiamento do mármore, ainda pouco explorados, possuem potencial de utilização na construção civil. Neste sentido, diversos estudos visam seu aproveitamento na construção civil; assim como este trabalho, que dá prosseguimento aos estudos iniciados em 2006 na UFJF.

1.2 JUSTIFICATIVA

SALEM & BURDETTE (1998) mencionam que as características de resistência e durabilidade de concretos com agregados reciclados são boas, logo a utilização desses, no concreto, é uma opção viável, principalmente nos projetos que apresentam uma redução nos custos e/ou benefícios para o meio ambiente.

Neste contexto, MOURA *et al* (2002) estudaram a utilização deste material em substituição parcial à areia na produção de argamassas para revestimento e para fabricação de lajotas e concluíram que não há riscos ambientais, bem como a resistência à compressão é melhorada em relação às argamassas de referência (areia natural).

OLIVEIRA (2007) menciona que o uso do pó de mármore como agregado miúdo é interessante, uma vez que há facilidade de pigmentação em concretos e/ou argamassas quando o aglomerante for o cimento branco, devido à coloração do agregado.

HWANG & SOO KO (2008) destacam a importância do desenvolvimento de tecnologias de reciclagem de resíduos de materiais, como os provenientes do mármore, do concreto e do plástico; devido ao elevado volume de produção na indústria e a crescente economia mundial. Além disso, o crescimento da indústria da construção civil resulta numa crescente demanda por agregados; logo, a importância de como reciclar ou reutilizar resíduos torna-se uma questão tecnológica.

BARBOSA *et al* (2008) e BARBOSA (2009) comprovaram a possibilidade do emprego desse rejeito como agregado miúdo para confecção de concreto, resultando num produto com qualidades iguais ou superiores às obtidas tradicionalmente.

Verifica-se, portanto, a tendência de inovações tecnológicas que visem reaproveitar os resíduos do beneficiamento do mármore e reduzir o consumo de areia natural. Neste trabalho, *inovação tecnológica*, trata da concepção de novos produtos ou processos, bem como a agregação de novas funcionalidades de características a produto ou processo existente, que implique em melhorias incrementais e efetivos ganhos de qualidade ou produtividade, resultando maior competitividade no mercado e desenvolvimento do país FIEMG (2011) e MEC (2011).

As inovações tecnológicas com visão sustentável estão, cada vez mais, ampliando sua atuação no mercado global. Dentro deste contexto, a construção civil, por natureza, se caracteriza pelo elevado consumo de recursos naturais, contudo, possui um potencial expressivo de assimilação de novos materiais que, atualmente, são resíduos de outros setores

econômicos e até mesmo do próprio setor, permitindo uma posição de destaque no aproveitamento de resíduos.

A inovação a partir da reutilização de resíduos cria, com certeza, novas visões dentro da construção e do mundo como um todo. Além disso permite, ao longo do tempo, alterar o volume de matéria prima extraída e a quantidade de materiais a reciclar/ reutilizar. Este processo tende a convergir para um menor consumo de energia e para o desenvolvimento sustentável.

Diante disto, evidencia-se a grande importância deste trabalho em prol do desenvolvimento tecnológico e da inovação, com a criação de uma argamassa mais eficiente, com desempenho igual ou superior às existentes, possibilitando o emprego de um material (rejeito) com pouca utilização comercial.

1.3 OBJETIVOS

Os resíduos oriundos do mármore (denominados neste trabalho por Areia Artificial (AA)), resultam num agregado miúdo britado, derivado da britagem ou moagem dos rejeitos das indústrias do beneficiamento do mármore. Sendo assim objetivou-se, nesta pesquisa, estudar a viabilidade técnica do uso da AA na confecção de argamassas de emprego corrente, bem como para pisos de alta resistência. Para tal, definiram-se traços (proporções) para as argamassas com o emprego de um agregado classificado, segundo a normalização brasileira, na granulometria ótima e, investigaram-se suas características físicas e químicas buscando, dessa forma, aperfeiçoar seu emprego.

Em resumo, avaliaram-se as propriedades tecnológicas da substituição integral do agregado miúdo natural (areia de rio) pelo triturado (AA), proveniente do resíduo do beneficiamento do mármore nas argamassas de cimento Portland fornecendo, assim, uma nova alternativa de material de construção, reduzindo o impacto ambiental e contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

Para alcançar o objetivo geral deste trabalho, foram desenvolvidos os seguintes objetivos específicos:

- Caracterização química e física do resíduo;

➤ Composição da faixa granulométrica, definida como sendo “zona ótima de utilização”, segundo os requisitos da normalização brasileira;

➤ Determinação das características mecânicas (resistência à compressão axial, resistência à tração por compressão diametral, resistência à tração por arrancamento, módulo de elasticidade, retração hidráulica, velocidade de propagação de ondas ultrassônicas, avaliação da dureza superficial através do esclerômetro de reflexão) e durabilidade (porosidade, absorção de água por sucção capilar, absorção pelo método do cachimbo e absorção por imersão) da argamassa.

1.4 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Este estudo concentra-se na pesquisa experimental de argamassas com substituição integral de agregados naturais por triturados provenientes de apenas um fornecedor. Esta limitação deve-se a questões de transporte, estocagem e disponibilidade do material para a realização dos estudos. Além disso, avaliaram-se somente propriedades cujos equipamentos e procedimentos eram possíveis de serem executados no Laboratório de Materiais de Construção da UFJF, conforme disponibilidade dos recursos materiais, humanos e financeiros destinados à pesquisa.

1.5 ESTRUTURA DA PESQUISA

O trabalho está apresentado em 6 Capítulos conforme descrito a seguir:

- **1º Capítulo – Introdução:** apresentação do contexto da pesquisa e justificativa do tema, seguida pela descrição dos objetivos, limitações e estrutura do trabalho apresentado.
- **2º Capítulo – Materiais Alternativos para Construção Civil:**
 - **2.1 Considerações iniciais**
 - **2.2 Reciclagem de Resíduos na Construção Civil:** descrição das condições da indústria de beneficiamento de rochas ornamentais e alguns resultados de utilização de rejeitos desta indústria como agregado na construção civil;

- **2.3 Agregados para Construção Civil:** descrição sucinta das propriedades dos agregados que influenciam nas argamassas;
- **2.4 Argamassas para Construção Civil:** descrição dos tipos, propriedades e intervenientes relacionados às argamassas;
- **3º Capítulo – Materiais e Métodos Empregados:** detalhamento e caracterização dos materiais que serão utilizados na pesquisa, seguido pela apresentação dos traços e programa experimental que atendam aos objetivos do trabalho;
- **4º Capítulo – Resultados e Análises:** apresentação dos resultados, análises técnicas e estatísticas e conclusões parciais;
- **5º Capítulo – Conclusões:** conclusões do trabalho e sugestões para pesquisas futuras;
- **6º Capítulo – Referências Bibliográficas:** apresentação, segundo as normas vigentes, das referências bibliográficas utilizadas.

2 MATERIAL ALTERNATIVO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A indústria da construção civil não apresenta um nível de inovação coerente com sua importância relativa à economia do país. A intenção de utilizar o termo “desinteresse” aloca responsabilidade ao próprio setor. Atualmente, no Brasil e no mundo, existe uma quantidade considerável de energia gasta nos processos de fabricação e transporte de materiais de construção. (RIBEIRO & JAGADISH (2003))

Diante do exposto, FIEMG (2011) e MEC (2011) propõem uma estrutura de um produto ou processo inovador articulado segundo especificação tecnológica ou técnico-científica a ser utilizada/aplicada. A estruturação de uma inovação tecnológica deve basear-se em princípios que norteiem produtos e processos com características técnicas e de qualidade adequadas à sociedade e ao meio ambiente, a saber:

- **Princípio 1 – Análise Científica:** aplicações do produto ou processo inovador nos possíveis nichos de mercado, sendo que estas devem estar condicionadas às suas características tecnológicas, de desempenho e propriedades físico-químicas.
- **Princípio 2 – Sustentabilidade:** viabilidade técnica do produto ou processo inovador e sua sustentabilidade, considerando aspectos econômicos e de mercado, e os possíveis riscos ao meio ambiente e ao ser humano.
- **Princípio 3 – Enfoque no Ciclo de Vida:** avalia a sustentabilidade de aplicação considerando todos os estágios do ciclo de vida do produto ou processo inovador para que os estudos sejam consistentes e confiáveis.
- **Princípio 4 – Certificação:** de qualidade, ambiental e sustentável de modo a gerar renda interferindo o mínimo possível no equilíbrio do meio ambiente.
- **Princípio 5 – Divulgação do Produto e Processo Inovador:** marketing e vendas para divulgar e popularizar a implantação do elemento inovador no mercado.

Constata-se, portanto, que o conceito de inovação na construção civil é mais amplo que o simples aperfeiçoamento técnico da obra ou de um material, ocorrendo, pelo menos, duas dimensões de maior significado SCHWARK (2006):

- **1ª – Quanto ao nível hierárquico da inovação:** o produto em si é apenas a base de uma pirâmide, subordinada a níveis superiores, como os processos de produção das obras e de gestão das empresas; as relações entre as pessoas, sua motivação e atitude; e, no mais alto nível, identidade, cultura, conceitos e crenças que orientam todas as ações e pensamentos de cada empresa.
- **2ª – Quanto ao nível de originalidade da inovação:** para uma empresa, pode ser a primeira aplicação de um conceito novo que outras empresas já aplicam. Para o país ou uma região, analogamente, pode ser uma novidade já conhecida em outros locais. Em nível mais alto, encontra-se a inovação de fato, original e única, pioneira no mercado, fruto de criatividade, pesquisa e desenvolvimento, passível de registro de patente.

As pesquisas atuais buscam reforçar a necessidade de conceitos sustentáveis, permitindo que as questões relativas à utilização dos recursos naturais e dos reciclados sejam identificados e avaliados através de uma gestão estratégica apropriada. Os resultados pretendidos são o avanço no conhecimento sobre os impactos ambientais da construção, materiais e sistemas relacionados e, em particular, os impactos associados com os recursos incorporados nos edifícios e a emissão de gases aliados ao efeito estufa.

A busca por pesquisas inovadoras deve explorar as relações entre os parâmetros financeiros, ambientais e sociais associados à construção de reuso adaptativo. Assim, as tomadas de decisão tradicionais passarão a interagir com práticas mais sustentáveis e estratégicas, LANGSTON *et al* (2008).

É importante desenvolver novas tecnologias em prol da reciclagem de resíduos de materiais, que possuem alta produção na indústria atual. Logo, a importância de como reciclar ou reutilizar resíduos tornou-se uma questão tecnológica recente.

2.2 RECICLAGEM DE RESÍDUOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

A "sustentabilidade" tornou-se uma preocupação central para a população mundial, aliada ao crescimento populacional e ao desenvolvimento econômico. Deve-se considerar inclusive que o processo construtivo em todas as suas etapas gera impactos substanciais ao

meio ambiente, ocasionando mudanças significativas e irrevogáveis no clima, no ambiente e nos ecossistemas.

Até a década de 1950, a natureza era considerada somente como um pano de fundo em qualquer discussão que abordasse a atividade humana e suas relações com o meio. No início nos anos 1970 houve a formação de uma consciência preservacionista. Na década de 1990, na Conferência sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente das Nações Unidas (Rio 92) foi consolidada, com a AGENDA 21, a conceituação de desenvolvimento sustentável que considera a demanda para preservação dos recursos naturais e proporciona uma maior justiça no acesso aos benefícios do desenvolvimento.

O princípio do desenvolvimento sustentável consiste em distribuir adequadamente os recursos econômicos da humanidade, tendo preocupação com a preservação ambiental. Sendo assim, os processos de produção devem economizar energia e não gerar subprodutos perigosos, que podem colocar em risco o meio ambiente e os seres vivos.

As pesquisas de reciclagem de resíduos se limitam a aspectos do desenvolvimento técnico do material. Entretanto, a ênfase em viabilidade do mercado é um compromisso para a sua eficácia, pois os benefícios sociais de um processo de pesquisa somente vão se totalizar se o novo produto gerar empregos, diminuir o volume de aterros e evitar a contaminação do ambiente, com o comprometimento da saúde da população. Em resumo, a reciclagem de um resíduo deve ser criteriosamente avaliada, considerando-se suas vantagens e desvantagens.

No que se refere ao emprego de areias e rochas na construção civil, apesar da abundância na natureza, fatores exógenos influenciam a relação entre o quantitativo de reservas existentes e aquelas realmente disponíveis para o uso, tornando necessário reduzir a distância entre o lugar de extração e o mercado consumidor.

Segundo LA SERNA & REZENDE (2010) o consumo brasileiro de areia, em 2007, alcançou um total de 279 milhões de toneladas, o que corresponde a um aumento médio de 14,16% no período, conforme ilustrado na Figura 2.1. Uma projeção atual permitiria estimar (diante dos incentivos políticos nos últimos anos) uma produção superior aos 300 milhões de toneladas.

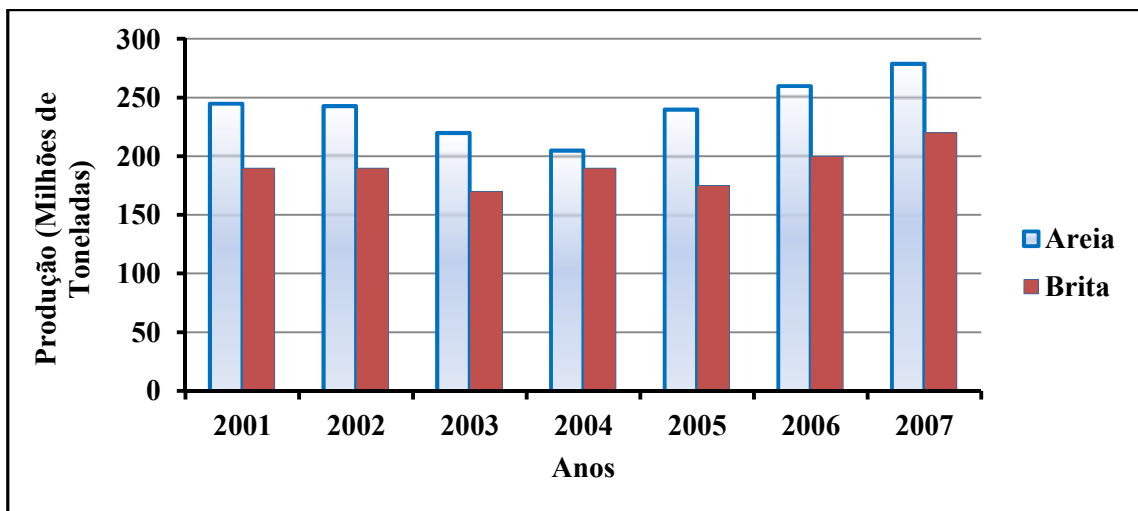


FIGURA 2. 1 – Produção nos anos de 2001 a 2007 de areia e brita (adaptado de LA SERNA e REZENDE, 2010).

Cabe destacar o Plano Nacional de Agregados, desenvolvido pelo Ministério de Minas e Energia, presente na Portaria MME nº 249, de 28 de Outubro de 2004, que garante o suprimento contínuo e estável de agregados para o país consolidando, portanto, os procedimentos da gestão de resíduos sólidos por diversos órgãos governamentais, tornando a reciclagem uma alternativa para a preservação ambiental e para a construção civil.

Neste contexto, adotam-se conceitos que considerem o uso eficiente de materiais e energias renováveis, não nocivos, e conserve, ao mesmo tempo, a biodiversidade. KILBERT (1995) propôs os seguintes princípios:

- a) Minimizar o consumo de recursos (CONSERVAR);
- b) Maximizar a reutilização de recursos (REUSO);
- c) Proteger o meio ambiente (PROTEÇÃO dos FATORES AMBIENTAIS);
- d) Usar recursos renováveis ou recicláveis (RENOVAR / RECICLAR);
- e) Criar um ambiente saudável e não tóxico (NÃO TÓXICO);
- f) Buscar a qualidade na criação do ambiente construído (QUALIDADE).

A Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, em 2002 apresenta uma série de definições referentes aos resíduos:

- **Resíduos de construção civil** – provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, bem como os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, etc., comumente chamados de entulhos de obras;

- **Agregado reciclado** – é o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia;
- **Reutilização** – é o processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo;
- **Reciclagem** – é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação, devendo-se considerar todas as características do resíduo e, principalmente, seu risco ambiental, para que o desenvolvimento dos novos produtos tenha um bom desempenho e uma maior aceitação por parte dos consumidores;
- **Beneficiamento** – é o ato de submeter um resíduo a operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições para que sejam utilizados como matéria-prima ou produto.

Devido à quantidade de resíduo gerado por inúmeros processos de produção e as diferenças existentes, a NBR 10004 (2004) avalia os resíduos em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, que podem apresentar riscos à saúde pública e/ou ao meio ambiente, conforme descrito a seguir:

- a) Resíduos Classe I – PERIGOSOS – apresentam riscos à saúde pública (provocando ou acentuando o aumento da mortalidade ou incidência de doenças), ao meio ambiente (quando o resíduo é manuseado ou destinado de forma inadequada), ou características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade;
- b) Resíduos Classe II – NÃO PERIGOSOS – são divididos em duas subclasses, a saber:
 - Resíduos Classe II A – NÃO INERTES – aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – perigosos ou de Classe II B – inertes, podem ter as propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
 - Resíduos Classe II B – INERTES – aqueles que, quando submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não solubiliza seus constituintes a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se: o aspecto, a cor, a turbidez, a dureza e o sabor.

Quanto ao resíduo objeto deste trabalho constatam-se vários estudos que visam sua utilização na construção civil, a saber:

- MOTHÉ FILHO *et al* (2002) e SEGADÃES *et al* (2005) destacam que a maior vantagem de usar este tipo de resíduo é a baixa temperatura necessária para dissociar a calcita e dolomita, melhorando a força do corpo cerâmico, e assim os materiais cerâmicos obtidos podem ser classificados como tendo uma resistência extremamente alta, comparável à das rochas como granito e quartzito.
- A presença rejeitos/lodos de mármore e granito, segundo ACCHAR *et al* (2006), permite obter materiais de argila com melhores propriedades que o material convencional, em baixas temperaturas para produtos de barro da indústria cerâmica, resultando em economia de energia e redução de resíduos.
- Na indústria cerâmica, segundo SABOYA *et al* (2007), constata-se a utilização de resíduos de rochas ornamentais na confecção de peças cerâmicas permitindo uma maior capacidade para os fornos com queima do material a temperaturas superiores a 950 ° C, sendo que para um teor de resíduos mais elevado podem ser utilizados, sem perda de qualidade e em alguns casos até com ganhos.
- KARASAHIN & TERZI (2007) utilizaram o pó de mármore, recolhido durante o processo de retirada de blocos, em misturas asfálticas e concluíram que podem ser usados diretamente na mistura, sem qualquer processo/beneficiamento. Recomendam o emprego em estradas de baixo volume de tráfego, tais como: estradas secundárias e vias locais.
- BARBOSA *et al* (2008) e BARBOSA (2009) realizaram um estudo com a substituição parcial e total do agregado natural pelo artificial (agregado oriundo do rejeito do mármore) e constataram que os concretos fabricados com o rejeito de mármore triturado apresentaram características mecânicas e de durabilidade superiores às de referência (areia natural).
- O pó de mármore, segundo CORINALDESI *et al* (2010) mostra-se eficaz para argamassas e concretos, em adições de 10% em substituição da areia e com a utilização de plastificante mantendo a resistência à compressão ao mesmo nível de operacionalidade, comparável ao da mistura de referência, após 28 dias de cura.
- SOUZA *et al* (2010) concluíram que os resíduos de rocha podem ser utilizados para a produção de assoalho de telha vitrificada, resultando em uma nova possibilidade para a reciclagem destes e conservação dos recursos naturais.

A indústria de mineração e beneficiamento de mármore e granitos é uma das áreas mais promissoras do setor mineral, apresentando um crescimento mundial médio estimado em 6% a.a. DNPM (2010) menciona uma queda na exportação das rochas ornamentais, contudo a produção se mantém pelo aumento do consumo interno, conforme ilustrado na Figura 2.2.

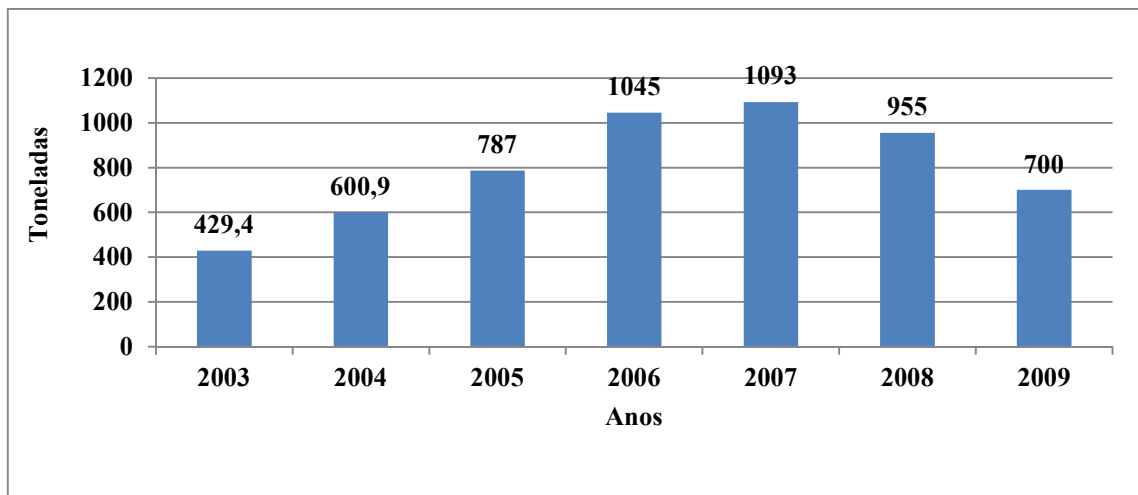


FIGURA 2. 2 – Exportações anuais de rochas ornamentais 2003 –2009 (DNPM, 2010).

Em contrapartida, grande parte das empresas deste setor industrial é geradora de resíduos sob diversas formas (gases, líquidos ou sólidos), poluindo, degradando o meio ambiente e não contribuindo para um desenvolvimento sustentável. Existe elevado desperdício de material nas atividades de extração, serragem e polimento dos mármore conforme ilustrado na Figura 2.3.

GOBBO *et al* (2004) relatam que, na extração e nas serrarias, perde-se cerca de 10 a 20% dos volumes processados, na forma de retalhos de pedra. Por sua vez, as marmorarias perdem, em média, 20% do volume de chapas trabalhadas, na forma de retalhos de pedra, ou seja, novamente, sobras, peças quebradas, e assim por diante. Essas sobras, passíveis de serem britadas, geram agregados com grande potencial de utilização na elaboração de concretos e argamassas de Cimento Portland, podendo se tornar uma alternativa viável para o abastecimento de areia para o setor da Construção Civil em substituição às extraídas dos rios.

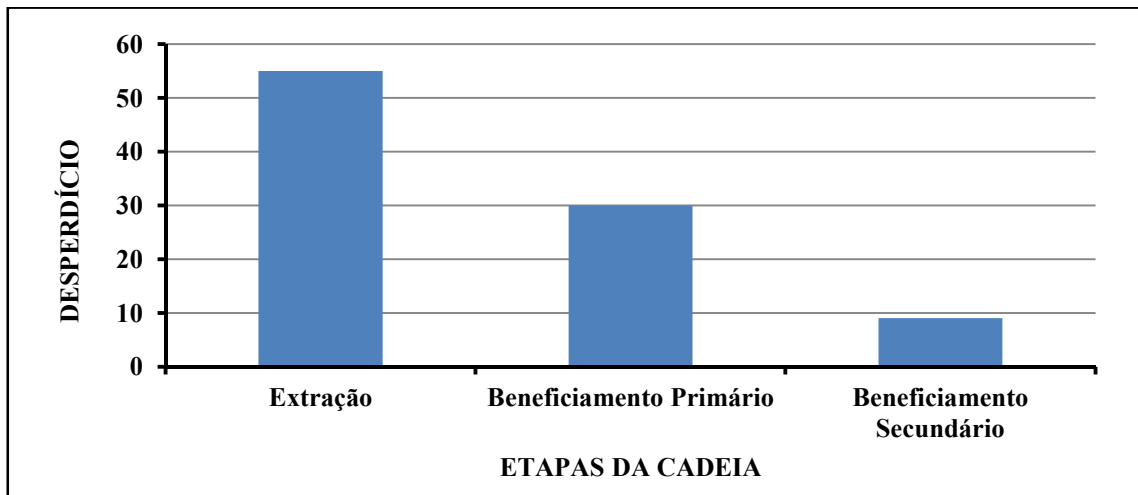


FIGURA 2.3 – Percentuais médios de desperdício nas etapas da cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais. (COURA, 2009).

2.3 AGREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil, conforme ilustrado na Figura 2.4, é o setor que mais consome rocha britada como agregado. Neste sentido o conhecimento das propriedades dos agregados como a massa específica, composição granulométrica, teor de umidade, dentre outras, é uma exigência na qualificação do material.

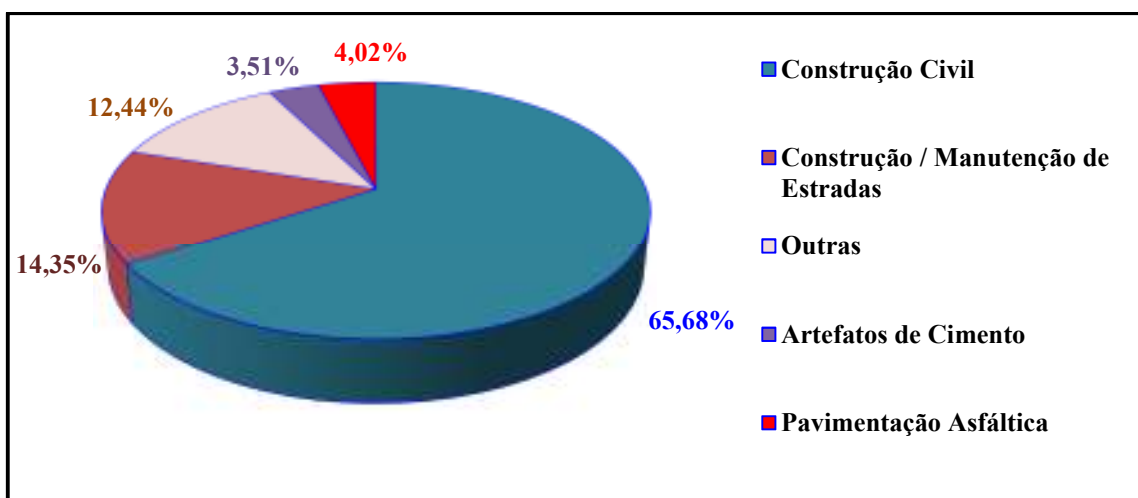


FIGURA 2.4 – Percentual do consumo de rocha britada (adaptado de LA SERNA e REZENDE, 2010).

A Figura 2.5, evidencia a importância das características dos agregados decorrentes da microestrutura do material, das condições prévias de exposição e do processo de fabricação.



FIGURA 2.5 – Diagrama ilustrativo das várias inter-relações (adaptado de MEHTA & MONTEIRO, 2008).

2.3.1 Influência dos Agregados nas Propriedades das Argamassas

2.3.1.1 Porosidade e Absorção dos Agregados





A presença de poros internos nos grãos dos agregados está relacionada com sua massa específica e suas características são muito importantes, pois influenciam propriedades

tais como: a aderência entre agregado/pasta, a resistência ao congelamento e ao degelo, bem como a sua estabilidade química e resistência à abrasão.

Alguns poros dos agregados estão no interior do sólido, onde a pasta aglomerante possui dificuldade em penetrar; outros, se comunicam com a superfície da partícula. Porém, a água pode entrar nos poros, em quantidade que depende do tamanho, continuidade e volume total desses. Sendo assim, a absorção e a umidade superficiais do agregado serão diretamente influenciadas, pois estão relacionadas com a quantidade de água de amassamento. Para um mesmo tipo de agregado, maior absorção indica maior porosidade, maior grau de alteração e menor massa específica (ANDRADE *et al*, 1997).

De acordo com MEHTA & MONTEIRO (2008) quando todos os poros permeáveis estão preenchidos e não há um filme de água na superfície, o agregado é dito estar na condição saturada superfície seca (SSS); quando o agregado está saturado e também há umidade livre na superfície, o agregado está na condição úmida ou saturada. Na condição seca em estufa, toda a água evaporável do agregado é removida pelo aquecimento. Define-se, portanto, a capacidade de absorção como sendo a quantidade total de água requerida para trazer um agregado da condição seca ao ar para a condição SSS, conforme ilustrado esquematicamente na Tabela 2.1.

TABELA 2. 1 – Representação esquemática da umidade do agregado, (Adaptado de NEVILLE (1997) e BARBOSA (2011)).

| CONDIÇÃO DO AGREGADO | ASPECTO | CARACTERÍSTICAS |
|------------------------------|---|---|
| Completamente seco (estufa) |  | Agregado não possui nenhuma umidade |
| Seco ao ar |  | Agregado possui umidade interna e não possui a externa (a umidade é menor que a absorção potencial) |
| Saturado com superfície seca |  | Vazios permeáveis estão cheios de água (a umidade é igual à absorção potencial) |
| Saturado ou úmido | Água livre  | Possui água livre em sua superfície (umidade maior que a absorção potencial) |

Embora não haja uma relação definida entre a resistência da argamassa e a absorção de água do agregado, os poros da superfície da partícula influenciam na sua aderência com a pasta, podendo, portanto exercer influência sobre as demais propriedades. LEE *et al* (2005) destacam que a inserção de agregados, reciclados ou não, com alta porosidade, pode reduzir drasticamente a durabilidade do material compósito, mesmo em locais de pouca agressividade.

Os agregados com altos teores de argilas possuem alta absorção, exigindo uma demanda elevada de água para adquirirem a mesma plasticidade/ trabalhabilidade e, como consequência, observa-se a redução da durabilidade, das resistências mecânicas e do teor incorporador de ar, MUÑOZ *et al* (2010).

2.3.1.2 Aderência dos Agregados

A aderência dos agregados ocorre através do seu inter-travamento com a pasta de aglomerante, em virtude da aspereza da superfície das suas partículas. NEVILLE (1997) enfatiza que superfícies mais ásperas resultam em melhor aderência. Há de se considerar, inclusive, que a aderência é influenciada também pela composição química e mineralógica do agregado, bem como pela condição eletrostática da superfície. Em qualquer hipótese, é condição necessária que a superfície do agregado seja limpa e livre de partículas de argila.

Não há como determinar, por meio de ensaios, a qualidade da aderência do agregado. Normalmente, quando a aderência é satisfatória, um corpo de prova rompido deve ter algumas partículas de agregados rompidas, além de outras, mais numerosas, arrancadas de seus alojamentos na pasta. Todavia, um excesso de partículas rompidas pode significar que o agregado é muito fraco.

2.3.1.3 Resistência à Compressão dos Agregados

A resistência à compressão de argamassas não pode ser expressivamente maior do que a da maior parte do agregado, mesmo não sendo fácil determinar a resistência das

partículas isoladas. Por esta razão, a resistência do agregado é usualmente obtida por determinações indiretas, ou seja, resistência ao esmagamento do agregado em fragmentos ou a força necessária para compactar o agregado na mistura de pastas (NEVILLE, 1997).

Em resumo, se o corpo de prova argamassado confeccionado com um agregado a ser estudado, apresentar resistência à compressão insatisfatória e muitas partículas desse agregado rompidas, conclui-se que a resistência do agregado é menor do que a resistência à compressão nominal da mistura. SENGUL *et al* (2002) destacam que o tipo de agregado interfere nas propriedades do concreto/argamassa; quanto mais forte/resistente for o agregado maior a possibilidade resistiva desse.

NEVILLE (1997) considerou que um bom valor médio da resistência à compressão do agregado é cerca de 200 MPa, porém muitos agregados excelentes têm resistência de até 80 MPa. A Tabela 2.2 apresenta os valores de resistência de algumas rochas.

TABELA 2. 2– Resistência à compressão de rochas americanas geralmente usadas como agregados de concreto e argamassas, NEVILLE (1997).

| RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa) | | | | |
|--------------------------------|--------------------|-------------|--------------|--------------|
| TIPO DE ROCHA | NÚMERO DE AMOSTRAS | VALOR MÉDIO | VALOR MÁXIMO | VALOR MÍNIMO |
| Granito | 278 | 181 | 257 | 114 |
| Felsito | 12 | 324 | 526 | 120 |
| Basalto | 59 | 283 | 377 | 201 |
| Calcário | 241 | 159 | 241 | 93 |
| Arenito | 79 | 131 | 240 | 44 |
| Mármore | 34 | 117 | 244 | 51 |
| Quartzito | 26 | 252 | 423 | 124 |
| Gnaisse | 36 | 147 | 235 | 94 |
| Xisto | 31 | 170 | 297 | 91 |

ANDRADE *et al* (1997) mencionam que a rocha ou alguns materiais sintéticos utilizados como agregados apresentam boa resistência mecânica, sendo a zona de transição entre a pasta e o agregado a parte mais fraca do sistema.

Geralmente a composição, textura e estrutura do agregado têm uma significativa influência na resistência e na elasticidade do conjunto argamassado. Assim sendo, uma resistência baixa pode ser devida à pequena resistência dos grãos constituintes, ou os grãos podem ser resistentes, mas não estão bem ligados entre si.

2.3.1.4 Módulo de Elasticidade dos Agregados

Segundo NEVILLE (1997) o módulo de elasticidade do agregado influencia na grandeza da retração e da fluência do compósito. Em outras palavras, uma diferença muito grande entre os módulos de elasticidade do agregado e da pasta, acentua o desenvolvimento de microfissuras na interface agregado-matriz (zona de transição).

Raramente se determina o módulo de elasticidade do agregado, pois o módulo de elasticidade dos argamassados é, geralmente, tanto maior quanto maior o módulo dos minerais que o constituem.

Segundo CETIN & CARRASQUILLO (1998) as características mineralógicas dos agregados são fatores importantes que influenciam nas propriedades mecânicas dos compostos cimentícios. O módulo de elasticidade independe do tamanho dos agregados para um mesmo teor, devido às forças de ligação existentes interna e externamente nestes.

Em concretos e argamassas a escolha pelo tipo de agregado permite eliminar, ou pelo menos reduzir, a possibilidade de incompatibilidade elástica do agregado e da matriz, ou seja, em compostos em que o módulo de elasticidade do agregado é próximo ao da matriz as concentrações de tensões são mais uniformes e ocorrem na interface agregado/matriz (SENGUL *et al*, 2002). Portanto, a ruptura será forçada a passar através do agregado, resultando em um comportamento mais frágil e do tipo fratura transgranular.

2.3.1.5 Forma e Textura dos Agregados

A forma das partículas dos agregados, de acordo com COUTINHO (1973) tem influência na trabalhabilidade, no ângulo de atrito interno no estado fresco da argamassa, na compactidade, isto é, nas propriedades que dependem da quantidade de água de amassamento empregada nos argamassados.

MEHTA & MONTEIRO (2008) salientam que as partículas de textura áspera, angulosas e alongadas requerem mais pasta de cimento do que partículas lisas e arredondadas para se produzir misturas trabalháveis e, dessa forma, aumentam o custo do produto final.

Partículas formadas por atrito tendem a ser arredondadas pela perda de vértices e arestas; agregados de rochas intrusivas britadas possuem vértices e arestas bem definidos e são chamados de angulosos; partículas cuja espessura é relativamente pequena em relação às outras duas dimensões são chamadas de lamelares ou achatadas, enquanto aquelas cujo comprimento é bem maior que as outras duas dimensões são chamadas de alongadas. Sendo assim, a forma das partículas dos agregados é descrita pelo uso de dois parâmetros designados por: esfericidade e curvatura conforme ilustrado na Figura 2.6 e na Tabela 2.3.

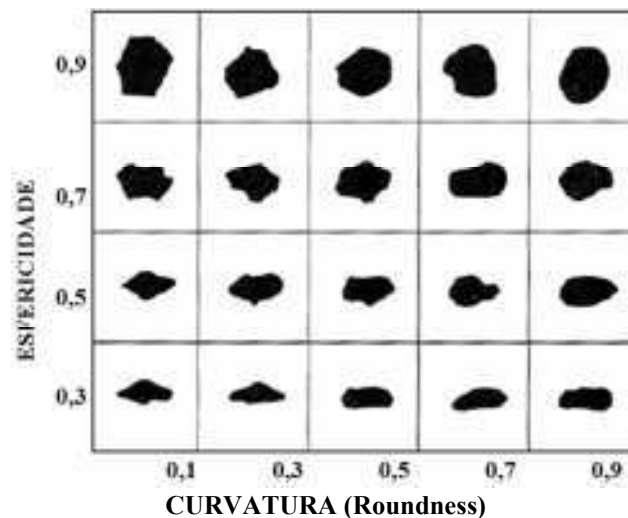


FIGURA 2. 6 – Formas das partículas, POOLE & SIMS (1998).

TABELA 2. 3 – Classificação da forma de partículas, com exemplos, NEVILLE (1997).

| Classificação | Descrição | Exemplos |
|---------------|--|--|
| Arredondado | Completamente erodido pela água ou pelo atrito | Seixo de rio ou de praia; areia de rio ou deserto. |
| Irregular | Naturalmente irregular ou parcialmente desgastado por atrito, com cantos arredondados. | Outros seixos; opalas. |
| Lamelar | Material em que a espessura é pequena em relação às outras dimensões | Rochas laminadas |
| Anguloso | Possuem arestas bem definidas formadas pela interseção de faces relativamente planas | Pedras britadas em geral |
| Alongado | Geralmente anguloso, em que o comprimento é bem maior do que as outras dimensões. | |
| Discóide | Comprimento muito maior do que a largura e largura muito maior do que a espessura | |

A esfericidade é dada pela relação entre a área superficial das partículas e o seu volume, enquanto a curvatura é a relação entre o raio médio das extremidades e os limites do raio de circunferência máxima inscrita de cada partícula. De uma maneira geral, considera-se que as partículas de elevada esfericidade, porém angulosas (com baixo valor do parâmetro de curvatura), são as ideais. Partículas alongadas e lamelares devem ser evitadas na argamassa em virtude do valor da área específica e o consumo de pasta.

O aumento de aderência devido à textura áspera está relacionado com o efeito das forças de natureza físico-química, e com o efeito de inter-travamento mecânico entre agregado e pasta. Sendo assim, a textura áspera vai exigir mais água, reduzindo um pouco, mas não totalmente, esta vantagem (SILVA, 1995).

2.3.1.6 Substâncias Deletérias Presentes nos Agregados

As substâncias deletérias presentes no agregado são as capazes de prejudicar a trabalhabilidade, a pega, a resistência, a estética e as características de durabilidade. Há três categorias de substâncias deletérias presentes nos agregados: impurezas que interferem no processo de hidratação do aglomerante; películas que impedem a aderência efetiva entre o agregado e a pasta de cimento hidratada; e partículas fracas ou não sãs; além dos efeitos deletérios envolvendo reações químicas com o aglomerante, como por exemplo, a reação álcali-agregado. A Tabela 2.4 apresenta os índices admitidos de impurezas nos agregados.

TABELA 2.4 – Índices Admitidos de Impurezas nos Agregados (NBR 7218/2010, 7211/2009).

| Substâncias nocivas | % máxima em relação à massa total Agregado miúdo | % máxima em relação à massa total Agregado graúdo |
|--|---|--|
| Torrões de argila | 3,0 | 3,0 |
| Material pulverulento (concreto submetido a desgaste superficial) | 3,0 | 1,0 |
| Material pulverulento (concreto protegido de desgaste superficial) | 5,0 | 1,0 |
| Materiais carbonosos (concreto não aparente) | 1,0 | 1,0 |
| Materiais carbonosos (concreto aparente) | 0,5 | 0,5 |

MEHTA & MONTEIRO (2008) relatam que reação álcali-agregado (RAA) se trata de uma reação química envolvendo íons alcalinos do cimento Portland, íons hidroxila e certos constituintes que podem estar presentes no agregado, podendo resultar em expansão e fissuração, “pipocamentos” e exsudação de um fluido viscoso (álcali-silicoso para reação álcali-sílica).

COURA (2009) ressalta alguns constituintes mineralógicos dos agregados que reagem com os hidróxidos alcalinos dissolvidos na solução dos poros. Estes hidróxidos alcalinos são derivados geralmente dos álcalis sódio e potássio do cimento Portland, mas os referidos álcalis podem ocasionalmente ser derivados de outras fontes. Um dos produtos formados na reação é o gel higroscópico expansivo, cuja composição química inclui sílica, álcalis e ocasionalmente uma pequena quantidade de cálcio.

A intensidade do fenômeno, sua velocidade e grandeza das deformações dependem de muitos fatores, entre os quais pode-se destacar: a quantidade e as características dos agregados reativos utilizados; os níveis de álcalis do cimento; a temperatura; a disponibilidade de umidade; a dosagem dos materiais; a permeabilidade da pasta de cimento hidratada, pois ela controla o deslocamento da água dos íons envolvidos na reação e também o deslocamento do gel de sílica, que é um produto da reação; e a presença de adições minerais, COURA (2009).

MCNALLY & RICHARDSON (2005), em análises petrográficas de agregados com quartzo, indicam cuidados ao classificá-los como potencialmente reativos alcalinos, devido à presença do sílex (rocha sedimentar silicatada, constituída de quartzo criptocristalino, muito dura e com densidade elevada. Pode apresentar impurezas variadas como argilas, carbonato, silte, pirita e matéria orgânica); no entanto, ressalta que a reação álcali-agregado é uma função da cristalinidade, logo, se as medidas para minimizar o risco (por exemplo, a limitação da carga de álcali) se revelarem demasiadamente onerosas em uma situação particular, o grau de cristalinidade deve ser investigado.

2.3.1.7 Distribuição Granulométrica das Partículas de Agregados

A distribuição granulométrica das partículas de um agregado, segundo as suas dimensões, designada por granulometria, influencia as propriedades do produto final, bem

como a trabalhabilidade e o custo. Por exemplo, areia muito grossa produz misturas ásperas e não trabalháveis, e as muito finas aumentam o consumo de água além de serem antieconômicas.

Se as partículas são distribuídas uniformemente por todas as dimensões (de menor a maior) e possuem forma adequada, é possível obter-se um produto compacto e resistente para um teor mínimo de cimento, reduzindo, paralelamente, o risco de segregação e, em especial, produzindo misturas mais trabalháveis e econômicas (HEWLETT, 1998). A Tabela 2.5 mostra os limites de distribuição granulométrica para o agregado miúdo, segundo a ABNT.

Além do aspecto econômico, há outros fatores que governam a escolha da dimensão do agregado para uma mistura, como a dimensão máxima característica do agregado, módulo de finura, teor de finos; COUTINHO (1999).

TABELA 2.5 – Limites de distribuição granulométrica do Agregado Miúdo - NM 248(2001).

| Peneira com abertura de malha | PORCENTAGEM (%), EM MASSA, RETIDA ACUMULADA | | | |
|-------------------------------------|---|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| | LIMITES INFERIORES | | LIMITES SUPERIORES | |
| | ZONA UTILIZÁVEL ² | ZONA ÓTIMA ¹ | ZONA ÓTIMA ¹ | ZONA UTILIZÁVEL ³ |
| 9,5 mm | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6,3 mm | 0 | 0 | 0 | 7 |
| 4,75 mm | 0 | 0 | 5 | 10 |
| 2,36 mm | 0 | 10 | 20 | 25 |
| 1,18 mm | 5 | 20 | 30 | 50 |
| 0,60 mm | 15 | 35 | 55 | 70 |
| 0,30 mm | 50 | 65 | 85 | 95 |
| 0,15 mm | 85 | 90 | 95 | 100 |

OBSERVAÇÃO: (1) O módulo de finura da zona ótima varia entre 2,20 a 2,90.
 (2) O módulo de finura da zona utilizável inferior varia entre 1,55 a 2,20.
 (3) O módulo de finura da zona utilizável superior varia entre 2,90 a 3,50.

SAHMARAN *et al* (2009) descrevem que a composição granulométrica altera a ductilidade e a resistência mecânica das argamassas e concretos, uma vez que pode promover a existência ou não de vazios entre os grãos, aumentar o consumo de cimento e produzir compostos com alta porosidade, como no caso de granulometria uniforme (numa só dimensão).

A presença de pó fino inerte pode aumentar a taxa de hidratação inicial do cimento Portland, segundo KADRI & DUVAL (2002), resultando na multiplicação de núcleos locais em que os hidratos podem crescer e aumentar a taxa de calor de hidratação. Esta reação conduz a um aumento na resistência à compressão para as partículas mais finas. Quando estes

pós são ativos, tais como elementos com cargas hidráulicas e/ou pozolânicas, promovem a nucleação heterogênea de hidratos, o que acelera a hidratação. Para a mistura de sílica ativa, a reação pozolânica é acrescentada ao processo de nucleação e diminui a velocidade de hidratação nas primeiras idades.

KADRI & DUVAL (2002) destacam que a adição de partículas ultrafinas inertes e/ou hidráulicas e/ou pozolânicas aumentam e/ou alteram as propriedades mecânicas como a resistência inicial da argamassa ou do concreto, que pode ser interessante para o empacotamento de partículas (*formwork striping*).

O objetivo de buscar granulometrias bem distribuídas é permitir o empacotamento de partículas e assegurar o bom desempenho nos compósitos cimentícios. O efeito de materiais comumente utilizados, tais como: cinzas volantes, sílica ativa, superplastificantes, reduzem a adição de água com conseqüente aumento da resistência, e sua investigação é primordial para o entendimento e conhecimento das forças resistivas e da durabilidade do concreto/argamassa (DELWAR *et al*, 1997).

Em resumo, o empacotamento das partículas pode ser maximizado através da correta seleção dos diâmetros e suas respectivas quantidades, fazendo com que os espaços vazios sejam preenchidos com partículas de tamanho adequado (menores), e assim sucessivamente (CARDOSO, 2009). Entretanto, deve-se considerar a morfologia das partículas (forma), o que em argamassas pode variar significativamente, visto que, areia de rio (arredondada) ou de rocha britada (irregular) possuem empacotamentos diferenciados; quanto menos esféricas forem as partículas, menores serão a densidade ou o empacotamento.

A área superficial dos agregados tem uma influência significativa sobre as propriedades mecânicas de argamassas de Cimento Portland, logo, deve-se realizar proporcionamento das misturas considerando diretamente essa variável. GOBLE & COHEN (1999) destacam que vários pesquisadores têm se esforçado para produzir misturas melhores, nas quais têm se concentrado sobre a utilização de adições minerais e químicas. Contudo ressalta que é possível simplesmente especificar a área superficial dos agregados para alcançar certas propriedades desejadas no concreto e/ou argamassa.

2.4 ARGAMASSAS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

2.4.1 Classificação das Argamassas

As argamassas possuem um expressivo consumo no mundo, sejam como revestimento de paredes, tetos, pisos ou assentamentos. Nos últimos anos muitas empresas estão substituindo as argamassas preparadas em obra pelas pré-fabricadas, devido à dificuldade de estoque de materiais e sua dosagem no canteiro de obras, aliada às imprecisões encontradas.

A NBR 13.281 (2005) define as argamassas como sendo uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosadas em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada).

As argamassas podem ser utilizadas em vários locais com função diferenciada, cada um dos empregos faz jus a uma série de propriedades que correspondem a um tipo de argamassa específico. A NBR 13530 (1995) classifica as argamassas em:

- Natureza do aglomerante (aérea e hidráulica);
- Número de aglomerantes (simples e mista);
- Tipo de aglomerante (cal, cimento e mista);
- Função do revestimento (chapisco, emboço e reboco);
- Forma de preparo ou fornecimento (dosada em central, preparada em obra, industrializada e semi-pronta);
- Propriedades especiais (aditivada, de aderência melhorada, colante, redutora de permeabilidade, de proteção radiológica, hidrófuga e termo isolante);
- Número de camadas de aplicação (camada única ou de duas camadas);
- Ambiente de exposição (paredes internas, paredes externas, contato com o solo);
- Comportamento à umidade (comum, permeabilidade reduzida, hidrófuga);
- Comportamento à radiação (proteção radiológica);
- Comportamento ao calor (termo isolante);

- Acabamento de superfície (camurçado; chapiscado; desempenado; sarrafeado; imitação travertino; lavado; raspado).

SILVA (2006) definiu as argamassas de revestimentos de paredes e tetos, como:

- **Chapisco:** apesar de não ser considerada uma camada de revestimento, trata-se de um procedimento de preparação da base (substrato), possuindo uma espessura irregular, sendo necessário ou não, conforme a natureza da superfície. Seu objetivo é melhorar as condições de aderência da primeira camada do revestimento ao substrato em situações críticas, basicamente vinculadas a dois fatores:
 - Limitações na capacidade de aderência da base: quando a superfície é muito lisa ou com porosidade inadequada, como por exemplo, o concreto ou os substratos detentores de sucção incompatíveis com a aderência do revestimento;
 - Revestimento sujeito a ações de maior intensidade: os revestimentos externos em geral e revestimentos de teto.
- **Emboço:** também conhecido por massa grossa. Trata-se de uma camada cuja principal função é a regularização da superfície de alvenaria, devendo apresentar espessura média entre 15 mm e 25 mm, sendo aplicado diretamente sobre a base previamente preparada (com ou sem chapisco), destinando-se a receber as camadas posteriores do revestimento (reboco, cerâmica, ou outro revestimento final). Por isso, deve apresentar *porosidade e textura superficiais* compatíveis com a capacidade de aderência do acabamento final previsto, que são determinadas pela granulometria dos materiais e pela técnica de execução.
- **Reboco** ou massa fina: é a camada de acabamento dos revestimentos argamassados, sendo aplicado sobre o emboço, com espessura suficiente para constituir uma película contínua e íntegra, com no máximo 5,0 mm de espessura. Trata-se do elemento que confere a textura superficial final aos revestimentos de múltiplas camadas, sendo a pintura, em geral, aplicada diretamente sobre ele. Logo, não deve apresentar fissuras, principalmente em aplicações externas, e precisa apresentar elevada capacidade de acomodar deformações.
- **Massa Única** ou emboço paulista: é o revestimento executado em uma única camada. Neste caso, a argamassa e a técnica de execução deverão resultar num produto capaz de cumprir as funções, tanto do emboço quanto do reboco, ou seja, regularizar a base e promover o acabamento final.

No que se refere às argamassas para execução de contrapiso e piso final, a primeira possui entre as suas principais funções: proporcionar caimento necessário para os diversos tipos de ambientes, suportar o revestimento empregado no piso e seus componentes, corrigir os pequenos desníveis, resistir às cargas atuantes sem apresentar rupturas, embutir tubulações (elétricas e hidráulicas), incorporar sistemas de impermeabilização, complementar sistemas de isolamento acústico e térmico, dentre outras. As empregadas na execução do piso visam proporcionar o acabamento final atendendo às necessidades especificadas no projeto, tais como: resistência à compressão, à abrasão, ao ataque de agentes químicos oriundos de materiais de limpeza, entre outros.

Dentro deste contexto, o seu desempenho está condicionado a: aspereza (determinada em função da granulometria da areia), acabamento final (ondulações), resistência mecânica (oriunda dos materiais empregados), quantidade de água na mistura (sendo ela estritamente necessária, normalmente são confeccionadas argamassas secas, tipo “farofa”), capacidade de absorver as movimentações naturais.

2.4.2 Propriedades das Argamassas

As argamassas possuem uma série de propriedades que assumem mais ou menos relevância em função da aplicação. Algumas podem ser caracterizadas como sendo determinantes no estado fresco, e outras no endurecido. A seguir são apresentadas as propriedades das argamassas e suas influências nas características durante a vida útil, tais como: retração, massa específica, teor de ar aprisionado, exsudação, coesão, tixotropia, trabalhabilidade, plasticidade, resistência mecânica, densidade de massa no estado endurecido, absorção de água, índice de vazios, módulo de elasticidade, resistência ao arrancamento.

2.4.2.1 Retração

A retração é um fenômeno que ocorre pela redução do volume da argamassa devido à perda de água para o substrato por sucção, por evaporação ou pela reação química dos componentes do cimento e da cal (SILVA (2006)).

As fissuras por retração plástica podem aparecer após o acabamento do revestimento ou, até mesmo, durante a fase de desempenho, podendo ser mapeadas, visíveis ou em microfissuras, atingindo ou não toda a espessura do revestimento. Sua dimensão (abertura - largura) é maior na superfície, diminuindo rapidamente com a profundidade, SILVA (2006).

SANTOS (2008) menciona que as fissuras permitem a percolação de água pela argamassa já endurecida, comprometendo a sua estanqueidade e, conseqüentemente, sua vida útil. A Figura 2.7 apresenta detalhes das argamassas fortes e fracas na quantidade de aglomerante em relação aos agregados.

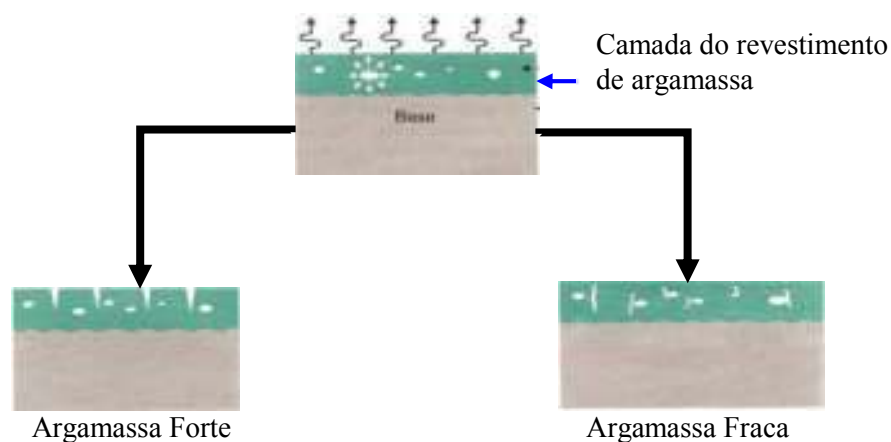


FIGURA 2.7 – Estrutura das fissuras em argamassas fortes e fracas (SANTOS, 2008).

Segundo BASTOS (2001) quanto ao estado físico da argamassa a retração pode ser classificada em:

- **Plástica:** caracterizada pela perda de água antes da pega do cimento, quando a fração sólida da mistura dispõe de mobilidade de umas partículas em relação às outras. Sendo que a diminuição do volume do sistema corresponde ao volume de água perdida;
- **No estado endurecido,** ocorre após a pega do cimento, sendo conhecida por retração na secagem. Depende do tamanho e do tipo de vazio que perde água e da forma como a água está ligada às superfícies sólidas da pasta endurecida: livre, se adsorvida nas paredes

internas de sua estrutura; entre as camadas do silicato de cálcio hidratado (C-S-H) ou combinada quimicamente. Considera-se que a magnitude da retração total da pasta endurecida depende diretamente do grau de dificuldade encontrado para a remoção da água e das propriedades mecânicas do compósito.

SILVA (2006) menciona que além da perda da água, a retração pode ter outras causas, tais como: retração térmica, por carbonatação, por hidratação do cimento e autógena, que podem ocorrer ao mesmo tempo ou em fases diferentes da vida útil da argamassa de revestimento. Acrescentam-se ainda os fatores que influenciam a retração, tais como: tipo de aglomerante, temperatura ambiental, incidência da radiação solar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, dentre outros.

Conforme mencionado, a perda de água é uma das principais causas da retração em compósitos à base de cimento, ocorrendo no estado saturado após a mistura, quando estes materiais normalmente são expostos à ambientes de umidade relativa abaixo de 100%. Entretanto, a sucção de água por um substrato poroso também pode ocorrer, como por exemplo, nas argamassas de revestimento aplicadas diretamente sobre componentes de alvenaria. SILVA (2006) afirma que a retração por secagem das argamassas de revestimento, na maioria das vezes, é a principal causa de fenômenos patológicos, sendo os principais fatores que a influenciam:

- **Condições externas:** que podem ser entendidas como a perda de água para a base/substrato onde é aplicada a argamassa, por sucção, que depende do grau de absorção da mesma e das condições climáticas de irradiação solar, temperatura, umidade relativa e vento.
- **Características inerentes à própria argamassa:** destacando-se a granulometria, a finura e a forma geométrica do agregado, as quais irão determinar a quantidade de água ou pasta aglomerante necessária na dosagem. Quanto maior o teor de água e aglomerantes e menor o teor de agregados, maior será a variação volumétrica durante a retração;
- **Capacidade de retenção de água da argamassa:** a qual pode diminuir os efeitos negativos de uma secagem acelerada. Com isso, observa-se a importância da cal no processo de retração, sendo ela grande retentora de água, além dos aditivos incorporadores de ar.

A adição de finos (dimensões inferiores a 0,075 mm) pode aumentar a incidência de fissuras por retração. No entanto, esta influência varia de acordo com a natureza mineralógica da adição. Vários estudos concluíram que o aumento do teor de finos proveniente de areia britada de rocha na confecção de argamassa mista provoca no revestimento um número consideravelmente maior de fissuras visíveis, possivelmente devido à retração, SILVA (2006).

2.4.2.2 Índice de Consistência (IC)

A consistência é a propriedade na qual a argamassa no estado fresco tende a resistir às deformações. A quantidade de água existente na argamassa é o principal fator que influencia esta propriedade; além da relação água/aglomerante, aglomerante/agregado, granulometria do agregado, natureza e qualidade do aglomerante. Esta consistência está associada à trabalhabilidade (facilidade de manusear) a argamassa durante a sua aplicação, seja como revestimento de paredes e tetos e/ou pisos e contrapisos.

CINCOTTO *et al* (1995) classificam as argamassas quanto à consistência em:

- **Argamassas secas:** são aquelas às quais é necessária a aplicação de uma energia para conformá-las em sua forma final, em que a pasta preenche os vazios entre os grãos;
- **Argamassas plásticas:** são as argamassas que, com a aplicação de um pequeno esforço, atingem a sua forma final, em que a pasta forma uma fina película e atua como lubrificante na superfície dos grãos dos agregados;
- **Argamassas fluidas:** são as argamassas que escorrem e se auto nivelam, dispensando qualquer esforço, além da força da gravidade. Neste caso, os grãos ficam imersos na pasta.

Para avaliar a consistência de argamassas realizam-se os procedimentos prescritos na NBR 13276 (2005), através da mesa de consistência (*flow table*). Contudo, conforme mencionado por GAZOLA (2007) e SANTOS (2008), este método é muito criticado, visto que não possui sensibilidade para medir a reologia da argamassa.

SOUSA & LARA (2007) mencionam que além da própria concepção do ensaio, há a não correspondência de resultados entre as argamassas caracterizadas sob mesmas condições de trabalhabilidade. Apesar disso, a mesa está longe de ser “aposentada”, talvez pelo fato da

carência de parâmetros para o meio técnico, que sente a necessidade da inclusão das medidas de espalhamento durante a caracterização das argamassas de revestimento no estado fresco.

Deve-se considerar, inclusive, a capacidade de retenção de consistência mesmo depois do contato com o substrato, estando esta altamente relacionada à cal presente na argamassa, que permite a retenção de água. Cabe mencionar que a consistência da argamassa é oriunda de pelo menos dois componentes principais: a fluidez, que descreve a facilidade de mobilidade e a coesão, que representa a resistência à exsudação ou à segregação.

2.4.2.3 Coesão, Tixotropia e Exsudação

A coesão de uma argamassa pode ser definida como sendo a sua propriedade de manter seus constituintes homogêneos sem haver segregação, por intermédio das forças físicas de atração existentes entre as partículas sólidas da argamassa e as ligações químicas da pasta aglomerante. As argamassas necessitam de adições especiais e aglomerantes adequados para obter uma boa coesão, sendo a cal o elemento mais utilizado.

A coesão, segundo FREITAS (2010), pode ser entendida como união e aglutinação. Esta propriedade está diretamente ligada aos constituintes mais finos, isto é, à área específica dos sólidos, sendo a pasta a responsável pela coesão das argamassas. Assim sendo, pode-se dizer que a coesão no estado fresco vai refletir no estado endurecido, mais especificamente na resistência à tração, podendo ser avaliada através do ensaio de tração pura. Cabe destacar que, até o momento, não há um método de ensaio no Brasil que determine essa característica em laboratório.

A tixotropia está relacionada com a coesão, sendo definida como uma mudança de viscosidade quando se promove a agitação da massa, permitindo a passagem de sólido ou de pasta para gel, que no caso da argamassa corresponde à massa coesiva de aglomerante na pasta, tornando-a mais densa após a hidratação. Esta propriedade é exigida nas argamassas de assentamento de peças cerâmicas e nas de recuperação. As argamassas tixotrópicas exigem baixa energia para alteração de sua forma, contudo se mantêm inalteradas sob ação da gravidade, sendo obtidas através do emprego de aditivos à base de polímeros e adições minerais como cinza volante, microsilica e cinza de casca de arroz. (SANTOS (2008))

A exsudação consiste no fenômeno de separação de parte da água de amassamento de uma argamassa fresca mantida em repouso, sem qualquer tipo de vibrações ou choques. Logo, é uma forma de segregação, na qual os sólidos tendem a se sedimentar sob a força da gravidade, e os componentes da argamassa não retêm a água da mistura em estado disperso enquanto os sólidos estiverem se assentando, SANTOS (2008).

2.4.2.4 Reologia e Viscosidade

A reologia é definida como a ciência que estuda a deformação e escoamento da matéria. Sua aplicação se justifica a partir do momento em que se classificam os materiais, analisam-se seus comportamentos frente a um campo de tensão, relacionam-se estes comportamentos com a estrutura de cada material, bem como se prevê o desempenho destes em outros estágios de tensão, deformação, tempo e temperatura. (BAUER (2011)).

As argamassas são formadas potencialmente pela composição, em proporções/traços adequados com materiais como agregados, aglomerantes (cimento e cal) e água. Estas composições são assumidas, em muitos casos, como numa suspensão concentrada de partículas sólidas (agregados) em um líquido viscoso (no caso a pasta).

CARDOSO (2009) apresenta de forma simplificada, como suspensão difásica concentrada, composta por uma fração “grossa” inerte (areia), com partículas entre 100 μm e 2 mm aproximadamente, e uma pasta reativa, composta por água e “finos”(cimento e/ou cal), conforme ilustrado da Figura 2.8.

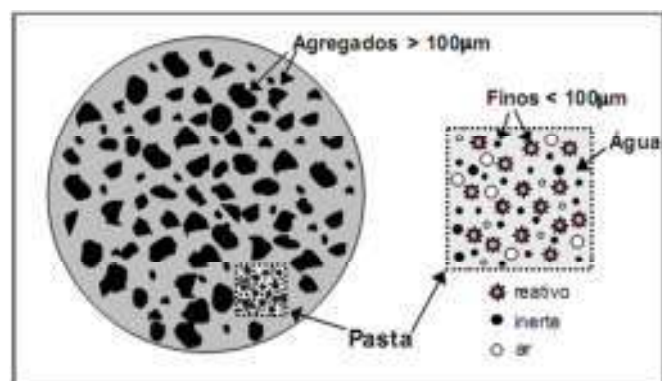


FIGURA 2. 8 – Ilustração esquemática da microestrutura de uma argamassa no estado fresco (CARDOSO, 2009).

Neste contexto, é comum considerar que tais concentrações escoam como um fluido, sendo aplicada a teoria clássica que envolve o escoamento de fluidos. Quando uma força de cisalhamento é aplicada em um fluido, induz-se um gradiente de velocidade, o fator de proporcionalidade entre a força e o gradiente é chamado de viscosidade.

Segundo BETIOLI *et al* (2009), o comportamento reológico de materiais à base de cimento é complexo devido aos diferentes tipos (concretos, argamassas, fibrocimento), condições de misturas (velocidade, tempo, confinamento) e aplicações (extrusão, autoadensável, bombeamento, etc.), além da natureza reativa do cimento. Essa variedade de materiais/aplicações requer diferentes características reológicas.

FREITAS (2010) menciona que as características reológicas das suspensões são afetadas por diversos fatores, entre eles: concentração volumétrica de sólidos, características do meio líquido, temperatura, tempo decorrido desde o início da mistura (especialmente no caso de suspensões reativas), características físicas das partículas (distribuição granulométrica, densidade, morfologia, área superficial e rugosidade) e tipo de interação das partículas no meio (estado de dispersão).

Já a viscosidade expressa à resistência do fluido ao escoamento (em situação de fluxo), podendo ser considerada como o atrito interno, que resulta quando uma película do fluido é forçada a mover-se em relação à outra adjacente. Para a maior parte dos líquidos puros, e para muitas soluções e dispersões, a viscosidade (μ) é uma grandeza bem definida a uma dada temperatura e pressão. (FREITAS (2010)).

Para o estudo do comportamento das argamassas no estado fresco, usualmente, os ensaios utilizados para sua caracterização são o índice de consistência (*Flow Table*), e de penetração de uma esfera padrão (*Dropping Ball*). O primeiro ensaio consiste em uma amostra que é moldada na forma de um cone padrão e, após a retirada do cone, o material é submetido a sucessivos impactos, não possibilitando a distinção entre a contribuição da tensão de escoamento e da viscosidade. Portanto, não é uma técnica eficiente a ser empregada na caracterização reológica de misturas como as argamassas. E como já citado, carece de uma maior sensibilidade, pois fornece uma única medida como parâmetro reológico. Já o segundo, consiste na penetração de uma esfera padrão (*Dropping Ball*) por queda livre (com tamanho, peso e altura da queda padronizados) sobre uma argamassa moldada em um cilindro metálico; o resultado é o índice de penetração expresso em milímetros, dado pela profundidade de penetração da esfera após a queda livre, estando relacionado com a tensão de escoamento, mas não considera a influência do impacto da bola no material e a densidade da argamassa.

2.4.2.5 Trabalhabilidade e Plasticidade

A trabalhabilidade pode ser considerada como uma propriedade subjetiva das argamassas, uma vez que não existe uma trabalhabilidade padrão a ser utilizada, sendo caracterizada pela consistência e plasticidade que descrevem a facilidade de mobilidade e a coesão, representada pela resistência à exsudação ou à segregação. SOUSA & LARA (2007) afirmam que a trabalhabilidade é uma das propriedades mais importantes no estado fresco, visto que indica convenientemente sua utilização.

A plasticidade é a propriedade que permite à argamassa deformar-se e reter certas deformações após a redução das tensões a que foi submetida, estando diretamente ligada a sua consistência, coesão e retenção de água. Uma argamassa terá boa plasticidade quando se espalhar facilmente sobre o substrato e aderir à sua superfície ou, no caso de revestimentos, quando proporcionar facilidade no seu acabamento final.

2.4.2.6 Resistência Mecânica

A resistência mecânica é usualmente definida como sendo a propriedade das argamassas de suportarem as ações de diferentes naturezas como: as oriundas da abrasão superficial, do impacto e de movimentação higroscópica e/ou estrutural; sendo a resistência à tração na flexão e à compressão axial determinadas segundo a NBR 13279 (2005).

A NBR 13281 (2005) classifica as argamassas, segundo a resistência à compressão axial, conforme ilustrado na Tabela 2.6. A NBR 13279 (2005) define o procedimento experimental.

TABELA 2. 6 – Classificação das Argamassas segundo a Resistência à Compressão. (NBR 13281 (2005))

| Classe | Resistência à Compressão Axial (MPa) |
|--------|--------------------------------------|
| P1 | $\leq 2,0$ |
| P2 | 1,5 a 3,0 |
| P3 | 2,5 a 4,5 |
| P4 | 4,5 a 6,5 |
| P5 | 5,5 a 9,0 |
| P6 | $> 8,0$ |

SANTOS (2008) menciona que essa propriedade depende, basicamente, do consumo e da natureza dos agregados e aglomerantes empregados e da técnica de execução, sendo que esta última visa compactar as argamassas durante a sua aplicação e acabamento. Há de se considerar, inclusive, a significativa influência da temperatura e da umidade no desempenho e vida útil das argamassas, bem como a resistência, que é inversamente proporcional ao consumo de água (relação água/cimento) devido ao aumento do índice de vazios.

2.4.2.7 Densidade de Massa e Teor de Ar Incorporado

O ensaio de densidade de massa no estado endurecido está prescrito na norma NBR 13280 (1995), representando a relação entre a massa e o volume aparente da argamassa. O valor da densidade de massa da argamassa é um indicativo da compacidade resultante da proporção de mistura agregado/aglomerante e da distribuição granulométrica do conjunto; determina indiretamente o volume de vazios incorporados pelos aditivos e a quantidade de água de amassamento perdida por evaporação, FREITAS (2010).

No estudo efetuado por SILVA (2006) em argamassas, empregando-se areia natural ou britada, constatou-se que o aumento na relação cal/cimento diminui a densidade de massa para ambos os casos; para uma mesma relação agregado/aglomerante, o incremento no teor de cal reduz a densidade de massa além de aumentar o consumo de água.

A NBR 13.281 (2005) classifica as argamassas, segundo a densidade de massa aparente no estado fresco (γ_f), conforme ilustrado na Tabela 2.7. Ressalta-se que esta propriedade é obtida pela NBR 13.278 (2005).

TABELA 2. 7 – Classificação das Argamassas segundo a Densidade de Massa Aparente no Estado Fresco (γ_f). (NBR 13.281 (2005))

| Classe | Densidade de Massa Aparente no Estado Fresco (kg/m ³) |
|--------|---|
| D1 | ≤ 1400 |
| D2 | 1200 a 1600 |
| D3 | 1400 a 1800 |
| D4 | 1600 a 2000 |
| D5 | 1800 a 2200 |
| D6 | > 2000 |

O ensaio de densidade de massa e do teor de ar incorporado na argamassa fresca é determinado a partir da massa específica das argamassas, conforme prescreve a NBR 13.278 (2005). A avaliação dos resultados pode revelar que o teor de ar influencia a trabalhabilidade, e pode impactar nos valores de resistência mecânica das argamassas, contudo, pode beneficiar na melhoria de sua deformabilidade. Além disso, o teor de ar incorporado contribui para o impedimento da passagem de água para o interior pelo fenômeno da capilaridade, pois as bolhas de ar incorporado podem interromper parte dos poros capilares das argamassas, FREITAS (2010).

A NBR 13.281 (2005) classifica as argamassas, segundo a densidade de massa aparente no estado endurecido (γ_f), conforme ilustrado na Tabela 2.8. Salienta-se que esta propriedade é avaliada segundo procedimento definido pela NBR 13.280 (2005).

TABELA 2.8 – Classificação das Argamassas segundo a Densidade de Massa Aparente no Estado Endurecido (γ_f). (NBR 13.281 (2005))

| Classe | Densidade de Massa Aparente no Estado Endurecido (kg/m ³) |
|--------|---|
| M1 | ≤ 1200 |
| M2 | 1000 a 1400 |
| M3 | 1200 a 1600 |
| M4 | 1400 a 1800 |
| M5 | 1600 a 2000 |
| M6 | > 1800 |

2.4.2.8 Absorção de Água, Capilaridade

A absorção de água representa a capacidade que a argamassa possui de reter a água de amassamento contra a sucção da base ou a evaporação. Essa característica é importante, pois permite a adequada hidratação do cimento, o endurecimento da argamassa de forma gradativa, garantindo o desempenho esperado no revestimento ou no assentamento.

Uma argamassa retém naturalmente a água usada no amassamento, molhando a superfície dos grãos de areia e do aglomerante e preenchendo os vazios; o excesso de água pode sair da mistura por exsudação, evaporação ou sucção da base, FREITAS (2010). O aumento da absorção de água da argamassa pode ser conseguido com aumento da superfície

específica dos constituintes ou com aditivos que, por suas características, absorvem a água ou impedem sua percolação através da massa sólida.

O ensaio de absorção de água pode ser realizado pela NBR 9779 (2005) ou pelo *Método do Cachimbo*, proposto pelo *Centre Scientifique et Technique de la Construction* (CSTC, 1982) e pela *Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions* (RILEM, 1982).

A determinação da absorção pelo método do cachimbo, em laboratório ou *in situ*, avalia o comportamento do revestimento (argamassa) em uma situação de chuva, com uma determinada força da água sobre os poros do revestimento, sendo a pressão de referência igual a 920 Pa, que corresponde a ação estática de um vento com velocidade de aproximadamente 140 km/h, onde a altura de água corresponde à pressão (kgf/m²) exercida por ela (1 mm de coluna d'água é correspondente 1 kgf/m² que é aproximadamente 10 Pa).

Segundo POLISSENI (1986) as principais aplicações do método de cachimbo são: avaliação da capacidade impermeabilizante de um revestimento de parede e comparação da eficácia inicial relativa à capacidade impermeabilizante entre produtos de revestimentos de paredes existentes no mercado.

Segundo BAÍA & SABBATINI (2008) a permeabilidade está relacionada com a passagem de água pela camada de argamassa, que é um material poroso e permite a percolação da água tanto no estado líquido como no vapor. Neste sentido, depende da quantidade e do tipo de aglomerante utilizado, da granulometria do agregado e das características do substrato, sendo que o revestimento deve ser estanque à água, mas permeável ao vapor. A permeabilidade não é função simples da porosidade, mas depende, também, das dimensões, distribuição e continuidade dos poros.

Segundo SILVA (2006) na maioria dos traços de argamassas que possuem a mesma relação agregado/aglomerante, à medida que aumenta a relação cal/cimento, aumenta-se o coeficiente de capilaridade devido, provavelmente, à diminuição do raio dos capilares com o incremento do teor de material fino. A Tabela 2.7 apresenta a classificação das argamassas segundo o seu coeficiente de capilaridade, segundo a NBR 15259 (2005).

TABELA 2. 7 – Classificação das Argamassas segundo o Coeficiente de Capilaridade. (NBR 13281 (2005))

| Classe | Coeficiente de Capilaridade ($\text{kg/m}^2/\text{min}^{1/2}$) |
|--------|--|
| C1 | $\leq 1,5$ |
| C2 | 1,0 a 2,5 |
| C3 | 2,0 a 4,0 |
| C4 | 3,0 a 7,0 |
| C5 | 5,0 a 12,0 |
| C6 | $> 10,0$ |

2.4.2.9 Retenção de Água

A retenção de água corresponde à propriedade que confere à argamassa a capacidade de não alterar sua trabalhabilidade, mantendo-se aplicável por um período adequado de tempo quando sujeita a solicitações que provoquem perda de água, seja por evaporação, sucção do substrato ou reações de hidratação, FREITAS (2010).

A retenção de água das argamassas é determinada conforme a NBR 13.277 (2005), que após sua última revisão passou a adotar os procedimentos prescritos pela CSTB 2669-4, isto é, após se realizar a produção de argamassa, essa é colocada em um equipamento chamado Funil de Büchner, vide Figura 2.9, e submetida a uma sucção de 51 mm Hg, realizada por uma bomba de vácuo, durante 15 minutos.

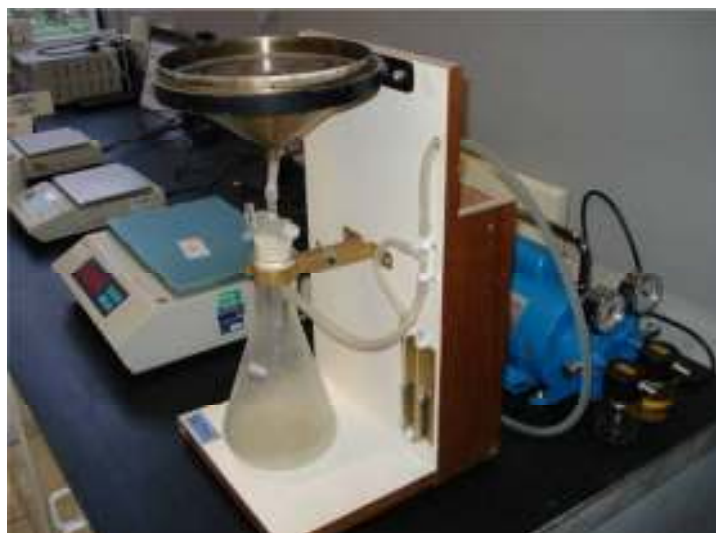


FIGURA 2. 9 – Funil de Büchner (FREITAS, 2010).

FREITAS (2010) apresenta que o aumento da retenção de água da argamassa pode ser conseguido por: aumento do teor de materiais constituintes com elevada área específica, como é o caso da introdução do saibro e da cal ou, emprego de aditivos cujas características impedem a perda de água, como é o caso dos derivados da celulose (aditivos retentores de água).

A NBR 13.281 (2005) classifica as argamassas, segundo a Retenção de Água, conforme ilustrado na Tabela 2.9. Salienta-se que esta propriedade é avaliada segundo procedimento definido pela NBR 13.277 (2005).

TABELA 2.9 – Classificação das Argamassas segundo a Retenção de Água (%). (NBR 13281 (2005))

| Classe | Retenção de Água (%) |
|--------|----------------------|
| U1 | ≤ 78 |
| U2 | 72 a 85 |
| U3 | 80 a 90 |
| U4 | 86 a 94 |
| U5 | 91 a 97 |
| U6 | 95 a 100 |

2.4.2.10 Módulo de Elasticidade

O módulo de elasticidade do concreto ou argamassa sob tração ou compressão é dado pela declividade da curva tensão-deformação para o concreto ou argamassas sob carga uniaxial, não sendo linear, o que permite dividir este módulo em três tipos (MEHTA & MONTEIRO, 2008):

- Módulo tangente, que é dado pela declividade de uma reta traçada de forma tangente à curva de tensão-deformação em qualquer ponto desta curva;
- Módulo secante, que é obtido pela declividade de uma reta traçada da origem até um ponto da curva, que corresponde à tensão de 40% da carga de ruptura;
- Módulo cordal, que é dado pela inclinação de uma reta traçada entre dois pontos da curva tensão-deformação, sendo o primeiro corresponde a 50 μm e o segundo a 40 % da carga de ruptura.

O Módulo de Elasticidade Dinâmico corresponde a uma deformação instantânea muito pequena, e é dado por aproximação pelo módulo tangente inicial. Geralmente é de 20 a 40 % mais alto que o módulo de elasticidade estático. É utilizado para avaliar estruturas sujeitas a terremotos e impactos. Pode ser obtido com maior precisão por ensaio ultrassônico.

As Figuras 2.10 e 2.11 apresentam os valores dos módulos de elasticidade estáticos das areias natural e britada, para várias relações de agregado/aglomerante e cal/cimento, segundo SILVA (2006).

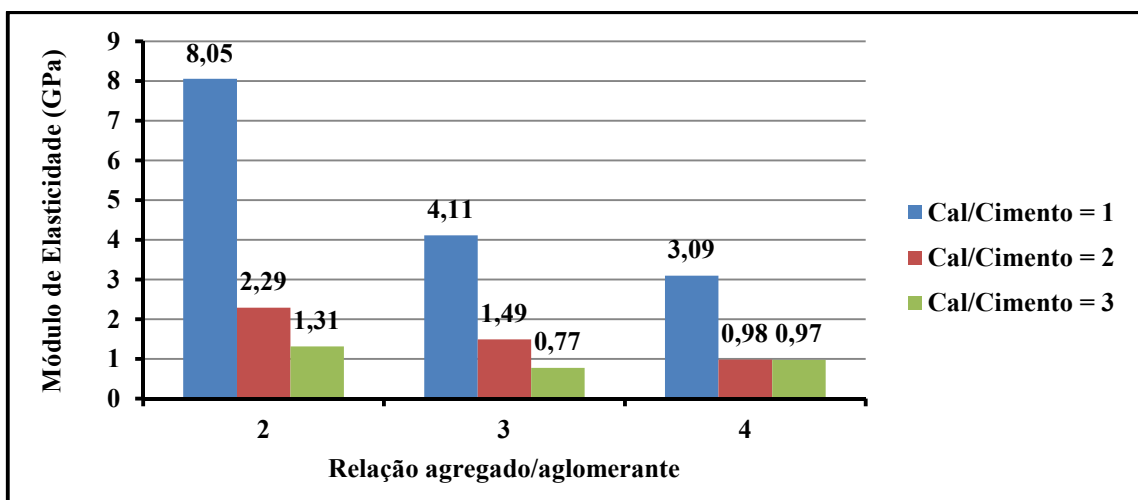


FIGURA 2. 10 – Módulo de elasticidade em função das relações agregado/aglomerante e cal/cimento para as argamassas com areia natural (SILVA, 2006)

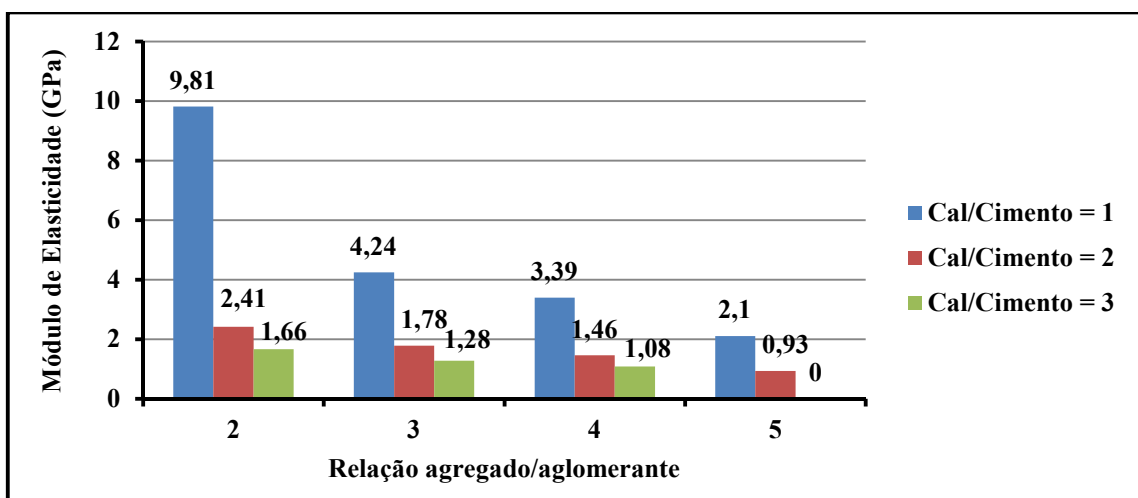


FIGURA 2. 11 – Módulo de elasticidade em função das relações agregado/aglomerante e cal/cimento para as argamassas com areia britada (SILVA, 2006)

Observando as Figuras 2.10 e 2.11 constata-se que à medida que as relações cal/cimento e agregado/aglomerante aumentam, diminuem os valores do módulo de elasticidade, sendo mais acentuada para a relação agregado/aglomerante igual a 2, quando o teor de cimento é maior. Todas as argamassas produzidas com areia britada obtiveram módulo de elasticidade e resistências maiores do que aquela produzida com areia natural, para um mesmo proporcionamento de materiais, promovido pela maior rugosidade das partículas.

SILVA (2006) justifica que o módulo de elasticidade é uma expressão da rigidez da argamassa no estado endurecido, proporcionado pelo cimento hidratado, dependente da relação água/cimento e da disposição/espaços entre as partículas dos agregados devido à forma, à rugosidade dos grãos e teor de material pulverulento. O autor constatou que à medida que aumenta a relação cal/cimento, diminui a densidade de massa causada pelo aumento do teor de cal, que produz um aumento no consumo de água. Esta água excedente na mistura não hidrata com o cimento, não participa das reações químicas com os componentes da cal, o que promove o aumento do índice de vazios e a queda do módulo de elasticidade.

2.4.2.11 Resistência ao Arrancamento (*Pull Off*)

BAÍA e SABBATINI (2008) definem a aderência como a capacidade que a argamassa possui de se manter fixa ao substrato, através da resistência às tensões normais e tangenciais que surgem na interface substrato-argamassa. Logo, é resultado de aderência ao cisalhamento e da extensão de aderência da argamassa. As Figuras 2.12 e 2.13 ilustram os mecanismos de ruptura da aderência, sendo o ensaio prescrito pela norma NBR 13.528 (2010).

SANTOS (2008) conceitua o desenvolvimento da aderência pelos mecanismos:

- **Aderência Mecânica:** formada pelo Inter travamento mecânico dos produtos da hidratação do cimento, transferidos para a superfície dos poros da unidade de alvenaria;
- **Aderência Química:** advêm de forças covalentes ou forças de Van der Waals, desenvolvidas entre a unidade de alvenaria e os produtos da hidratação do cimento.

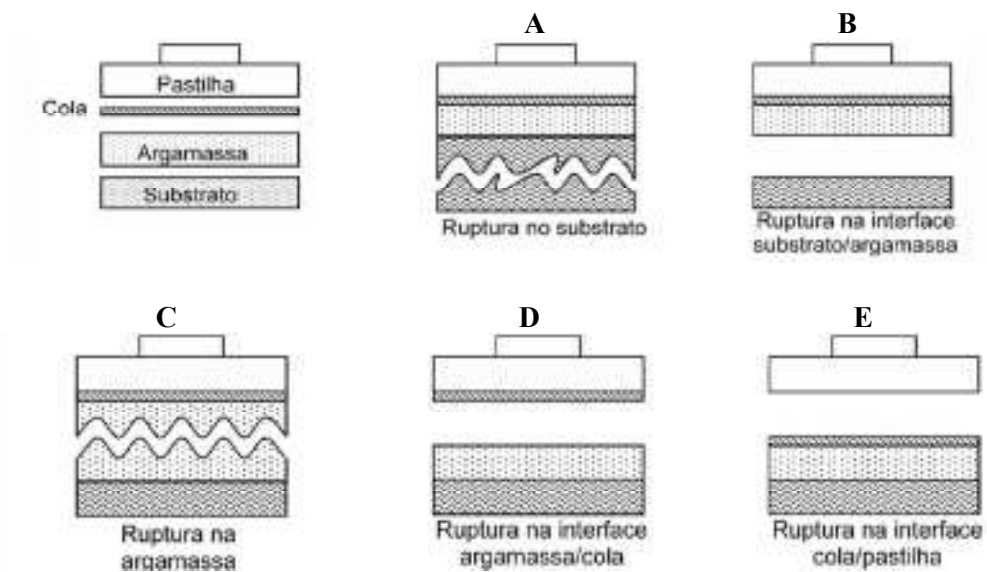


FIGURA 2. 12 – Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento sem chapisco. NBR 13.528(2010)

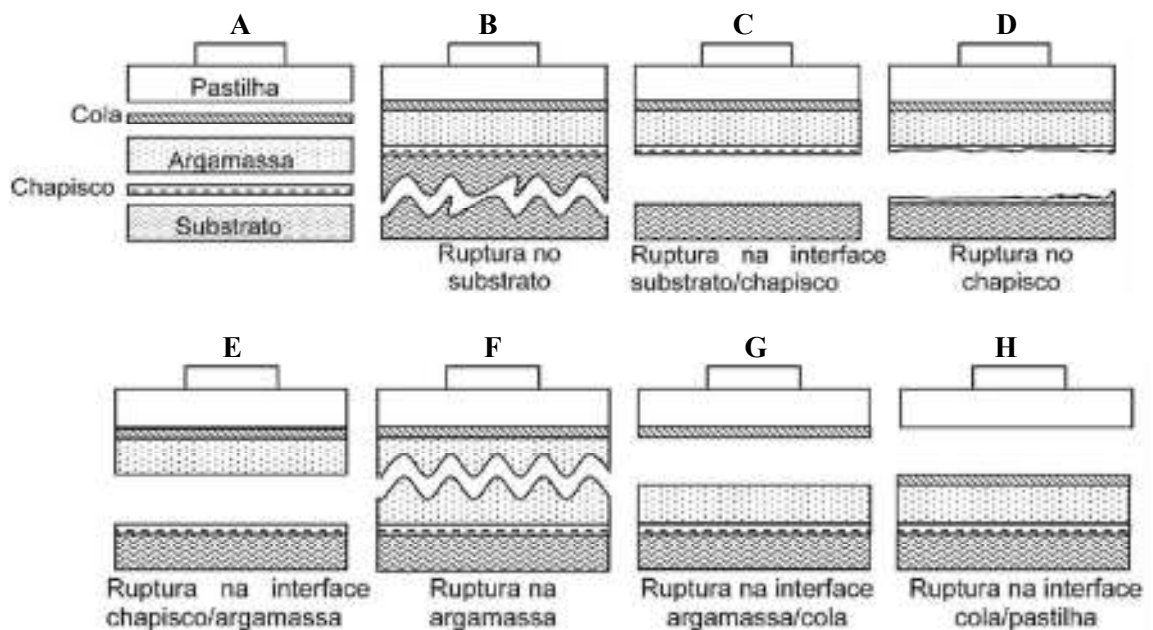


FIGURA 2. 13 – Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento com chapisco. NBR 13.528(2010)

SILVA (2006) constatou que tanto para a areia natural quanto para a areia britada, à medida que se aumenta a relação cal/cimento e a relação agregado/aglomerante, diminui-se a resistência de aderência à tração, e para os traços com mesma relação agregado/aglomerante, o aumento do teor de cal diminui sensivelmente a resistência de aderência à tração. As argamassas mistas (cimento e cal), em geral, devido a sua plasticidade e a retenção de água,

permitem o preenchimento das irregularidades da base, repercutindo de forma favorável sobre a aderência, bem como o teor de cimento tem influência diretamente proporcional na resistência de aderência das argamassas.

A NBR 13.281 (2005) classifica as argamassas, segundo a resistência potencial de aderência à tração, conforme ilustrado na Tabela 2.10 A NBR 13258 (2005) define o procedimento experimental.

TABELA 2. 10 – Classificação das Argamassas segundo a Resistência Potencial de Aderência à Tração. (NBR 13281 (2005))

| Classe | Resistência Potencial de Aderência à Tração (MPa) |
|--------|---|
| A1 | $\leq 0,2$ |
| A2 | $\geq 0,2$ |
| A3 | $\geq 0,3$ |

3 MATERIAIS E MÉTODOS EMPREGADOS

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Objetivando avaliar o emprego de agregado artificial (obtido a partir do rejeito de mármore) para confecção de argamassas convencionais e de alto desempenho, aplicável à indústria da construção civil, elaborou-se um programa experimental para estudar as propriedades químicas e físicas dos materiais, bem como das argamassas, no estado fresco e endurecido.

Numa segunda etapa desenvolveu-se uma minuciosa análise, com o auxílio, inclusive, de ferramentas estatísticas (através do programa computacional Excel) das argamassas testadas.

3.2 MATERIAIS

3.2.1 Cimento

Empregou-se o Cimento Portland do tipo CP II-E-32, fabricado pela HOLCIM do Brasil S.A., a Tabela 3.1 apresenta as análises física e química, fornecidas pelo fabricante.

3.2.2 Cal

Empregou-se Cal Hidratada Especial Aditivada tipo CH I, a Tabela 3.2 apresenta os resultados da análise química fornecida pelo fabricante.

TABELA 3. 1 – Composição química, resistência e índices físicos do cimento – CP II E 32.

| Compostos | Teor (%) | Ensaio Físicos | NBR 11578 | Resistência à compressão | | NBR 11578 |
|--------------------------------|----------|--|-----------|--------------------------|----------|------------|
| | | | | Idade (dias) | fc (MPa) | |
| SiO ₂ | 24,05 | Início de pega (min.) | 190 | ≥60 | | |
| Al ₂ O ₃ | 7,15 | Fim de pega (min.) | 240 | ≤600 | 1 | 8,6 - |
| Fe ₂ O ₃ | 2,47 | Finura #325 (%) | 17,1 | ≥12,0 | 3 | 24,8 ≥10,0 |
| CaO | 57,50 | A/C (%) | 26,0 | - | 7 | 32,3 ≥20,0 |
| MgO | 3,36 | Superfície específica (cm ² /g) | 4181 | ≥2600 | 28 | 40,9 ≥32,0 |
| K ₂ O | 0,60 | Expansão a quente (mm) | 0,0 | ≤5,0 | | |
| C ₃ A | 5,08 | RI (%) | 2,06 | ≤2,5 | | |
| CO ₂ | 3,41 | PF (1000°C) | 4,71 | ≤6,5 | | |
| SO ₃ | 1,84 | | | | | |
| Sulfeto | 0,23 | | | | | |

TABELA 3. 2 – Composição química, resistência e índices físicos da Cal Hidratada.

| Compostos | | Condição CH I | Limites da Norma |
|--------------------------|--|---|---|
| Características Químicas | Anidrido Carbônico (CO₂) | | |
| | Na Fábrica | ≤ 5% | ≤ 5% |
| | No depósito ou obra | ≤ 7% | ≤ 7% |
| | Óxidos de cálcio e magnésio não Hidratados calculados | ≤ 10% | ≤ 10% |
| | Óxidos totais na Base não-voláteis | ≥ 90% | ≥ 90% |
| Características Físicas | Finura (%retida acumulada) | | |
| | Peneira 0,600 mm | ≤ 0,5% | ≤ 0,5% |
| | Peneira 0,075 mm | ≤ 10% | ≤ 10% |
| | Retenção de água | ≤ 75% | ≤ 75% |
| | Incorporação de areia | ≤ 3% | ≤ 3% |
| | Estabilidade | Ausência de cavidades ou Protuberâncias | Ausência de cavidades Ou Protuberâncias |
| | Plasticidade | ≥ 110 | ≥ 110 |

3.2.3 Agregado

Empregou-se um agregado miúdo resultante do “tritramento” do rejeito de mármore, fornecido pela empresa localizada na cidade de Mar de Espanha (MG), que utiliza apenas mármore em seu processo de beneficiamento. Nesta empresa, os cacos de mármore, após a lavagem e secagem, são moídos em moinhos de bolas e separados por peneiramento em várias frações granulométricas. Neste trabalho elaborou-se a composição granulométrica do agregado a fim de caracterizá-lo na zona ótima segundo a NBR 7211(2005).

Com o objetivo de se obter um agregado alternativo para a construção civil, o emprego de areia natural (rio) se fez necessário para avaliar comparativamente as vantagens e/ou desvantagens do emprego do novo material.

a) Caracterização Química e Petrográfica

A análise petrográfica consiste na identificação detalhada dos constituintes da rocha, sendo realizada a partir do exame macroscópico feito com amostras de mão, podendo ser auxiliado por um estereomicroscópio (ou lupa), e do exame microscópico ótico, por luz transmitida, em fatias de rocha (lâminas delgadas) expostas em áreas de aproximadamente 4,0 x 2,5 mm e espessuras da ordem de 0,03 mm.

As características da rocha determinadas através da análise petrográfica (através de difração de Raio-X), permitiu avaliar o comportamento físico-mecânico dos materiais, diagnosticado através de ensaios tecnológicos específicos, ou observado durante os trabalhos de beneficiamento (especialmente corte e polimento). Na execução das análises petrográficas adotou-se a NBR 7389 (2009).

Dentro do exposto, efetuou-se no Laboratório de Análise de Calcários da Universidade Federal de Viçosa a composição química do resíduo de mármore, vide Tabela 3.3, bem como a descrição petrográfica, realizada na Universidade Federal de Ouro Preto, a fim de se investigar as potencialidades reativas do agregado, vide Figuras de 3.1 a 3.3 e Tabela 3.4.

TABELA 3.3 – Análise química do pó de mármore.

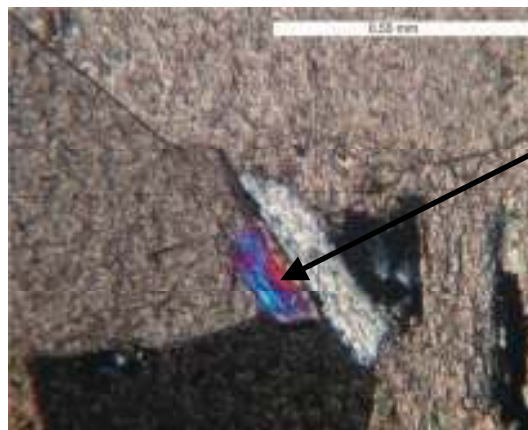
| Composição Química do Pó de Mármore | |
|-------------------------------------|----------|
| Principais Elementos | Teor (%) |
| Ca | 18,1 |
| Mg | 12,9 |
| CaO | 25,4 |
| MgO | 7,8 |

Classificação: Magnésiano

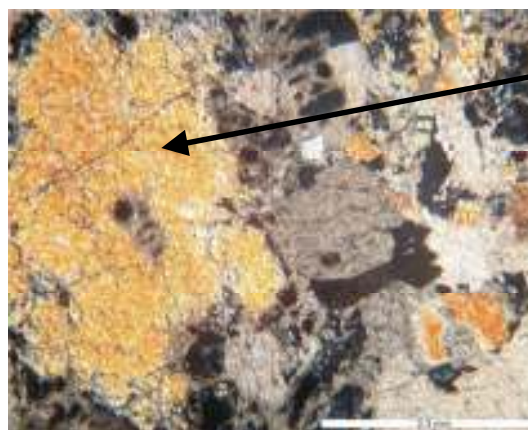
TABELA 3.4 – Análise Petrográfica do Pó de Mármore

| Descrição Petrográfica do Pó de Mármore | | |
|---|--|-------------|
| Mineral | Formulação Química | Porcentagem |
| Carbonato | (CaCO ₃) ou (CaMg (CO ₃) ₂) | 95% |
| Olivina – Fosterita | (Mg ₂ SiO ₄) | 3% |
| Clorita – Mg | (Mg ₁₂ [(Si,Al) ₈ O ₂₀](OH) ₁₆) | * |
| Serpentina | Mg ₃ [Si ₂ O ₅](OH) ₄ | * |
| Anfíbólio - Tremolita | [Ca ₂ Mg ₅ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂] | * |

* A porcentagem dos três minerais juntos chega a 2% da lâmina.



Clorita

FIGURA 3. 1 – Clorita - Mg com formato tabular – Resolução de 0,55 mm

Tremolita

FIGURA 3. 2 – Cristal de Tremolita – Resolução de 2,3 mm

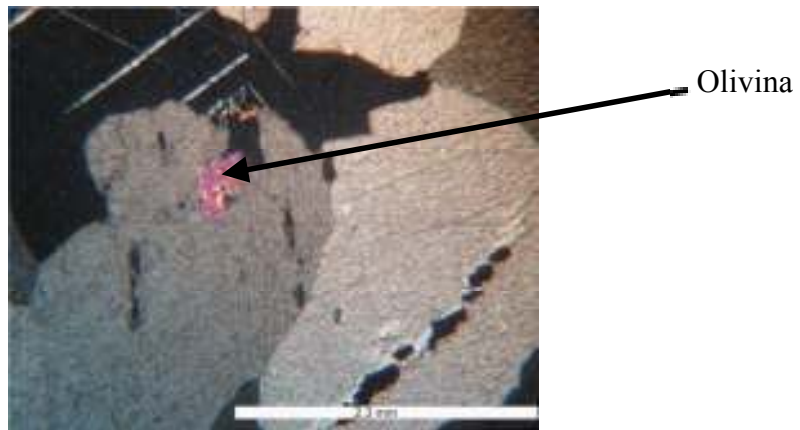


FIGURA 3. 3 – Olivina inclusa em carbonato – Resolução de 2,3 mm

Analisando a composição mineralógica da areia de mármore (areia artificial - AA), verifica-se que há ausência de minerais que possam causar a reação álcali-agregado tais como: opala, calcedônia, cristobalita, tridimita, silicatos existentes nos feldspatos, folhelos argilosos, brucita e calcário dolomítico. Portanto, admite-se que dificilmente o resíduo produza este tipo de reação.

b) Características físicas

As características físicas estudadas foram composição granulométrica, massa específica, substâncias deletérias e forma dos grãos. A Tabela 3.5 apresenta os resultados obtidos para a areia de mármore e a Tabela 3.6 para a areia natural.

A Figura 3.4 apresenta a curva da granulométrica de projeto (areia de mármore) construída a partir da correlação das granulometrias fornecidas pela empresa de beneficiamento de mármore, e a Figura 3.5 a curva granulométrica da areia natural.

3.2.4 Água

Empregou-se na confecção dos corpos de prova de argamassa água potável proveniente da rede de distribuição de Juiz de Fora (MG) - CESAMA.

TABELA 3.5 – Características físicas da Areia Artificial (AA – Mármore)

| Composição granulométrica (NBR NM 248 (ABNT, 2003)) | |
|--|---------------------------|
| PENEIRA – Abertura (mm) | % Retida Acumulada |
| 4,8 | 0,02 |
| 2,4 | 15,20 |
| 1,2 | 24,34 |
| 0,6 | 47,97 |
| 0,3 | 77,87 |
| 0,15 | 92,42 |
| <0,15 | 100,00 |
| Diâmetro máximo | 4,80 mm |
| Módulo de finura | 2,58 |
| Massa específica real (NM 52/2009) | 2,91 kg/dm ³ |
| Massa específica unitária (NM 45/2006) | 1,64 kg/dm ³ |
| Teor de argila (NBR 7218/2010) | Isento |
| Teor de material pulverulento (NM 46/2001) | 5,00% |
| Impureza orgânica (NBR NM 49/2001) | <300p.p.m. |
| Absorção de água (NM 30/2001) | 1,27% |
| Forma dos Grãos | Anguloso |

TABELA 3.6 – Características físicas da Areia Natural (AN).

| Composição granulométrica (NBR NM 248 (ABNT, 2001)) | |
|--|---------------------------|
| PENEIRA – Abertura (mm) | % Retida Acumulada |
| 4,8 | 0,61 |
| 2,4 | 3,84 |
| 1,2 | 17,82 |
| 0,6 | 50,75 |
| 0,3 | 83,64 |
| 0,15 | 97,43 |
| <0,15 | 100,00 |
| Diâmetro máximo | 2,40 mm |
| Módulo de finura | 2,54 |
| Massa específica real (NM 52/2009) | 2,62 kg/dm ³ |
| Massa específica unitária (NM 45/2006) | 1,46 kg/dm ³ |
| Teor de argila (NBR 7218/2010) | Isento |
| Teor de material pulverulento (NM 46/2001) | 0,06% |
| Impureza orgânica (NBR NM 49) | <300p.p.m. |
| Absorção de água (NM 30/2001) | 3,16% |
| Formas dos Grãos | Arredondado |

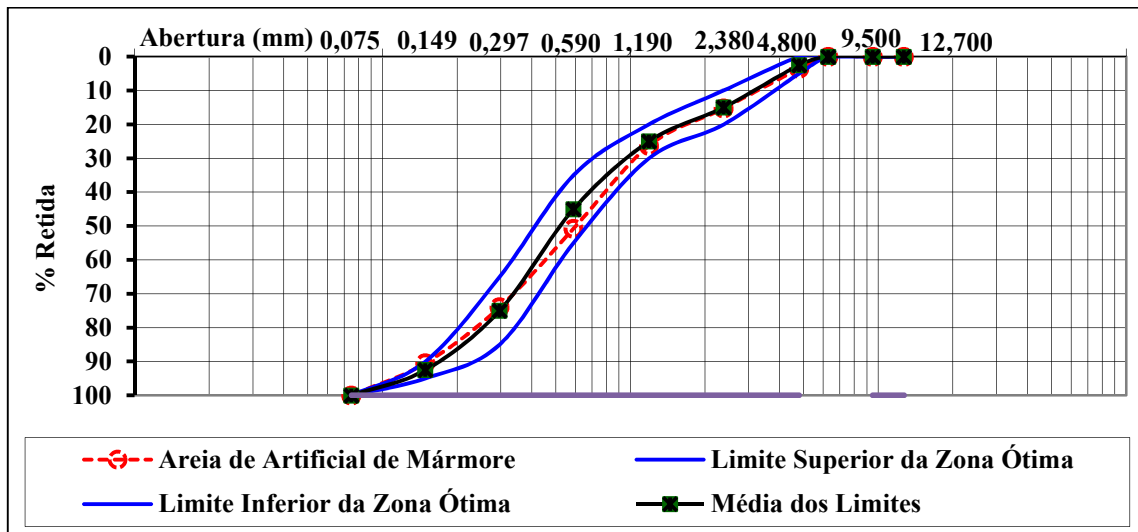


FIGURA 3. 4 – Curva granulométrica da AA entre as curvas limites na zona ótima

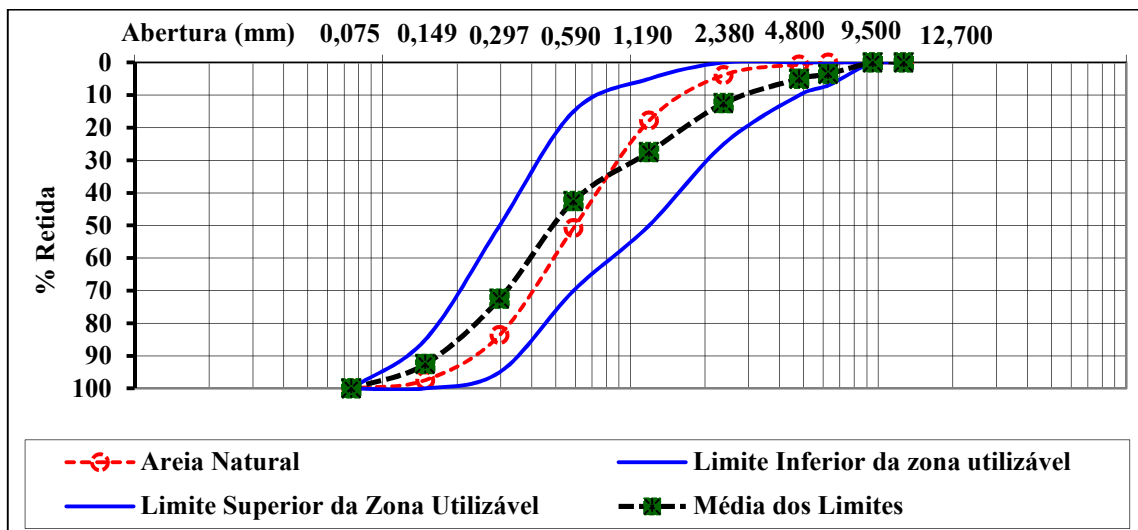


FIGURA 3. 5 – Curva granulométrica da areia natural entre as curvas limites na zona utilizável

3.3 MÉTODO

A fim de se obter argamassas com aplicações diversificadas (piso e revestimento de paredes e tetos), efetuou-se um proporcionamento de materiais baseado em duas consistências (avaliadas através da mesa de espalhamento), a saber: 180 mm (± 10 mm) e 210 mm (± 10 mm), adotadas em função da trabalhabilidade desejada no canteiro de obras e conservando uma mistura coesa, sem segregação.

Avaliou-se também a influência da adição de um “aglutinante”, no caso, a cal hidratada, sendo o traço constituído, portanto, por cimento, cal hidratada e areia, determinando-se o fator água/cimento em função da trabalhabilidade.

O programa experimental foi dividido em duas etapas. Na primeira avaliou-se a resistência à compressão axial, a velocidade de propagação de ondas ultrassônicas e a massa específica aparente das argamassas confeccionadas com a areia artificial (AA) e comparou-se com a de referência (areia natural (rio)), vide Tabelas 3.7 e 3.8.

Salienta-se que os traços foram determinados mantendo-se a mistura coesa, limitada pela segregação (“separação” dos materiais constituintes). Conforme se verifica nas Tabelas 3.7 e 3.8, a areia artificial possibilitou traços mais pobres (maiores teores de agregado miúdo) reduzindo o custo do produto final, sem perda de qualidade.

TABELA 3. 7 – Traços de argamassa empregados na primeira etapa da pesquisa – (cimento:cal:areia)

| TIPO DE AREIA | AREIA DE MÁRMORE | | AREIA NATURAL | |
|---------------|------------------|-----------|---------------|-----------|
| | 180 mm | 210 mm | 180 mm | 210 mm |
| TRAÇOS | 1:0:2 | 1:0:2 | 1:0:2 | 1:0:2 |
| | 1:0,5:1,5 | 1:0,5:1,5 | 1:0,5:1,5 | 1:0,5:1,5 |
| | 1:1:1 | 1:1:1 | 1:1:1 | 1:1:1 |
| | 1:0:3 | 1:0:3 | 1:0:3 | 1:0:3 |
| | 1:0,5:2,5 | 1:0,5:2,5 | 1:0,5:2,5 | 1:0,5:2,5 |
| | 1:1:2 | 1:1:2 | 1:1:2 | 1:1:2 |
| | 1:0:4 | 1:0:4 | 1:0:4 | 1:0:4 |
| | 1:0,5:3,5 | 1:0,5:3,5 | 1:0,5:3,5 | 1:0,5:3,5 |
| | 1:1:3 | 1:1:3 | 1:1:3 | 1:1:3 |
| | 1:0:5 | 1:0:5 | 1:0:5 | 1:0:5 |
| | 1:0,5:4,5 | 1:0,5:4,5 | 1:0,5:4,5 | 1:0,5:4,5 |
| | 1:1:4 | 1:1:4 | 1:1:4 | 1:1:4 |
| | 1:0:6 | 1:0:6 | 1:0:6 | 1:0:6 |
| | 1:0,5:5,5 | 1:0,5:5,5 | 1:0,5:5,5 | 1:0,5:5,5 |
| | 1:1:5 | 1:1:5 | 1:1:5 | 1:1:5 |
| | 1:0:7 | 1:0:7 | | |
| | 1:0,5:6,5 | 1:0,5:6,5 | | |
| | 1:1:6 | 1:1:6 | | |
| | 1:0:8 | 1:0:8 | | |
| | 1:0,5:7,5 | 1:0,5:7,5 | | |
| 1:1:7 | 1:1:7 | | | |
| 1:0:9 | 1:0:9 | | | |
| 1:0,5:8,5 | 1:0,5:8,5 | | | |
| 1:1:8 | 1:1:8 | | | |
| 1:0:10 | 1:0:10 | | | |
| 1:0,5:9,5 | 1:0,5:9,5 | | | |
| 1:1:9 | 1:1:9 | | | |

TABELA 3. 8 – Resumo dos ensaios realizados e número de corpos de prova para a primeira etapa do programa experimental

| ENSAIO | Idade | n° CPs |
|---|--------------|---------------|
| Resistência à Compressão Axial NBR 13279 (1995) | 3 | 4 |
| | 7 | 4 |
| | 28 | 4 |
| Velocidade de propagação de ondas ultrassônicas NM 58/1996 | 3 | 4 |
| | 7 | 4 |
| | 28 | 4 |
| Massa Específica Aparente | 3 | 4 |
| | 7 | 4 |
| | 28 | 4 |

Após a análise preliminar dos resultados obtidos na primeira etapa do programa experimental avaliou-se para alguns traços propriedades adicionais, a saber: tração por compressão diametral, absorção de água por capilaridade, absorção por imersão, permeabilidade pelo método do cachimbo, velocidade de propagação de ondas ultrassônicas, módulo de elasticidade, resistência ao arrancamento, retração hidráulica, dureza superficial (esclerometria), conforme ilustrado nas Tabelas 3.9 e 3.10.

Cabe mencionar que na falta de ensaios específicos para argamassas, utilizou-se os ensaios para concreto. A definição dos traços avaliados na segunda etapa baseou-se nos resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão axial, adotando-se os extremos (mínimo e máximo) e o médio em misturas com e sem emprego de cal hidratada.

TABELA 3. 9 – Traços empregados na segunda etapa do programa experimental.

| Traços (cimento: cal: areia) | |
|-------------------------------------|------------------------------|
| Consistência = 180 mm | Consistência = 210 mm |
| 1:0:3 | 1:0:3 |
| 1:1:2 | 1:1:2 |
| 1:0:7 | 1:0:7 |
| 1:1:6 | 1:1:6 |
| 1:0:10 | 1:0:10 |
| 1:1:9 | 1:1:9 |

TABELA 3. 10 – Resumo dos ensaios realizados e número de corpos de prova para a segunda etapa do programa experimental.

| ENSAIO | Idade | n° CPs |
|---|-------|--------|
| Absorção de Água por Capilaridade (NBR 9779/ 95) | 28 | 4 |
| Absorção de Água pelo Método do Cachimbo | 28 | 4 |
| Absorção de Água por Imersão NBR 9778 (1987) | 28 | 4 |
| Resistência à Tração na Compressão Diametral (NBR 7222/2010) | 3 | 4 |
| | 7 | 4 |
| | 28 | 4 |
| Velocidade de propagação de ondas ultrassônicas (NM 58/96) | 3 | 4 |
| | 7 | 4 |
| | 28 | 4 |
| Módulo de Elasticidade (NBR 8522/2008) | 28 | 4 |
| Resistência ao Arrancamento (NBR 13528/10) | 28 | 4 |
| Retração Hidráulica (NM 131/97) | 28 | 4 |
| Ensaio de Avaliação da Dureza Superficial pelo Esclerômetro de Reflexão (NBR 7584/95) | 28 | 4 |

Com o objetivo de avaliar as propriedades tecnológicas das argamassas obtidas através do emprego do agregado miúdo triturado, proveniente do resíduo do beneficiamento do mármore são descritos, a seguir, os ensaios realizados. Salienta-se que os mesmos foram definidos em função da disponibilidade de equipamentos, bem como dos recursos financeiros.

3.3.1 Resistência à Compressão Axial

O ensaio para determinação da resistência à compressão (f_c) está prescrito na NBR 13.279 (2005), empregando-se corpos de prova prismáticos de dimensões iguais a 4 x 4 x16 cm. Cabe mencionar que no estudo preliminar, efetuado para definição dos materiais constituintes das argamassas, verificou-se, para alguns traços, resultados elevados para f_c . Dentro deste contexto, efetuou-se uma revisão bibliográfica acerca dos corpos de prova prismáticos. Segundo FRITZ (1977), NEVILLE (1997), MONTOYA, MESEGUER & CABRE (2000) e JACINTO *et al* (2005) os corpos de prova cúbicos e prismáticos tendem a resultados maiores que os cilíndricos, na ordem de 5%. Deve-se considerar, inclusive, a relação altura/diâmetro que nos cilíndricos é igual 2, e minimizam os valores de cargas.

Segundo NEVILLE (1997) o “efeito parede” é mais pronunciado quanto maior for a relação área/volume do corpo de prova e ocorre quando a dimensão máxima do agregado é grande em relação ao molde; neste caso, o adensamento é prejudicado. Dentro do exposto, constata-se que a NBR 13.279 (2005) emprega corpos de prova prismáticos com relação área/volume é igual a 0,25, enquanto a NBR 13.279 (1995), prescrevia corpos de prova cilíndricos e a relação era igual a 0,01.

A fim de se evitar resultados superestimados para os materiais estudados, optou-se por adotar corpos de prova cilíndricos de dimensão 5 x 10 cm (diâmetro x altura) que foram curados segundo a normalização brasileira. O ensaio é descrito a seguir.

A força de ensaio deve ser aplicada continuamente e sem choques, com velocidade de carregamento de 0,3 MPa/s a 0,8 MPa/s, sendo a força de ruptura lida em kN.

A resistência à compressão axial pode ser obtida utilizando-se a Equação 3.1.

$$f_c = \frac{F}{A} \quad (\text{Equação 3.1})$$

Onde: f_c – resistência à compressão axial (MPa);
 F – força máxima obtida no ensaio (N);
 A – área da seção transversal do corpo-de-prova (mm²).

A Figura 3.6 ilustra o ensaio de resistência à compressão axial em argamassas.



FIGURA 3. 6 – Ensaio de resistência à compressão axial

3.3.2 Resistência à Tração por Compressão Diametral

O ensaio de resistência à tração por compressão diametral está prescrito pela norma brasileira NBR 7222 (2010), sendo conhecido internacionalmente como “*Brazilian Test*”, por ter sido desenvolvido pelo pesquisador brasileiro Lobo Carneiro, e adotado pelas normas ASTM C 496, BS 1881-117 e ISO 4108.

A resistência à tração por compressão diametral é calculada pela Equação 3.2.

$$f_{ct,sp} = \frac{2 F}{\pi d L} \quad (\text{Equação 3.2})$$

Onde: $f_{ct,sp}$ – resistência à tração por compressão diametral em MPa, com aproximação de 0,05 MPa;

F – força máxima obtida no ensaio (N);

d – diâmetro do corpo-de-prova (mm);

L – altura do corpo-de-prova (mm).

A Figura 3.7 ilustra o ensaio de resistência à tração por compressão diametral em argamassas.



FIGURA 3. 7 – Ensaio de resistência à tração por compressão diametral

3.3.3 Módulo de Elasticidade

Adotou-se a NBR 8522 (2008) de concreto para análise desta propriedade em argamassas. Nesta, o módulo de elasticidade é determinado sob carregamento estático, à compressão axial simples, aplicando-se um carregamento crescente à velocidade de $(0,25 \pm 0,05)$ MPa/s, até que seja alcançada uma tensão (σ_b) de aproximadamente 30% da resistência à compressão da argamassa (f_c). Este nível de tensão é mantido por 60 segundos. Em seguida, reduz-se a carga, à mesma velocidade do processo de carregamento, até o nível da tensão básica (σ_a) que corresponde a 0,5 MPa. Realizam-se mais dois ciclos de carga e descarga, alternadamente, durante períodos de 60 segundos cada. Depois do último ciclo de pré-carga e após 60 segundos sob a tensão σ_a , registra-se a deformação específica ε_a . Carrega-se novamente o corpo-de-prova com tensão σ_b , após uma espera de 60 segundos, registra-se a deformação ε_b .

A Figura 3.8 ilustra o ensaio de módulo de elasticidade em argamassas.



FIGURA 3.8 – Instrumentação para o ensaio de módulo de elasticidade

O módulo de elasticidade estático é calculado segundo a Equação 3.3.

$$E_{ci} = \frac{\sigma_b - \sigma_a}{\varepsilon_b - \varepsilon_a} \times 10^{-3} \quad (\text{Equação 3.3})$$

Onde:

E_{ci} – módulo de elasticidade (GPa);

σ_b – tensão maior, $0,3f_c$ (MPa);

σ_a – tensão básica, $0,5MPa$ (MPa);

ε_b – deformação específica média dos corpos-de-prova ensaiados sob a tensão maior;

ε_a – deformação específica média dos corpos-de-prova ensaiados sob a tensão básica;

3.3.4 Retração Hidráulica

A retração hidráulica é a redução de volume observada quando o cimento é submetido a uma perda de umidade e mantido a temperatura constante, sem nenhuma espécie de carregamento. Adotou-se a NBR 15.261 (2005), e empregaram-se corpos de prova prismáticos de dimensões: 10 x 10 x 30 cm e um comparador mecânico horizontal de precisão 0,01 mm.

Após a moldagem são colocadas as barras de aço que servem de base para a medida dos deslocamentos; os moldes ficam em câmara úmida sob temperatura constante por 24 horas. Após este período são desmoldados e adaptados os extensômetros no instante que é considerado como tempo zero, vide Figura 3.9. Salienta-se que as medições são efetuadas aos 3, 7, 28, 31, 37, 48, 80, 120 dias.



(a)



(b)

FIGURA 3. 9 – Ensaio de retração hidráulica

A retração hidráulica é expressa em porcentagem, e calculada segundo a equação 3.4.

$$\Delta L = \frac{\Delta L_x - \Delta L_i}{L_g} \times 100 \quad (\text{Equação 3.4})$$

Onde: ΔL – variação de comprimento à idade x (%);
 ΔL_x – leitura do comprimento com o corpo-de-prova na idade x (mm);
 ΔL_i – leitura inicial (mm);
 L_g – base de medida, em função do tipo de comparador utilizado (mm).

3.3.5 Resistência ao arrancamento

Realizou-se o ensaio para determinar a resistência ao arrancamento da argamassa, segundo a NBR 13.528 (1995), com corpos de prova prismáticos de dimensão 20 x 20 x 5 cm, vide Figura 3.10.



FIGURA 3. 10 – Ensaio de determinação da resistência ao arrancamento

A Resistência ao arrancamento é obtida pela Equação 3.5.

$$R_a = \frac{P}{A} \quad (\text{Equação 3.5})$$

Onde: R_a = resistência de aderência à tração, em MPa;
 P = carga de ruptura, em N;
 A = área da pastilha, em mm².

3.3.6 Ensaio de Absorção de Água por Capilaridade e Coeficiente de Capilaridade

Realizou-se o ensaio de absorção de água por capilaridade, segundo a norma NBR 9779 (1995) para de identificar a quantidade de água que pode ser absorvida pela argamassa através da ascensão por capilaridade. Determinou-se ainda o coeficiente de capilaridade segundo a NBR 15.259 (2005).

As medições das massas foram efetuadas em 10 min., 90 min. 3 h, 6 h, 24 h, 48 h e 72 horas após a exposição dos mesmos à lâmina de água. Às 72 horas, rompem-se os CPs à compressão diametral e verifica-se a altura de ascensão da água no seu interior.

A absorção de água por capilaridade é expressa em g/cm² e calculada dividindo o aumento de massa pela área da seção transversal da superfície do corpo de prova em contato com a água, de acordo com a Equação 3.10.

$$A_c = \frac{A - B}{S} \times 100 \quad (\text{Equação 3.10})$$

Onde: A_c – absorção de água por capilaridade (%);
 A – massa do corpo-de-prova que permanece com uma das faces em contato com a água (g);
 B – massa do corpo-de-prova seco (g);
 S – área da seção transversal (cm²).

O coeficiente de capilaridade pode ser obtido pela equação 3.11

$$C = m_{90} - m_{10} \quad (\text{Equação 3.11})$$

Onde:
 C = coeficiente de capilaridade, em g/dm².min^{1/2}.

m_{90} = massa dos corpos de prova a 90 minutos

m_{10} = massa dos corpos de prova a 10 minutos

A Figura 3.11 ilustra o ensaio de absorção de água por capilaridade em argamassas.



FIGURA 3.11 – Ensaio de absorção de água por capilaridade

3.3.7 Ensaio de Absorção de Água pelo Método do Cachimbo e por Imersão

Este método de ensaio “representa” o comportamento da argamassa, em período chuvoso, com uma pressão d’água sobre os poros do revestimento, na ordem de 920 Pa e ação conjunta de vento com velocidade aproximadamente de 140 km/h. O ensaio mede a permeabilidade e a absorção da superfície e, se constitui de um tubo de vidro em formato de “L”, com graduação décimos de ml que, geralmente, varia de 0,0 ml a 4,0 ml, com uma borda plana circular para evitar a perda de água (vide Figura 3.12).

Na realização do ensaio deve-se pressionar o cachimbo contra a superfície do revestimento, que deve estar limpa e isenta de pó. Logo em seguida deve-se fixá-lo com massa e calafetar a base com silicone, cera ou qualquer material que garanta a fixação e a vedação da borda do equipamento. Com o auxílio de pisseta plástica, encher o cachimbo de vidro com água potável e efetuar e registrar as leituras de diminuição de água após os tempos de 5, 10 e 15 minutos.

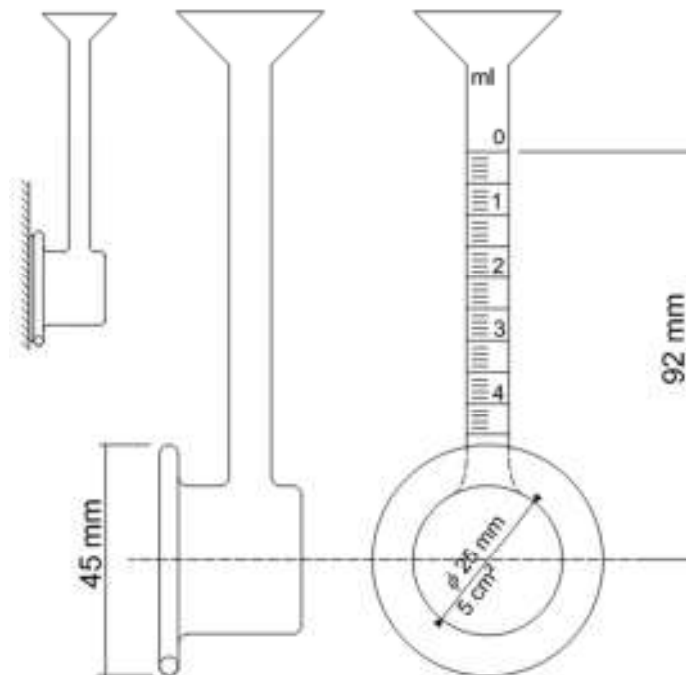


FIGURA 3.12 – Cachimbo de vidro segundo CSTC, 1982.

3.3.8 Ensaio de Absorção de Água por Imersão

A realização do ensaio de absorção de água por imersão representa a capacidade máxima da argamassa de absorver água e é descrita pela NBR 9778 (1987). O ensaio consiste em colocar corpos de prova na água e verificar qual máximo valor ele poderá absorver seguindo a sequência: colocar os corpos de prova em um recipiente contendo água por um terço de sua altura por 4 horas; mantê-los mais 4 horas a 2/3 da altura e completamente submersos nas 64 horas restantes. Deve-se determinar a massa, decorridas 24h, 48h e 72h de imersão, sendo feita com corpo de prova com a superfície seca. Pode-se obter o valor da absorção por imersão pela equação 3.11.

$$A_i = \frac{M_{\text{sat}} - M_{\text{seca}}}{M_{\text{seca}}} \times 100 \quad (\text{Equação 3.11})$$

Onde: A_i – absorção de água por imersão (%);

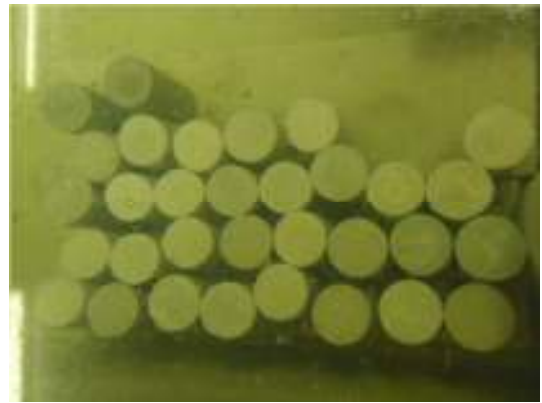
M_{sat} – massa do corpo-de-prova que ficou imerso em água (g) com superfície seca;

M_{seca} – massa do corpo-de-prova seco (g);

As Figuras 3.13 (a) e (b) ilustram o ensaio de absorção de água por imersão e massa específica real das argamassas.



(a)



(b)

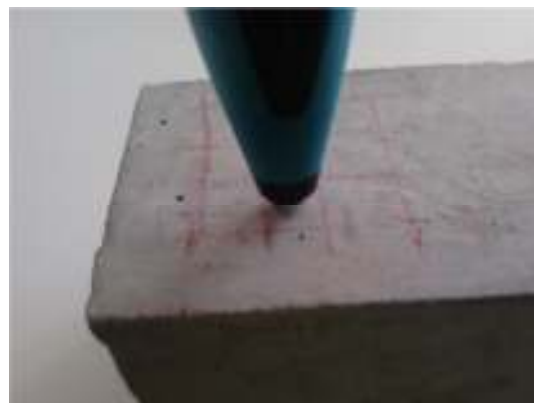
FIGURA 3. 13 – Ensaio de absorção por imersão e massa específica

3.3.9 Ensaio de Avaliação da Dureza Superficial pelo Esclerômetro de Reflexão

Realizou-se o ensaio de avaliação da dureza superficial pelo Esclerômetro de reflexão segundo a NBR 7584 (1995), sendo utilizados os corpos de prova prismáticos de dimensões 5 x 30 x 30 cm. As Figuras 3.14 (a) e (b) mostram a execução do ensaio de esclerometria.



(a)



(b)

FIGURA 3. 14 – Ensaio de Determinação da dureza superficial pelo Esclerômetro de Reflexão

3.3.10 Velocidade de propagação de ondas ultrassônicas

Entende-se por velocidade de propagação de ondas ultrassônicas a relação entre a distância percorrida por uma vibração ou distúrbio e o intervalo de tempo gasto no percurso. Este método de ensaio não destrutivo, usualmente é empregado no estudo da avaliação da homogeneidade do material, na detecção de eventuais falhas internas, dentre outros.

No ensaio realizado utiliza-se o equipamento PUNDIT com transdutores de 54 kHz, diâmetro de 50 mm. O procedimento adotado está prescrito na norma NM 58/1996, sendo empregada a transmissão denominada direta, na qual a posição dos transdutores no corpo de prova é nas faces opostas (transmissão direta), ao longo do comprimento.

Salienta-se que imediatamente após a moldagem, os corpos de prova são estocados em câmara úmida, tomando-se o cuidado de proteger a superfície exposta até a idade do ensaio, ou seja, 3, 7 e 28 dias de idade.

Foram utilizados corpos de prova cilíndricos com dimensões de 50 mm x 100 mm (diâmetro x altura) com as superfícies planas, lisas e isentas de sujeira. A velocidade de propagação de ondas é determinada em km/s, sendo obtida pela equação 3.12.

$$V = \frac{L}{t} \quad (\text{Equação 3.12})$$

Onde: V – velocidade de propagação (km/s);

L – distância entre os pontos de acoplamento dos centros das faces dos transdutores (km);

t – tempo decorrido desde a emissão da onda até a sua recepção (s).

MEDEIROS (2007) destaca como vantagens do ensaio a facilidade de operação do equipamento, o custo, além do ensaio ser não destrutivo, o que permite inúmeras avaliações sem afetar os corpos de prova; bem como não se limita somente a uma avaliação superficial das características, estendendo-se por toda sua massa. A Figura 3.15 mostra a execução do ensaio de esclerometria.



FIGURA 3. 15 – Ensaio de avaliação da velocidade de propagação de onda ultrassônica.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nos resultados obtidos através do programa experimental efetuaram-se análises técnicas e estatísticas (empregando programa Excel), comparando os dados obtidos com as argamassas confeccionadas com AA e com os de referência (areia de rio). Salienta-se que inicialmente efetuou-se uma análise preliminar, cujos coeficientes de variação (CV) das amostras foram inferiores a 25%, e foram considerados aceitáveis.

Conforme programa experimental, as análises foram executadas em duas etapas, a saber: na primeira comparam-se as argamassas confeccionadas com areia natural e artificial e, na segunda avaliaram-se as propriedades adicionais das argamassas, conforme apresentado no item 3.3.

4.2 PRIMEIRA ETAPA DO PROGRAMA EXPERIMENTAL

Na primeira etapa do programa experimental, empregaram-se vários traços de argamassa, verificaram-se as propriedades de resistência à compressão axial e velocidade de propagação do pulso ultrassônico, segundo a variação dos elementos constituintes (cimento, cal, areia e água) e o tipo de agregado utilizado – areia artificial ou natural.

4.2.1 Resistência à Compressão Axial (f_c)

As Tabelas 4.1 a 4.4 e as Figuras 4.1 a 4.4 apresentam os resultados obtidos no ensaio de resistência a compressão axial (f_c) (valor médio), com seu respectivo coeficiente de variação (CV), para cada idade ensaiada, cada consistência (180 mm e 210 mm) e para os dois tipos de areia analisados, natural e rejeito de mármore (AA).

TABELA 4. 1 – Resultado do ensaio de resistência à compressão axial (f_c), em MPa, para argamassas confeccionadas com areia natural e com consistência igual a 180 mm.

| TRAÇO | a/c | AREIA NATURAL - 180 mm | | | | | |
|-----------|------|------------------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| | | 7 DIAS | | 14 DIAS | | 28 DIAS | |
| | | f_c (MPa) | CV (%) | f_c (MPa) | CV (%) | f_c (MPa) | CV (%) |
| 1:0:2 | 0,59 | 14,78 | 0,01 | 16,72 | 2,74 | 18,24 | 4,29 |
| 1:0,5:1,5 | 0,70 | 9,83 | 2,84 | 11,30 | 2,12 | 12,22 | 3,04 |
| 1:1:1 | 1,02 | 5,94 | 5,92 | 6,72 | 1,66 | 7,46 | 0,73 |
| 1:0:3 | 0,80 | 7,73 | 3,56 | 9,10 | 1,50 | 9,82 | 0,77 |
| 1:0,5:2,5 | 0,88 | 7,59 | 2,79 | 9,51 | 5,95 | 10,09 | 1,97 |
| 1:1:2 | 1,15 | 5,20 | 2,81 | 5,68 | 5,59 | 6,11 | 1,44 |
| 1:0:4 | 1,00 | 3,91 | 14,24 | 4,70 | 0,06 | 6,03 | 2,78 |
| 1:0,5:3,5 | 1,02 | 6,26 | 7,29 | 6,95 | 2,30 | 8,01 | 0,82 |
| 1:1:3 | 1,20 | 3,07 | 8,11 | 5,33 | 6,98 | 7,74 | 0,82 |
| 1:0:5 | 1,23 | 1,97 | 1,70 | 2,87 | 16,11 | 5,95 | 8,64 |
| 1:0,5:4,5 | 1,20 | 3,12 | 10,88 | 4,57 | 8,79 | 8,20 | 1,11 |
| 1:1:4 | 1,40 | 2,16 | 1,89 | 3,19 | 11,95 | 6,71 | 11,85 |
| 1:0:6 | 1,49 | 0,16 | 8,28 | 2,23 | 0,00 | 4,57 | 6,39 |
| 1:0,5:5,5 | 1,40 | 2,08 | 7,90 | 3,41 | 0,38 | 7,07 | 1,27 |
| 1:1:5 | 1,50 | 2,04 | 3,73 | 2,99 | 2,81 | 5,44 | 6,53 |

TABELA 4. 2 – Resultado do ensaio resistência à compressão axial, em MPa, para argamassas confeccionadas com areia natural e com consistência igual a 210 mm.

| TRAÇO | a/c | AREIA NATURAL - 210 mm | | | | | |
|-----------|------|------------------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|
| | | 7 DIAS | | 14 DIAS | | 28 DIAS | |
| | | f_c (MPa) | CV (%) | f_c (MPa) | CV (%) | f_c (MPa) | CV (%) |
| 1:0:2 | 0,61 | 8,18 | 0,00 | 12,89 | 0,00 | 14,99 | 0,00 |
| 1:0,5:1,5 | 0,84 | 8,21 | 3,79 | 8,37 | 0,10 | 9,27 | 0,01 |
| 1:1:1 | 1,22 | 3,88 | 6,04 | 4,90 | 0,15 | 5,37 | 4,36 |
| 1:0:3 | 0,80 | 7,68 | 2,16 | 8,50 | 0,06 | 9,25 | 1,92 |
| 1:0,5:2,5 | 1,00 | 5,14 | 4,58 | 5,50 | 0,00 | 6,49 | 26,01 |
| 1:1:2 | 1,38 | 2,69 | 0,00 | 3,93 | 1,91 | 4,65 | 4,22 |
| 1:0:4 | 1,14 | 3,12 | 14,21 | 3,28 | 2,14 | 3,64 | 24,36 |
| 1:0,5:3,5 | 1,13 | 5,22 | 6,31 | 5,69 | 8,80 | 5,71 | 0,00 |
| 1:1:3 | 1,48 | 1,60 | 17,42 | 2,25 | 5,50 | 2,99 | 0,89 |
| 1:0:5 | 1,40 | 1,03 | 3,01 | 2,11 | 2,84 | 2,81 | 13,30 |
| 1:0,5:4,5 | 1,33 | 2,32 | 1,12 | 2,68 | 19,66 | 3,72 | 0,82 |
| 1:1:4 | 1,64 | 0,70 | 15,18 | 2,11 | 2,18 | 2,72 | 3,75 |
| 1:0:6 | 1,70 | 0,68 | 7,60 | 1,19 | 0,56 | 1,80 | 3,07 |
| 1:0,5:5,5 | 1,45 | 1,94 | 3,34 | 2,07 | 6,00 | 3,43 | 2,81 |
| 1:1:5 | 1,60 | 1,33 | 1,53 | 2,07 | 1,70 | 2,98 | 3,28 |

TABELA 4. 3 – Resultado do ensaio de resistência à compressão axial, em MPa, para argamassas confeccionadas com areia de mármore (AA) e com consistência 180 mm.

| TRAÇO | a/c | AREIA DE MÁRMORE - 180 mm | | | | | |
|------------|------|---------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | | 7 DIAS | | 14 DIAS | | 28 DIAS | |
| | | f _c (MPa) | CV (%) | f _c (MPa) | CV (%) | f _c (MPa) | CV (%) |
| 1:0:2 | 0,48 | 27,26 | 2,52 | 31,88 | 6,37 | 43,11 | 4,22 |
| 1:0,5:1,5 | 0,72 | 15,29 | 7,13 | 15,28 | 1,05 | 21,67 | 2,30 |
| 1:1:1 | 1,04 | 7,42 | 5,16 | 8,07 | 8,82 | 11,92 | 12,62 |
| 1:0:3 | 0,58 | 19,60 | 3,86 | 22,11 | 5,60 | 25,85 | 4,87 |
| 1:0,5:2,5 | 0,81 | 11,90 | 2,95 | 13,79 | 2,75 | 20,23 | 1,46 |
| 1:1:2 | 1,11 | 6,64 | 6,89 | 7,50 | 2,32 | 10,06 | 5,58 |
| 1:0:4 | 0,69 | 18,65 | 9,70 | 16,29 | 15,42 | 20,29 | 19,14 |
| 1:0,5:3,5 | 0,90 | 12,60 | 7,89 | 12,44 | 5,10 | 15,46 | 2,78 |
| 1:1:3 | 1,18 | 5,21 | 7,44 | 7,11 | 1,40 | 9,91 | 23,50 |
| 1:0:5 | 0,90 | 11,45 | 3,25 | 15,18 | 6,22 | 17,80 | 1,07 |
| 1:0,5:4,5 | 0,98 | 9,54 | 0,27 | 12,52 | 4,21 | 14,86 | 8,12 |
| 1:1:4 | 1,22 | 5,45 | 6,21 | 8,72 | 0,72 | 9,76 | 2,44 |
| 1:06 | 0,95 | 7,61 | 1,49 | 10,85 | 2,07 | 14,06 | 1,29 |
| 1:0,5:25,5 | 1,11 | 6,57 | 15,84 | 11,31 | 8,00 | 13,25 | 6,49 |
| 1:1:5 | 1,30 | 4,48 | 7,46 | 7,22 | 14,19 | 9,45 | 14,56 |
| 1:0:7 | 1,12 | 5,77 | 4,47 | 8,94 | 7,34 | 11,54 | 6,14 |
| 1:0,5:6,5 | 1,20 | 8,76 | 9,15 | 9,27 | 4,88 | 12,60 | 1,41 |
| 1:1:6 | 1,40 | 5,55 | 1,40 | 5,91 | 2,69 | 8,65 | 0,17 |
| 1:0:8 | 1,15 | 6,96 | 4,59 | 7,73 | 0,28 | 10,59 | 4,67 |
| 1:0,5:7,5 | 1,23 | 7,01 | 0,94 | 8,00 | 3,49 | 10,62 | 10,00 |
| 1:1:7 | 1,43 | 4,97 | 0,15 | 6,73 | 2,14 | 8,49 | 1,64 |
| 1:0:9 | 1,41 | 3,52 | 14,11 | 5,35 | 12,35 | 6,95 | 6,89 |
| 1:0,5:8,5 | 1,41 | 6,28 | 20,32 | 6,48 | 13,30 | 11,18 | 1,41 |
| 1:1:8 | 1,51 | 4,96 | 0,56 | 5,56 | 6,59 | 7,93 | 11,49 |
| 1:0:10 | 1,53 | 4,36 | 15,08 | 5,29 | 9,25 | 6,28 | 10,62 |
| 1:0,5:9,5 | 1,50 | 4,82 | 12,89 | 5,32 | 0,56 | 7,45 | 6,70 |
| 1:1:9 | 1,50 | 4,47 | 5,00 | 5,86 | 0,03 | 7,13 | 0,20 |

TABELA 4. 4 – Resultado do ensaio de resistência à compressão axial, em MPa, para argamassas confeccionadas com areia de mármore (AA) e com consistência igual a 210 mm.

| TRAÇO | a/c | AREIA DE MÁRMORE - 210 mm | | | | | |
|------------|------|---------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | | 7 DIAS | | 14 DIAS | | 28 DIAS | |
| | | f _c (MPa) | CV (%) | f _c (MPa) | CV (%) | f _c (MPa) | CV (%) |
| 1:0:2 | 0,57 | 21,69 | 4,21 | 29,88 | 2,78 | 31,59 | 0,01 |
| 1:0,5:1,5 | 0,80 | 12,30 | 10,03 | 14,07 | 18,85 | 18,30 | 12,71 |
| 1:1:1 | 1,21 | 6,47 | 1,64 | 7,18 | 5,55 | 8,89 | 12,12 |
| 1:0:3 | 0,72 | 16,64 | 1,56 | 16,90 | 2,07 | 23,19 | 8,79 |
| 1:0,5:2,5 | 0,94 | 8,61 | 8,16 | 11,52 | 5,24 | 14,14 | 8,54 |
| 1:1:2 | 1,33 | 4,76 | 10,66 | 6,17 | 1,65 | 7,65 | 1,55 |
| 1:0:4 | 0,80 | 12,88 | 4,91 | 16,22 | 0,50 | 20,70 | 1,32 |
| 1:0,5:3,5 | 1,04 | 8,02 | 1,02 | 10,46 | 2,98 | 13,29 | 4,10 |
| 1:1:3 | 1,36 | 4,05 | 20,06 | 6,31 | 2,53 | 7,72 | 0,39 |
| 1:0:5 | 1,00 | 8,66 | 0,25 | 10,83 | 7,47 | 13,47 | 4,47 |
| 1:0,5:4,5 | 1,17 | 6,34 | 5,89 | 9,06 | 11,97 | 10,56 | 7,69 |
| 1:1:4 | 1,51 | 3,47 | 1,87 | 5,15 | 6,60 | 6,65 | 0,44 |
| 1:06 | 1,10 | 8,93 | 5,19 | 12,10 | 6,78 | 14,90 | 9,06 |
| 1:0,5:25,5 | 1,27 | 5,29 | 9,23 | 8,40 | 2,55 | 10,32 | 15,07 |
| 1:1:5 | 1,61 | 3,03 | 19,80 | 5,09 | 10,25 | 6,57 | 4,35 |
| 1:0:7 | 1,32 | 5,17 | 0,35 | 7,27 | 16,70 | 10,16 | 7,92 |
| 1:0,5:6,5 | 1,37 | 4,80 | 6,98 | 6,88 | 2,20 | 8,87 | 9,00 |
| 1:1:6 | 1,72 | 3,30 | 4,59 | 4,00 | 0,49 | 4,88 | 19,26 |
| 1:0:8 | 1,54 | 4,24 | 11,51 | 5,76 | 0,41 | 7,12 | 12,06 |
| 1:0,5:7,5 | 1,47 | 4,62 | 6,88 | 6,36 | 0,85 | 7,13 | 3,63 |
| 1:1:7 | 1,83 | 2,63 | 0,85 | 4,10 | 1,70 | 5,86 | 4,57 |
| 1:0:9 | 1,81 | 3,23 | 2,87 | 4,43 | 1,81 | 4,48 | 0,28 |
| 1:0,5:8,5 | 1,62 | 4,09 | 2,52 | 6,01 | 20,70 | 5,95 | 0,03 |
| 1:1:8 | 1,94 | 2,80 | 22,43 | 3,06 | 0,00 | 4,31 | 6,36 |
| 1:0:10 | 1,95 | 3,05 | 1,44 | 3,18 | 0,56 | 4,92 | 9,61 |
| 1:0,5:9,5 | 1,77 | 3,70 | 6,83 | 4,61 | 6,41 | 5,76 | 2,36 |
| 1:1:9 | 2,10 | 2,72 | 1,30 | 2,91 | 3,63 | 4,11 | 12,93 |

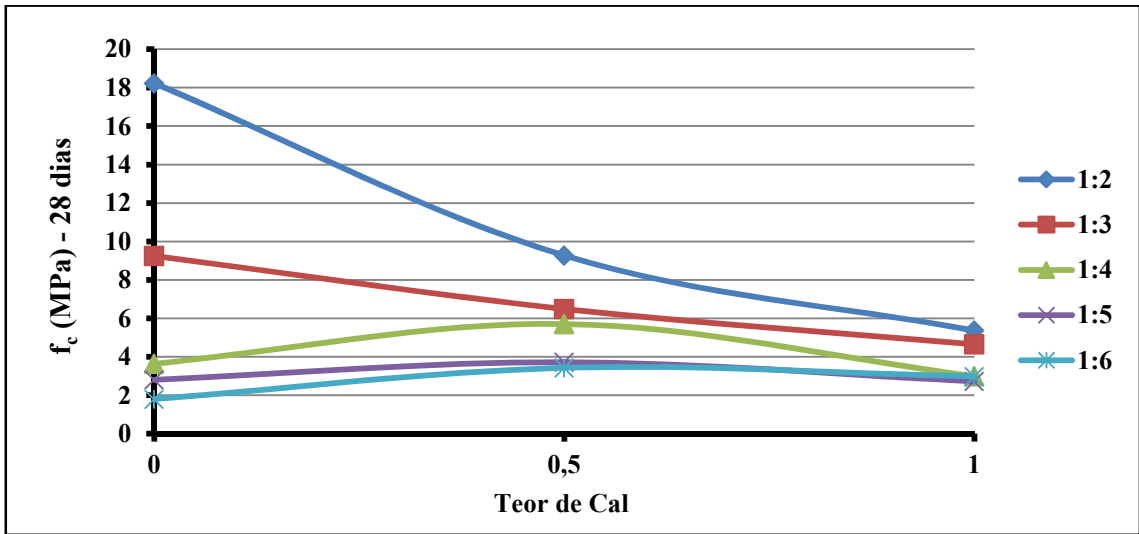


FIGURA 4.1- Resistência à compressão axial x Teor de cal, para argamassa confeccionada com areia natural e com consistência 180 mm.

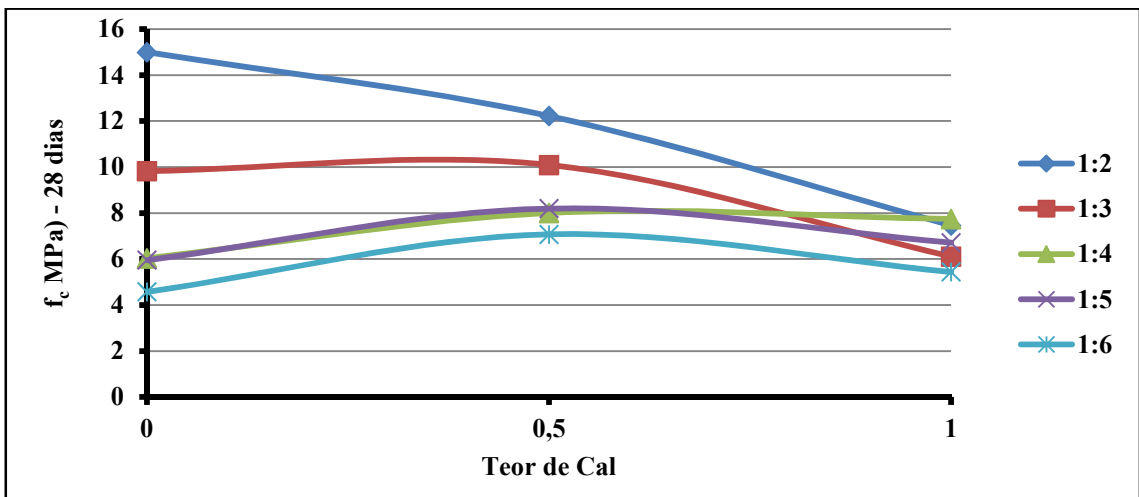


FIGURA 4.2- Resistência à compressão axial x Teor de cal para argamassa confeccionada com areia natural e com consistência 210 mm.

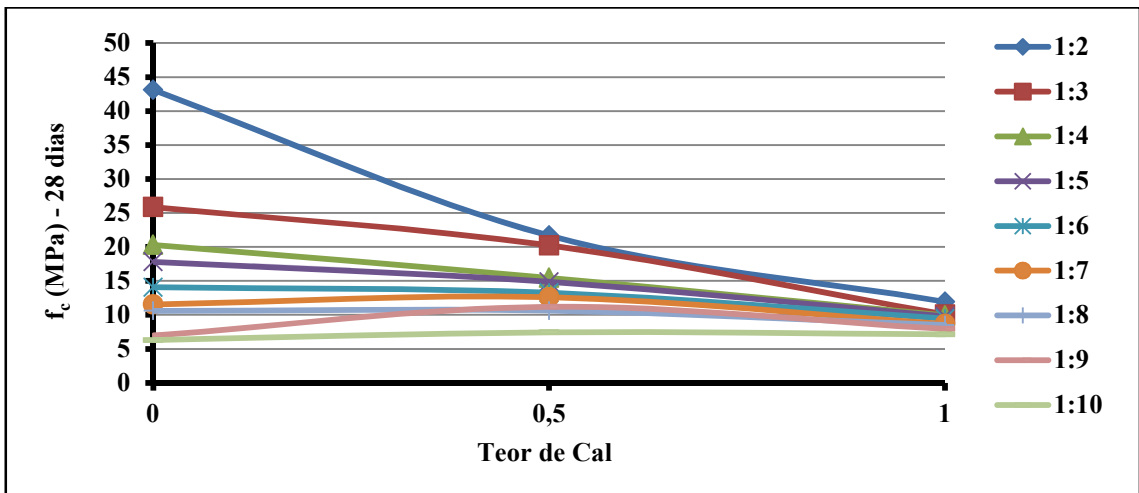


FIGURA 4.3- Resistência a compressão axial x Teor de cal para argamassa confeccionada com AA e com consistência 180 mm.

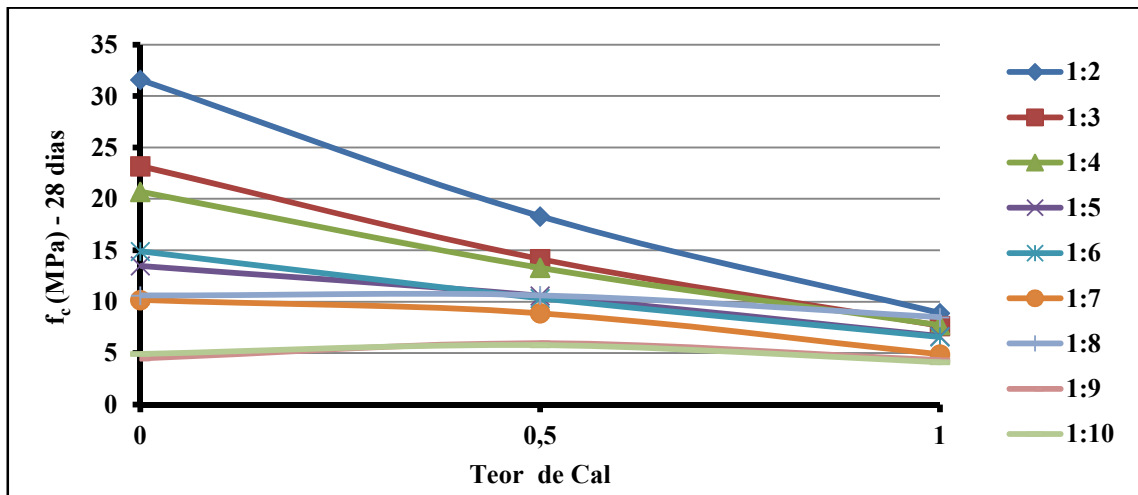


FIGURA 4.4- Resistência a compressão axial x Teor de cal para argamassa confeccionada com AA e com consistência a 210 mm.

Analisando as Tabelas 4.1 a 4.4 e as Figuras 4.1 a 4.4, verifica-se que a resistência à compressão axial da argamassa com AA aos 28 dias é superior à 40 MPa no traço 1:0:2 e consistência de 180 mm, sendo considerada como de alta resistência mecânica, podendo ser usada para pisos (NBR 11.801, 1992). Salienta-se que os demais traços, desde que se empreguem aditivos plastificantes ou superplastificantes, que possibilitarão a redução do fator a/c, tendem a valores altos.

Percebe-se ainda, que as argamassas confeccionadas com AA, adquirem aos 7 dias de idade, uma resistência à compressão axial de cerca de 60% da resistência final, ou seja, nas primeiras idades possuem altas resistências, enquanto que a areia natural tem sua resistência na ordem de 35%. Tal fato é atribuído à granulometria (zona ótima) e à baixa absorção de água do agregado, resultando numa argamassa mais trabalhável, sem a exigência de maiores teores de água.

As resistências à compressão axial das argamassas com AA em comparação com de areia natural foram superiores (num intervalo de 1,5 a 4 vezes). Constata-se, portanto, que o estudo para a obtenção da granulometria adequada aliada a qualidade do agregado permitiu ganhos.

Nota-se que o aumento do teor de cal resulta numa convergência do valor da resistência à compressão axial, vide figura 4.3 e 4.4, logo, seus benefícios se constituem na plasticidade e na coesão (estado fresco), principalmente para argamassas pobres.

A tabela 4.5 apresenta a classificação das argamassas que empregaram AA segundo a norma NBR 13.281 (2005), onde se constata que a maioria dos traços classifica-se como P5 e

P6. Tal fato permite admitir a elevada resistência das argamassas confeccionadas, adotando-se a denominação de ARGAD (ARGamassa de Alto Desempenho). É evidente que maiores resistências podem ser obtidas com a inserção de aditivos plastificantes e, conseqüentemente, redução do fator a/c.

TABELA 4.5 – Classificação segundo a resistência à compressão axial (MPa).

| TRAÇO | AREIA ARTIFICIAL | | | |
|------------|------------------|-------------------|----------|-------------------|
| | 180 mm | | 210 mm | |
| | RC (MPa) | NBR 13.281 (2005) | RC (MPa) | NBR 13.281 (2005) |
| 1:0:2 | 43,11 | P6 | 31,59 | P6 |
| 1:0,5:1,5 | 21,67 | P6 | 18,30 | P6 |
| 1:1:1 | 11,92 | P6 | 8,89 | P5/P6 |
| 1:0:3 | 25,85 | P6 | 23,19 | P6 |
| 1:0,5:2,5 | 20,23 | P6 | 14,14 | P6 |
| 1:1:2 | 10,06 | P6 | 7,65 | P5 |
| 1:0:4 | 20,29 | P6 | 20,70 | P6 |
| 1:0,5:3,5 | 15,46 | P6 | 13,29 | P6 |
| 1:1:3 | 9,91 | P5/P6 | 7,72 | P5 |
| 1:0:5 | 17,80 | P6 | 13,47 | P6 |
| 1:0,5:4,5 | 14,86 | P6 | 10,56 | P6 |
| 1:1:4 | 9,76 | P5/P6 | 6,65 | P5 |
| 1:0:6 | 14,06 | P6 | 14,90 | P6 |
| 1:0,5:25,5 | 13,25 | P6 | 10,32 | P6 |
| 1:1:5 | 9,45 | P5/P6 | 6,57 | P4/P5 |
| 1:0:7 | 11,54 | P6 | 10,16 | P6 |
| 1:0,5:6,5 | 12,60 | P6 | 8,87 | P5/P6 |
| 1:1:6 | 8,65 | P5/P6 | 4,88 | P4 |
| 1:0:8 | 10,59 | P6 | 7,12 | P5 |
| 1:0,5:7,5 | 10,62 | P6 | 7,13 | P5 |
| 1:1:7 | 8,49 | P5/P6 | 5,86 | P4 |
| 1:0:9 | 6,95 | P5 | 4,48 | P4 |
| 1:0,5:8,5 | 11,18 | P6 | 5,95 | P4 |
| 1:1:8 | 7,93 | P5 | 4,31 | P3 |
| 1:0:10 | 6,28 | P4 | 4,92 | P4 |
| 1:0,5:9,5 | 7,45 | P5 | 5,76 | P4 |
| 1:1:9 | 7,13 | P5 | 4,11 | P3 |

E, finalmente, segundo os resultados obtidos para esta propriedade, percebe-se a eficiência do emprego da areia artificial a partir do resíduo de mármore para confecção de argamassas de uso convencional e de alta resistência. Salienta-se a importância de ensaios adicionais para avaliar outras propriedades, conforme se verifica no item 4.3.

4.2.2 Velocidade de Propagação de Pulso Ultrassônico (V)

As Tabelas de 4.6 a 4.9 e as Figuras de 4.5 a 4.8 apresentam os valores encontrados no ensaio para determinação da velocidade de propagação de ondas de ultrassom (V), assim como o coeficiente de variação (CV).

TABELA 4. 6 – Resultado da velocidade de propagação de ondas de ultrassom para argamassas confeccionadas com areia natural e com consistência igual a 180 mm.

| TRAÇO | a/c | AREIA NATURAL - 180 mm | | | | | |
|-----------|------|------------------------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | | 7 DIAS | | 14 DIAS | | 28 DIAS | |
| | | V(km/s) | CV (%) | V(km/s) | CV (%) | V(km/s) | CV (%) |
| 1:0:2 | 0,59 | 4,20 | 1,33 | 4,34 | 1,95 | 5,33 | 5,12 |
| 1:0,5:1,5 | 0,70 | 3,23 | 12,99 | 3,42 | 0,28 | 4,44 | 3,69 |
| 1:1:1 | 1,02 | 2,48 | 12,10 | 2,83 | 0,42 | 3,85 | 0,07 |
| 1:0:3 | 0,80 | 3,62 | 6,06 | 4,65 | 1,03 | 5,40 | 1,91 |
| 1:0,5:2,5 | 0,88 | 3,37 | 2,43 | 3,45 | 0,00 | 4,73 | 2,41 |
| 1:1:2 | 1,15 | 2,59 | 0,00 | 3,07 | 5,21 | 3,85 | 4,78 |
| 1:0:4 | 1,00 | 3,04 | 5,09 | 3,17 | 0,05 | 4,47 | 4,86 |
| 1:0,5:3,5 | 1,02 | 2,04 | 1,07 | 2,39 | 1,85 | 4,62 | 0,00 |
| 1:1:3 | 1,20 | 2,43 | 4,40 | 2,66 | 1,50 | 2,67 | 1,15 |
| 1:0:5 | 1,23 | 2,20 | 0,55 | 2,35 | 1,10 | 2,40 | 0,52 |
| 1:0,5:4,5 | 1,20 | 2,04 | 5,43 | 3,15 | 0,97 | 3,28 | 1,54 |
| 1:1:4 | 1,40 | 2,04 | 16,44 | 2,14 | 1,70 | 2,58 | 1,99 |
| 1:06 | 1,49 | 1,63 | 14,73 | 2,45 | 5,21 | 2,71 | 0,86 |
| 1:0,5:5,5 | 1,40 | 2,69 | 2,01 | 2,65 | 3,75 | 3,00 | 3,24 |
| 1:1:5 | 1,50 | 2,17 | 0,76 | 0,00 | 0,00 | 2,88 | 0,89 |

TABELA 4. 7 – Resultado da velocidade de propagação de ondas de ultrassom para argamassas confeccionadas com areia natural e com consistência igual a 210 mm.

| TRAÇO | a/c | AREIA NATURAL - 210 mm | | | | | |
|-----------|------|------------------------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | | 7 DIAS | | 14 DIAS | | 28 DIAS | |
| | | V(km/s) | CV (%) | V(km/s) | CV (%) | V(km/s) | CV (%) |
| 1:0:2 | 0,61 | 3,41 | 1,53 | 3,89 | 0,95 | 3,95 | 0,77 |
| 1:0,5:1,5 | 0,84 | 3,20 | 2,91 | 3,44 | 0,58 | 3,50 | 1,39 |
| 1:1:1 | 1,22 | 2,57 | 1,41 | 2,93 | 0,60 | 3,05 | 0,22 |
| 1:0:3 | 0,80 | 2,96 | 1,05 | 3,49 | 0,98 | 3,52 | 0,47 |
| 1:0,5:2,5 | 1,00 | 2,93 | 0,07 | 3,32 | 2,14 | 3,39 | 1,13 |
| 1:1:2 | 1,38 | 2,42 | 0,62 | 2,85 | 1,29 | 3,10 | 1,00 |
| 1:0:4 | 1,14 | 2,84 | 1,29 | 3,19 | 0,35 | 3,33 | 0,44 |
| 1:0,5:3,5 | 1,13 | 2,84 | 2,28 | 3,24 | 0,32 | 3,32 | 0,92 |
| 1:1:3 | 1,48 | 3,37 | 0,49 | 2,72 | 1,90 | 2,98 | 0,76 |
| 1:0:5 | 1,40 | 2,58 | 1,32 | 2,73 | 1,14 | 2,87 | 7,97 |
| 1:0,5:4,5 | 1,33 | 2,61 | 2,78 | 2,81 | 5,01 | 2,94 | 10,57 |
| 1:1:4 | 1,64 | 2,42 | 0,27 | 2,54 | 2,54 | 2,75 | 3,47 |
| 1:06 | 1,70 | 2,24 | 0,83 | 2,41 | 0,00 | 2,72 | 3,71 |
| 1:0,5:5,5 | 1,45 | 2,40 | 0,06 | 2,66 | 1,24 | 2,85 | 3,34 |
| 1:1:5 | 1,60 | 2,26 | 4,94 | 0,00 | 0,00 | 2,69 | 1,48 |

TABELA 4. 8 – Resultado da velocidade de propagação de ondas de ultrassom para argamassas confeccionadas com areia de mármore e com consistência igual a 180 mm.

| TRAÇO | a/c | AREIA DE MÁRMORE - 180 mm | | | | | |
|-----------|------|---------------------------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | | 7 DIAS | | 14 DIAS | | 28 DIAS | |
| | | V(km/s) | CV (%) | V(km/s) | CV (%) | V(km/s) | CV (%) |
| 1:0:2 | 0,48 | 4,40 | 0,14 | 4,50 | 0,50 | 4,62 | 1,77 |
| 1:0,5:1,5 | 0,72 | 3,42 | 0,65 | 3,59 | 1,26 | 3,67 | 0,93 |
| 1:1:1 | 1,04 | 2,80 | 0,47 | 2,97 | 1,30 | 3,04 | 0,07 |
| 1:0:3 | 0,58 | 4,19 | 0,10 | 4,27 | 0,27 | 4,34 | 1,50 |
| 1:0,5:2,5 | 0,81 | 3,66 | 0,62 | 3,66 | 1,56 | 3,74 | 0,33 |
| 1:1:2 | 1,11 | 2,82 | 0,60 | 2,97 | 2,19 | 3,12 | 2,05 |
| 1:0:4 | 0,69 | 3,65 | 1,85 | 4,04 | 8,70 | 4,25 | 0,02 |
| 1:0,5:3,5 | 0,90 | 3,91 | 1,39 | 3,70 | 1,07 | 3,76 | 2,52 |
| 1:1:3 | 1,18 | 2,66 | 0,91 | 2,98 | 2,02 | 3,28 | 0,03 |
| 1:0:5 | 0,90 | 2,67 | 1,18 | 3,34 | 6,44 | 4,03 | 0,89 |
| 1:0,5:4,5 | 0,98 | 3,50 | 0,88 | 3,60 | 0,06 | 3,78 | 2,03 |
| 1:1:4 | 1,22 | 2,93 | 0,69 | 3,05 | 2,81 | 3,15 | 3,15 |
| 1:0:6 | 0,95 | 3,26 | 5,19 | 3,67 | 3,10 | 4,01 | 1,00 |
| 1:0,5:5,5 | 1,11 | 3,33 | 2,83 | 3,57 | 0,17 | 3,87 | 1,77 |
| 1:1:5 | 1,30 | 2,91 | 2,69 | 3,10 | 1,17 | 3,43 | 0,93 |
| 1:0:7 | 1,12 | 3,14 | 1,74 | 3,44 | 0,50 | 3,73 | 1,23 |
| 1:0,5:6,5 | 1,20 | 3,38 | 0,18 | 3,51 | 2,26 | 3,73 | 3,54 |
| 1:1:6 | 1,40 | 2,89 | 0,82 | 3,46 | 0,90 | 3,55 | 0,71 |
| 1:0:8 | 1,15 | 3,36 | 1,00 | 3,45 | 3,43 | 3,80 | 1,87 |
| 1:0,5:7,5 | 1,23 | 3,35 | 0,77 | 3,52 | 2,82 | 3,84 | 2,03 |
| 1:1:7 | 1,43 | 2,85 | 0,12 | 3,52 | 2,36 | 3,47 | 0,82 |
| 1:0:9 | 1,41 | 2,66 | 6,19 | 3,23 | 6,30 | 3,47 | 0,02 |
| 1:0,5:8,5 | 1,41 | 2,92 | 4,69 | 3,26 | 1,73 | 3,63 | 2,69 |
| 1:1:8 | 1,51 | 2,78 | 0,35 | 2,75 | 8,77 | 3,35 | 2,25 |
| 1:0:10 | 1,53 | 2,87 | 4,62 | 3,43 | 0,92 | 3,57 | 1,32 |
| 1:0,5:9,5 | 1,50 | 2,25 | 1,50 | 2,37 | 0,21 | 3,45 | 2,91 |
| 1:1:9 | 1,50 | 2,85 | 2,91 | 3,16 | 0,70 | 3,23 | 0,61 |

TABELA 4.9 – Resultado da velocidade de propagação de ondas de ultrassom para argamassas confeccionadas com areia de mármore e com consistência igual a 210 mm.

| TRAÇO | a/c | AREIA DE MÁRMORE - 210 mm | | | | | |
|-----------|------|---------------------------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | | 7 DIAS | | 14 DIAS | | 28 DIAS | |
| | | V(km/s) | CV (%) | V(km/s) | CV (%) | V(km/s) | CV (%) |
| 1:0:2 | 0,57 | 3,90 | 2,13 | 4,11 | 7,69 | 4,28 | 3,42 |
| 1:0,5:1,5 | 0,80 | 2,98 | 3,42 | 3,40 | 2,41 | 3,50 | 2,20 |
| 1:1:1 | 1,21 | 2,31 | 0,32 | 2,74 | 1,05 | 2,85 | 1,31 |
| 1:0:3 | 0,72 | 3,46 | 1,28 | 4,29 | 2,07 | 4,19 | 1,91 |
| 1:0,5:2,5 | 0,94 | 2,91 | 1,31 | 3,38 | 1,80 | 3,36 | 0,28 |
| 1:1:2 | 1,33 | 2,51 | 1,90 | 2,78 | 0,35 | 3,02 | 0,43 |
| 1:0:4 | 0,80 | 3,91 | 1,10 | 4,08 | 1,00 | 4,26 | 0,25 |
| 1:0,5:3,5 | 1,04 | 3,16 | 5,64 | 3,54 | 1,29 | 3,55 | 7,51 |
| 1:1:3 | 1,36 | 2,60 | 1,36 | 2,92 | 0,91 | 2,89 | 7,18 |
| 1:0:5 | 1,00 | 3,57 | 0,12 | 3,83 | 0,64 | 3,95 | 0,15 |
| 1:0,5:4,5 | 1,17 | 3,08 | 2,17 | 3,41 | 0,68 | 3,47 | 3,05 |
| 1:1:4 | 1,51 | 2,53 | 2,74 | 2,84 | 0,50 | 3,05 | 0,57 |
| 1:06 | 1,10 | 3,29 | 9,10 | 4,02 | 0,07 | 4,17 | 1,10 |
| 1:0,5:5,5 | 1,27 | 3,22 | 0,69 | 3,40 | 0,21 | 3,78 | 0,64 |
| 1:1:5 | 1,61 | 2,65 | 0,35 | 2,79 | 2,36 | 3,13 | 0,82 |
| 1:0:7 | 1,32 | 3,36 | 4,24 | 3,63 | 2,17 | 4,01 | 0,42 |
| 1:0,5:6,5 | 1,37 | 3,19 | 0,34 | 3,41 | 0,24 | 3,77 | 2,57 |
| 1:1:6 | 1,72 | 2,68 | 2,12 | 2,81 | 2,27 | 3,19 | 0,70 |
| 1:0:8 | 1,54 | 3,10 | 1,91 | 3,42 | 1,51 | 3,80 | 1,07 |
| 1:0,5:7,5 | 1,47 | 3,17 | 2,45 | 3,32 | 0,60 | 3,65 | 0,90 |
| 1:1:7 | 1,83 | 2,52 | 0,32 | 2,74 | 5,34 | 3,18 | 0,91 |
| 1:0:9 | 1,81 | 2,92 | 0,71 | 3,09 | 1,11 | 4,64 | 1,41 |
| 1:0,5:8,5 | 1,62 | 3,08 | 0,16 | 3,24 | 1,92 | 5,06 | 0,36 |
| 1:1:8 | 1,94 | 2,62 | 0,33 | 2,64 | 0,00 | 4,26 | 0,69 |
| 1:0:10 | 1,95 | 2,88 | 3,13 | 3,18 | 1,13 | 4,75 | 1,12 |
| 1:0,5:9,5 | 1,77 | 2,94 | 2,06 | 3,23 | 0,47 | 5,10 | 0,41 |
| 1:1:9 | 2,10 | 2,61 | 1,16 | 2,74 | 0,36 | 4,00 | 4,82 |

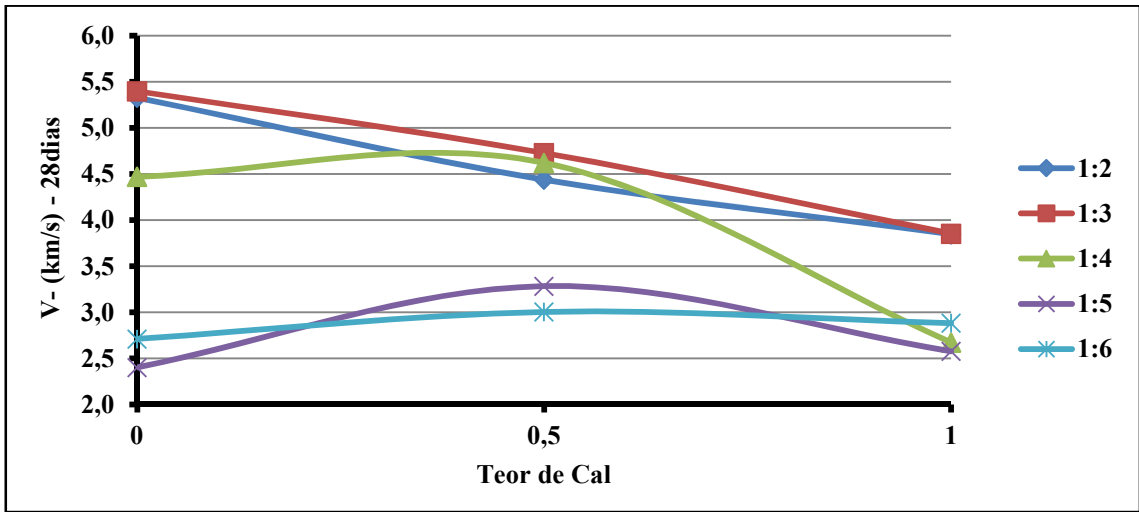


FIGURA 4.5- Velocidade da onda de ultrassom x Teor de cal para argamassa confeccionada com areia natural e com consistência 180 mm.

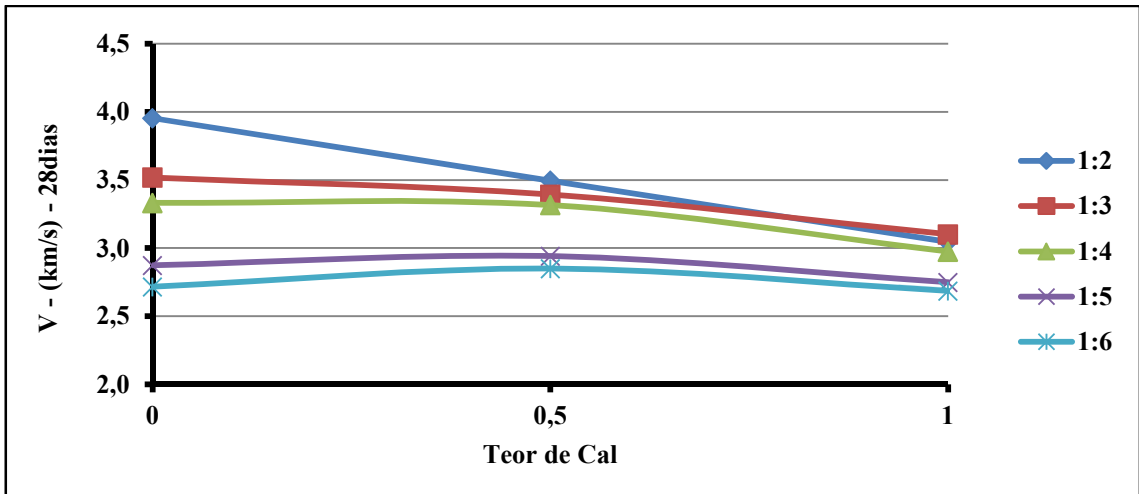


FIGURA 4.6- Velocidade da onda de ultrassom x Teor de cal para cada argamassa confeccionada com areia natural e com consistência 180 mm.

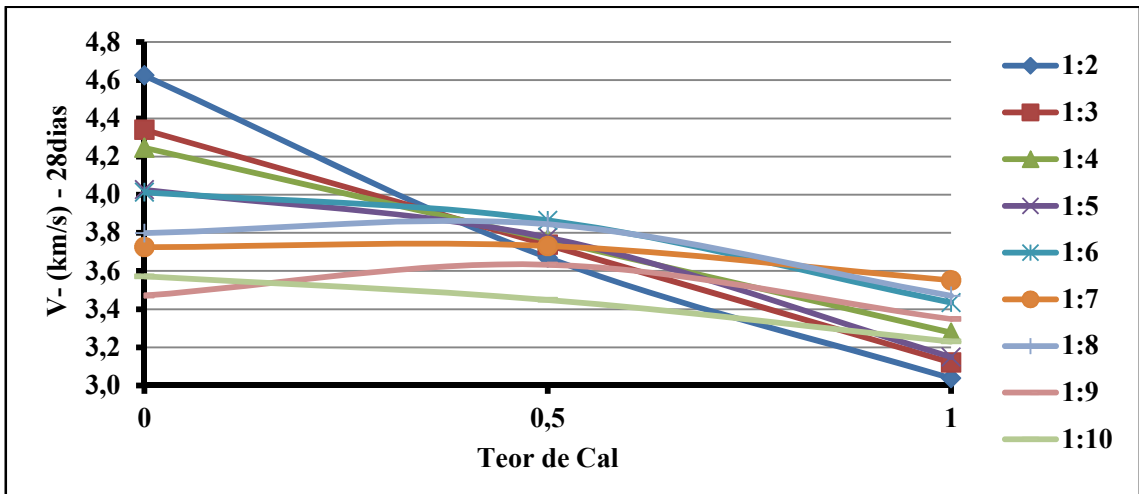


FIGURA 4.7- Velocidade da onda de ultrassom x Teor de cal para argamassa confeccionada com areia de mármore e com consistência 180 mm.

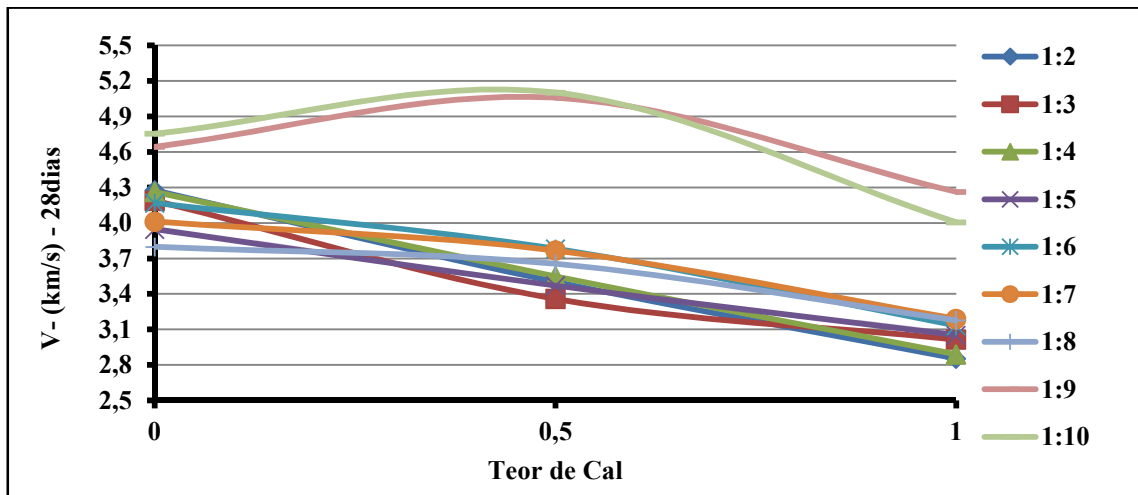


FIGURA 4.8- Velocidade da onda de ultrassom x Teor de cal para argamassa confeccionada com areia de mármore e com consistência 210 mm.

Analisando as Tabelas de 4.6 a 4.9 e as Figuras 4.5 a 4.8, constata-se que as argamassas com AA possuem maiores valores para velocidade de propagação de pulso ultrassônico, quando comparadas com as argamassas com areia natural, sobretudo para os traços sem cal; estando vinculado à baixa absorção do agregado, conforme constatado em estudos anteriores efetuados por BARBOSA *et al* (2008) e BARBOSA (2009). Em resumo, menor porosidade, melhor distribuição granulométrica dos grãos e maior massa específica do agregado fornecem uma argamassa mais compacta e densa, possibilitando a obtenção de uma velocidade de propagação maior.

4.2.3 Massa Específica (γ)

Na tentativa de se obter informações adicionais sobre o material pesquisado, determinou-se a massa específica dos diversos traços de argamassa estudados, conforme ilustrado nas Tabelas 4.10 e 4.11, bem como o seu respectivo coeficiente de variação (CV).

TABELA 4. 10 – Resultado da variação da massa específica para argamassas com areia natural.

| AREIA NATURAL | | | | |
|---------------|-------------------------------|--------|-------------------------------|--------|
| TRAÇO | 180 mm | | 210 mm | |
| | γ (g/cm ³) | CV (%) | γ (g/cm ³) | CV (%) |
| 1:0:2 | 2,13 | 1,42 | 2,07 | 0,94 |
| 1:0,5:1,5 | 1,94 | 0,25 | 1,95 | 0,57 |
| 1:1:1 | 1,78 | 1,31 | 1,78 | 0,66 |
| 1:0:3 | 2,16 | 3,29 | 2,05 | 0,20 |
| 1:0,5:2,5 | 1,98 | 0,63 | 1,95 | 0,47 |
| 1:1:2 | 1,83 | 1,18 | 1,84 | 1,07 |
| 1:0:4 | 2,03 | 0,67 | 2,01 | 1,68 |
| 1:0,5:3,5 | 2,01 | 0,21 | 1,97 | 2,18 |
| 1:1:3 | 1,89 | 1,28 | 1,94 | 1,19 |
| 1:0:5 | 2,03 | 4,53 | 2,01 | 1,54 |
| 1:0,5:4,5 | 2,01 | 1,00 | 2,03 | 0,39 |
| 1:1:4 | 1,90 | 0,78 | 1,97 | 0,60 |
| 1:06 | 1,98 | 1,76 | 1,72 | 31,08 |
| 1:0,5:5,5 | 2,00 | 0,58 | 2,02 | 0,66 |
| 1:1:5 | 1,97 | 0,17 | 1,98 | 0,33 |

TABELA 4. 11 – Resultado da variação da massa específica para argamassas com AA

| AREIA ARTIFICIAL | | | | |
|------------------|-------------------------------|--------|-------------------------------|--------|
| TRAÇO | 180 mm | | 210 mm | |
| | γ (g/cm ³) | CV (%) | γ (g/cm ³) | CV (%) |
| 1:0:2 | 2,32 | 0,64 | 2,31 | 2,34 |
| 1:0,5:1,5 | 2,08 | 3,16 | 2,02 | 0,43 |
| 1:1:1 | 1,82 | 0,84 | 1,80 | 3,29 |
| 1:0:3 | 2,33 | 4,99 | 2,30 | 5,44 |
| 1:0,5:2,5 | 2,14 | 0,75 | 2,09 | 0,63 |
| 1:1:2 | 1,95 | 1,03 | 1,91 | 0,73 |
| 1:0:4 | 2,36 | 0,53 | 2,35 | 0,64 |
| 1:0,5:3,5 | 2,23 | 0,57 | 2,16 | 1,67 |
| 1:1:3 | 2,07 | 1,02 | 2,02 | 4,09 |
| 1:0:5 | 2,36 | 0,55 | 2,34 | 0,85 |
| 1:0,5:4,5 | 2,29 | 1,38 | 2,21 | 0,35 |
| 1:1:4 | 2,13 | 0,74 | 2,06 | 1,18 |
| 1:06 | 2,38 | 0,24 | 2,37 | 0,77 |
| 1:0,5:5,5 | 2,30 | 0,68 | 2,24 | 0,63 |
| 1:1:5 | 2,12 | 5,66 | 2,09 | 0,53 |
| 1:0:7 | 2,36 | 0,82 | 2,38 | 0,89 |
| 1:0,5:6,5 | 2,31 | 0,88 | 2,23 | 1,42 |
| 1:1:6 | 2,20 | 1,55 | 2,13 | 0,63 |
| 1:0:8 | 2,38 | 1,39 | 2,35 | 1,24 |
| 1:0,5:7,5 | 2,34 | 1,66 | 2,29 | 0,25 |
| 1:1:7 | 2,24 | 1,48 | 2,23 | 5,11 |
| 1:0:9 | 2,33 | 0,29 | 2,30 | 1,07 |
| 1:0,5:8,5 | 2,32 | 1,98 | 2,28 | 1,02 |
| 1:1:8 | 2,27 | 3,09 | 2,17 | 0,98 |
| 1:0:10 | 2,36 | 0,52 | 2,32 | 1,15 |
| 1:0,5:9,5 | 2,29 | 2,14 | 2,30 | 1,35 |
| 1:1:9 | 2,33 | 1,66 | 2,23 | 1,14 |

Analisando as Tabelas de 4.10 e 4.11, verifica-se que para a argamassa confeccionada com AA, o valor médio da massa específica aparente é igual a $2,30 \text{ g/cm}^3$ e para a areia natural igual a $1,95 \text{ g/cm}^3$, justificado pela compactidade da mistura obtida através da adequação da granulometria do agregado (zona ótima), bem como a massa específica do agregado.

Verificou-se que a cal influencia reduzindo os valores de massa específica destes materiais, sobretudo, para os traços mais ricos, cerca 18 % nas argamassas com areia natural e quase 30% para as com AA.

Neste estudo preliminar, verificaram-se os efetivos ganhos do emprego do rejeito de mármore como agregado miúdo para confecção de argamassas, possibilitando a redução do consumo de cimento (produto de custo elevado), aumento da resistência à compressão axial, velocidade de propagação de onda ultrassônica e massa específica. Logo, estes novos produtos (argamassas) não só caracterizam uma ótima forma de utilização para o rejeito de mármore, como também permitem a obtenção de argamassas com características melhoradas e com alto desempenho em relação aos traços de referência que utilizam areia natural.

4.3. SEGUNDA ETAPA DO PROGRAMA EXPERIMENTAL

4.3.1 Considerações Iniciais

Na segunda etapa, conforme mencionado no item 3.3, avaliaram-se as propriedades adicionais das argamassas confeccionadas com o resíduo, a saber: resistência à compressão diametral, módulo de elasticidade, retração, resistência ao arrancamento, absorção, permeabilidade e dureza superficial. Tal procedimento objetivou caracterizar os traços de maneira mais consistente. Dentro deste contexto, adotaram-se os traços que obtiveram o mínimo, médio e máximo no ensaio de resistência à compressão axial: 1:0:3, 1:1:2, 1:0:7, 1:1:6, 1:0:10 e 1:1:9 (cimento: cal hidratada: areia).

4.3.2 Resistência à Tração por Compressão Diametral ($f_{ct,sp}$)

As Tabelas 4.12 e 4.13 e as Figuras 4.9 e 4.10 apresentam os valores encontrados para cada traço, incluindo os coeficientes de variação da amostra (CV), que conforme se verifica, são inferiores a 25 %, comprovando a aceitabilidade dos dados.

TABELA 4. 12 – Resultados da resistência à tração por compressão diametral para argamassas confeccionadas com areia de mármore e consistência igual a 180 mm.

| TRAÇO | a/c | AREIA ARTIFICIAL - 180 mm | | | | | |
|----------|------|---------------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|
| | | 7 DIAS | | 14 DIAS | | 28 DIAS | |
| | | $f_{ct,sp}$ (MPa) | CV (%) | $f_{ct,sp}$ (MPa) | CV (%) | $f_{ct,sp}$ (MPa) | CV (%) |
| 01:00:03 | 0,58 | 2,55 | 13,15 | 2,75 | 0,17 | 4,28 | 7,67 |
| 01:01:02 | 1,11 | 0,97 | 4,30 | 1,17 | 11,64 | 1,46 | 7,27 |
| 01:00:07 | 1,12 | 1,20 | 0,67 | 1,41 | 4,11 | 1,91 | 7,04 |
| 01:01:06 | 1,40 | 0,69 | 7,20 | 0,86 | 1,77 | 1,23 | 7,13 |
| 01:00:10 | 1,53 | 0,50 | 9,17 | 0,57 | 7,13 | 0,95 | 2,32 |
| 01:01:09 | 1,50 | 0,73 | 10,95 | 0,75 | 4,18 | 0,87 | 8,57 |

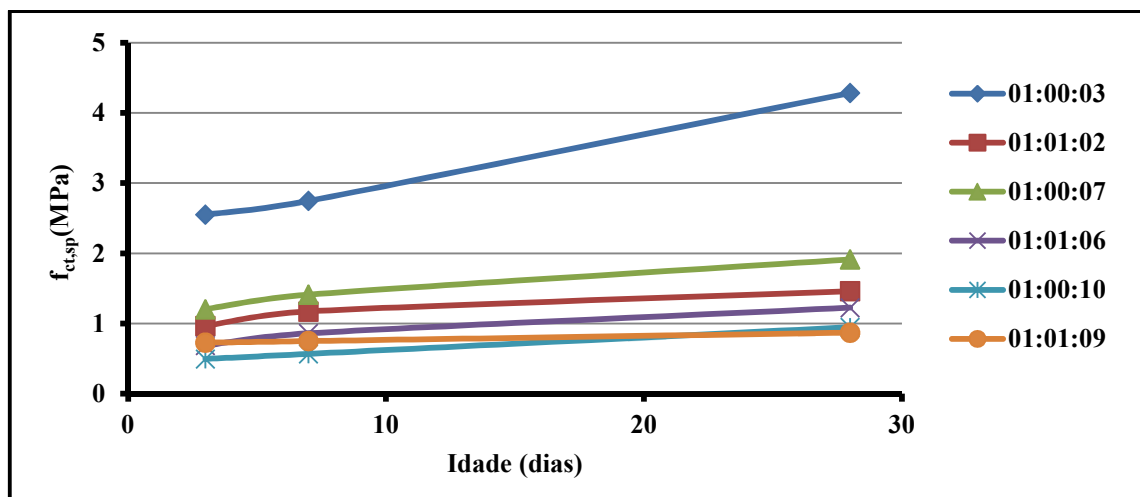


FIGURA 4.9- Resistência à tração por compressão diametral x Idade para cada traço de argamassa com areia artificial e de consistência igual a 180 mm.

TABELA 4. 13 – Resultados da resistência à tração por compressão diametral para argamassas confeccionadas com areia de mármore e consistência igual a 210 mm.

| TRAÇO | a/c | AREIA ARTIFICIAL - 210 mm | | | | | |
|----------|------|---------------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|
| | | 7 DIAS | | 14 DIAS | | 28 DIAS | |
| | | $f_{ct,sp}$ (MPa) | CV (%) | $f_{ct,sp}$ (MPa) | CV (%) | $f_{ct,sp}$ (MPa) | CV (%) |
| 01:00:03 | 0,72 | 1,84 | 5,40 | 2,48 | 11,26 | 3,09 | 10,71 |
| 01:01:02 | 1,33 | 0,81 | 4,42 | 1,12 | 4,80 | 1,53 | 13,62 |
| 01:00:07 | 1,32 | 0,98 | 4,80 | 1,33 | 1,87 | 1,78 | 1,06 |
| 01:01:06 | 1,72 | 0,62 | 3,19 | 0,85 | 3,39 | 1,15 | 5,09 |
| 01:00:10 | 1,95 | 0,72 | 1,25 | 0,90 | 1,82 | 1,26 | 4,00 |
| 01:01:09 | 2,10 | 0,47 | 8,22 | 0,73 | 0,60 | 0,94 | 11,81 |

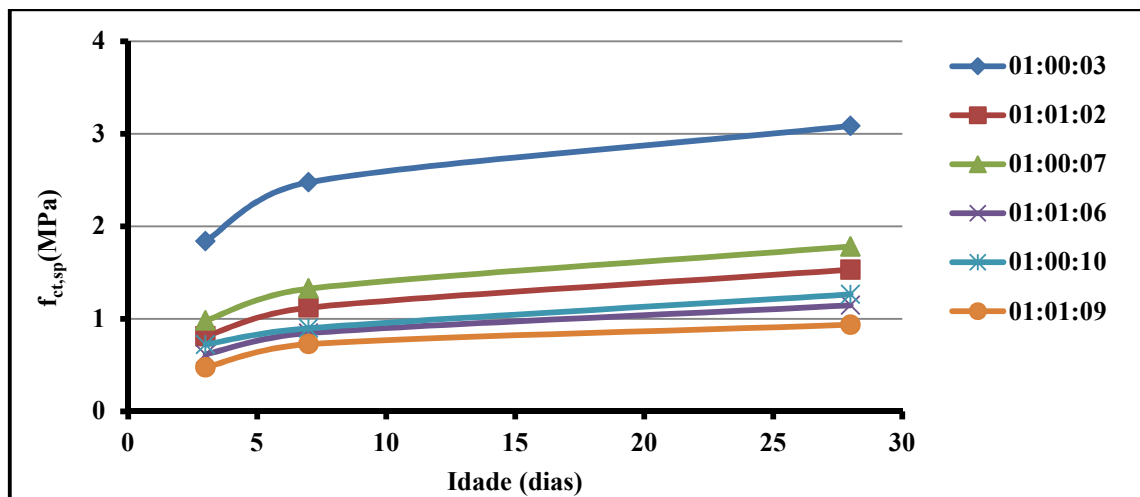


FIGURA 4.10- Resistência à tração por compressão diametral x Idade para cada traço de argamassa com areia artificial e de consistência igual a 210 mm.

Conforme se verifica nas Tabelas de 4.11 e 4.12 e nas Figuras 4.9 e 4.10, as argamassas sem o emprego de cal hidratada possuem maiores valores de resistência à tração por compressão diametral. Buscando correlacionar f_c com $f_{ct,sp}$ obtém-se o gráfico apresentado na Figura 4.11, no qual constata-se uma tendência linear entre essas propriedades, independente do traço; sendo a correlação de aproximadamente 17%, ou seja, $f_{ct,sp} = 0,17 f_c$.

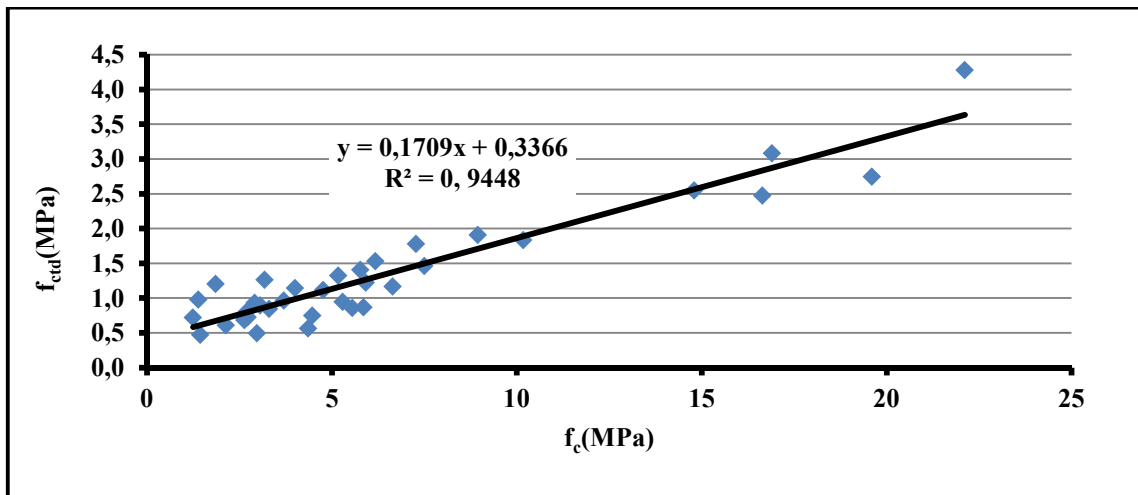


FIGURA 4.11- Correlação entre resistência à tração por compressão diametral x Resistência à compressão axial para areia artificial.

Neste contexto, efetuou-se uma regressão (através do emprego do programa Excel) obtendo-se a equação 4.1.

$$f_{tc,sp} = 0,1709f_c + 0,3366 \quad (\text{Erro} = 0,2494 \text{ MPa}; R^2 = 0,9448) \quad (\text{Equação 4.1})$$

Onde:

$f_{tc,sp}$ = Resistência à Tração Por Compressão Diametral, em MPa;

f_c = Resistência à Compressão Axial, em MPa.

4.3.3 Velocidade de Propagação do Pulso Ultrassônico

Com o objetivo de verificar a repetitividade dos resultados, optou-se por efetuar uma nova avaliação da velocidade de propagação do pulso ultrassônico, conforme item 4.2.2.

As Tabelas 4.14 e 4.15 e as Figuras 4.12 e 4.13 apresentam os valores encontrados no ensaio para determinação da velocidade de propagação de ondas ultrassônicas (V), assim como o coeficiente de variação (CV).

TABELA 4. 14 – Resultados da velocidade de pulso ultrassônico para argamassas com areia de mármore e consistência igual a 180 mm

| TRAÇO | a/c | AREIA ARTIFICIAL - 180 mm | | | | | |
|----------|------|---------------------------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | | 7 DIAS | | 14 DIAS | | 28 DIAS | |
| | | V(km/s) | CV (%) | V(km/s) | CV (%) | V(km/s) | CV (%) |
| 01:00:03 | 0,72 | 3,49 | 0,01 | 3,85 | 0,07 | 4,70 | 0,08 |
| 01:01:02 | 1,33 | 2,13 | 0,03 | 2,49 | 0,01 | 3,06 | 0,03 |
| 01:00:07 | 1,32 | 2,64 | 0,05 | 2,91 | 0,12 | 3,89 | 0,08 |
| 01:01:06 | 1,72 | 2,14 | 0,05 | 2,44 | 0,06 | 3,07 | 0,19 |
| 01:00:10 | 1,95 | 2,52 | 0,06 | 2,84 | 0,11 | 3,52 | 0,12 |
| 01:01:09 | 2,10 | 2,08 | 0,09 | 2,37 | 0,05 | 3,03 | 0,05 |

TABELA 4. 15 – Resultados da velocidade de pulso ultrassônico para argamassas com areia de mármore e consistência igual a 210 mm

| TRAÇO | a/c | AREIA ARTIFICIAL - 210 mm | | | | | |
|----------|------|---------------------------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | | 7 DIAS | | 14 DIAS | | 28 DIAS | |
| | | V(km/s) | CV (%) | V(km/s) | CV (%) | V(km/s) | CV (%) |
| 01:00:03 | 0,58 | 3,83 | 1,75 | 4,25 | 1,61 | 4,42 | 0,05 |
| 01:01:02 | 1,11 | 2,43 | 0,65 | 2,82 | 0,52 | 3,04 | 1,82 |
| 01:00:07 | 1,12 | 3,01 | 1,03 | 3,38 | 1,74 | 3,82 | 0,29 |
| 01:01:06 | 1,40 | 2,33 | 3,76 | 2,66 | 5,69 | 2,86 | 4,91 |
| 01:00:10 | 1,53 | 2,17 | 5,53 | 2,57 | 0,47 | 2,93 | 3,61 |
| 01:01:09 | 1,50 | 2,09 | 1,11 | 2,54 | 3,66 | 2,72 | 0,91 |

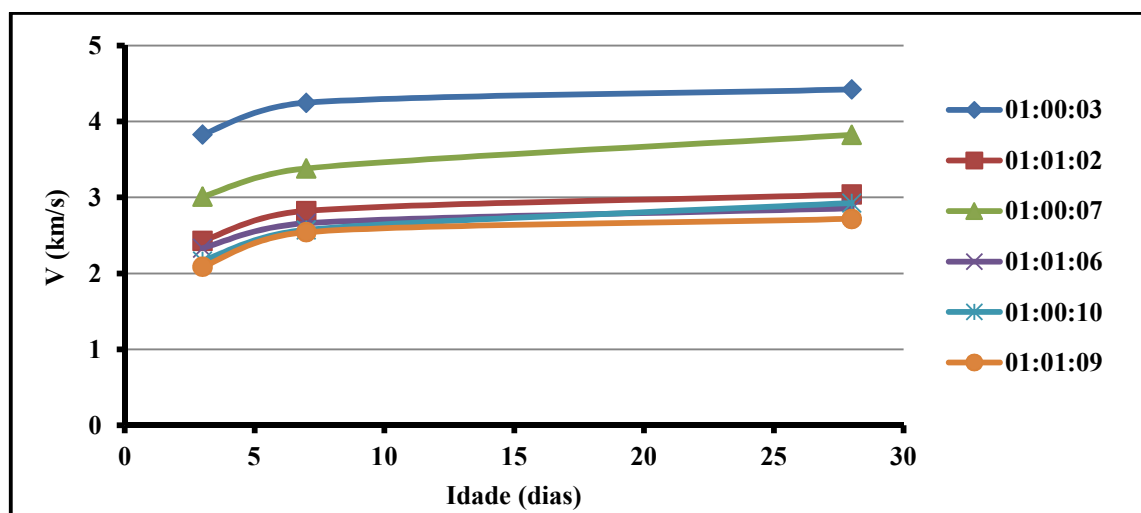


FIGURA 4.12- Velocidade de propagação de pulso ultrassônico (km/s) X Idade para argamassas com areia de mármore e consistência igual a 180 mm.

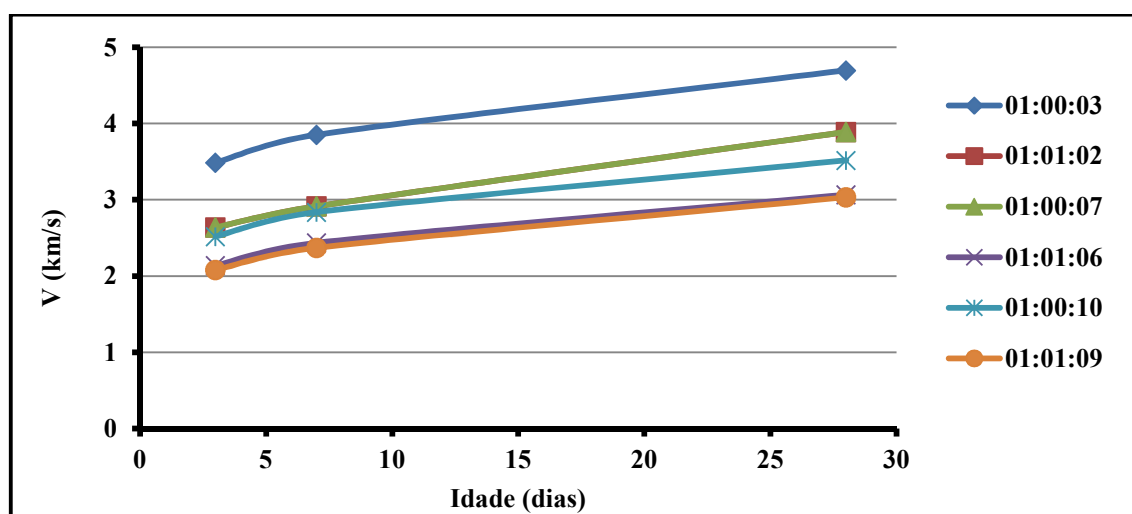


FIGURA 4.13- Velocidade de propagação de pulso ultrassônico (km/s) X Idade para argamassas com areia de mármore e consistência igual a 210 mm

Comparando-se os dados obtidos nesta etapa com os da primeira, vide Tabelas de 4.6 a 4.9, percebe-se a reprodutibilidade e conseqüentemente a representatividade dos dados.

Verifica-se nas Tabelas 4.13 e 4.14 e nas Figuras 4.12 e 4.13 que as argamassas com AA nos traços sem cal obtiveram maiores valores V , devido à densidade destes, possibilitando o emprego dessas argamassas em regiões de maiores solicitações mecânicas.

4.3.4 Módulo de Elasticidade Estático (E_{ci})

Avaliou-se o módulo de elasticidade estático (E_{ci}) pela NBR 8.522 (2008) e comparou-o com a resistência à compressão axial, a fim de obter correlações através de procedimentos estatísticos, sendo verificado aos 28 dias de idade, conforme Tabela 4.16.

Analisando a Tabela 4.16 e Figura 4.14 e 4.15 verifica-se que o Módulo de Elasticidade Estático possui valores elevados para as argamassas sem cal, demonstrando sua relação com a resistência mecânica da argamassa, devido a maior compactidade e resiliência.

TABELA 4. 16 – Resultados do módulo de elasticidade estático (E_{ci}) para argamassas com AA

| AREIA ARTIFICIAL | | | | |
|------------------|----------|-------|----------|-------|
| TRAÇO | 180 mm | | 210 mm | |
| | E_{ci} | CV | E_{ci} | CV |
| | (GPa) | % | (GPa) | % |
| 01:00:03 | 13,35 | 1,78 | 12,61 | 10,26 |
| 01:01:02 | 5,37 | 12,98 | 4,24 | 4,86 |
| 01:00:07 | 6,55 | 2,86 | 5,48 | 7,72 |
| 01:01:06 | 4,35 | 1,32 | 3,99 | 3,13 |
| 01:00:10 | 2,33 | 19,79 | 1,83 | 1,59 |
| 01:01:09 | 3,32 | 12,82 | 2,58 | 0,00 |

TABELA 4. 17 – Comparação entre E_{ci} , f_c e $f_{ct,sp}$.

| AREIA ARTIFICIAL | | | | | | |
|------------------|----------|-------|-------------|----------|-------|-------------|
| TRAÇO | 180 mm | | | 210 mm | | |
| | E_{ci} | f_c | $F_{ct,sp}$ | E_{ci} | f_c | $F_{ct,sp}$ |
| | (GPa) | (MPa) | (MPa) | (GPa) | (MPa) | (MPa) |
| 01:00:03 | 13,35 | 25,85 | 4,28 | 12,61 | 23,19 | 3,09 |
| 01:01:02 | 5,37 | 10,06 | 1,46 | 4,24 | 7,65 | 1,53 |
| 01:00:07 | 6,55 | 14,06 | 1,91 | 5,48 | 14,90 | 1,78 |
| 01:01:06 | 4,35 | 9,45 | 1,23 | 3,99 | 6,57 | 1,15 |
| 01:00:10 | 2,33 | 6,28 | 0,95 | 1,83 | 4,92 | 1,26 |
| 01:01:09 | 3,32 | 7,13 | 0,87 | 2,58 | 4,11 | 0,94 |

E_{ci} – Módulo de Elasticidade Estático

f_c – Resistência à Compressão Axial

$F_{ct,sp}$ – Resistência à Tração por Compressão Diametral

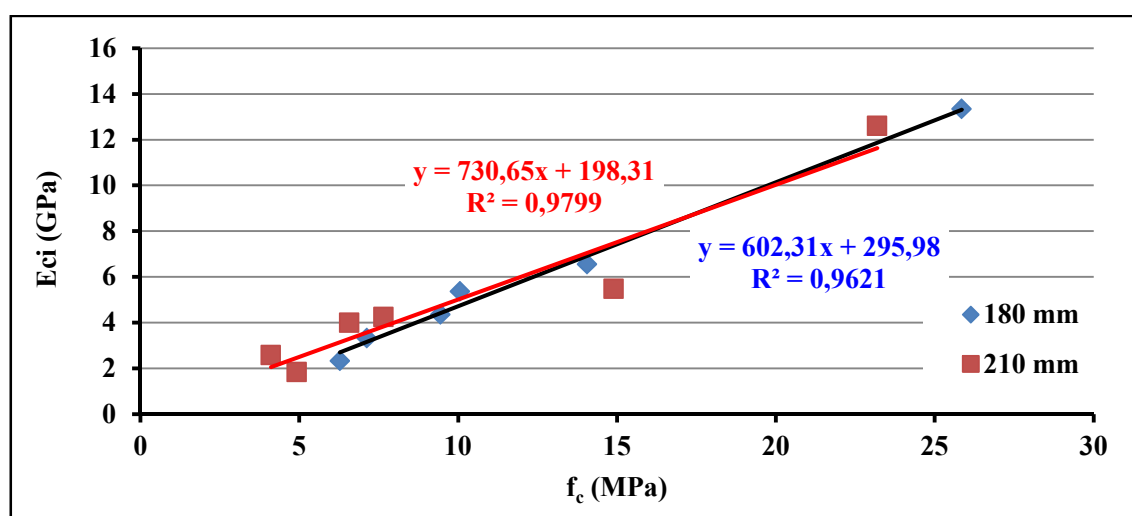


FIGURA 4.14- Correlação entre Módulo de Elasticidade Estático e Resistência à Compressão Axial

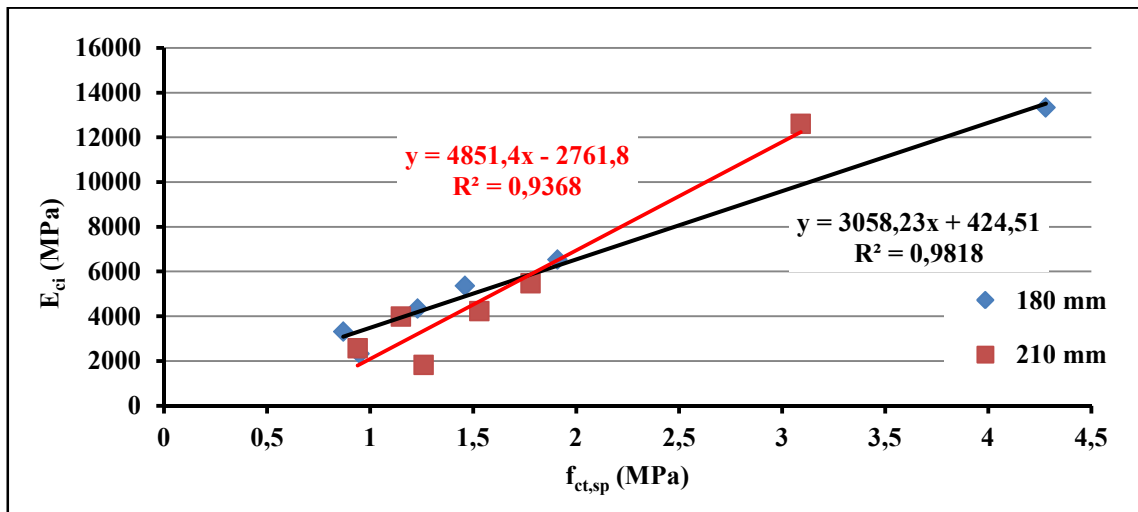


FIGURA 4.15- Correlação entre Módulo de Elasticidade Estático e Resistência à Tração por Compressão Diametral

Percebe-se ao analisar a Tabela 4.16 e as Figuras 4.14 e 4.15 que existe uma correlação possível entre o E_{ci} e a f_c e $f_{ct,sd}$, conforme Equações de 4.2 a 4.5.

Para Consistência de 180 mm:

$$E_{ci} = 602,31 \cdot f_c + 295,98 \quad (\text{Erro} = 117 \text{ MPa}; R^2 = 0,96) \quad (\text{Equação 4.2})$$

$$E_{ci} = 3.058,23 \cdot f_{ctd} + 425,51 \quad (\text{Erro} = 96 \text{ MPa}; R^2 = 0,98) \quad (\text{Equação 4.3})$$

Para Consistência de 210 mm:

$$E_{ci} = 730,65 \cdot f_c + 198,31 \quad (\text{Erro} = 160 \text{ MPa}; R^2 = 0,98) \quad (\text{Equação 4.4})$$

$$E_{ci} = 4.851,43 \cdot f_{ctd} + 2761,84 \quad (\text{Erro} = 193 \text{ MPa}; R^2 = 0,94) \quad (\text{Equação 4.5})$$

Onde:

E_{ci} = Módulo de Elasticidade Estática em MPa

f_c = Resistência à Compressão Axial em MPa

f_{ctd} = Resistência à Tração por Compressão Diametral em MPa

Estas correlações permitem estimar o módulo de elasticidade estático das argamassas a partir da resistência à compressão axial e da tração por compressão diametral, que são ensaios mais simples. É importante ressaltar a linearidade presente nas correlações, permitindo não só uma correlação simplificada, mas representado a interligação entre estas propriedades através da ligação entre os elementos da matriz cimentícia, responsáveis pelas características mecânicas das argamassas.

4.3.5 Dureza Superficial (Esclerômetro de Reflexão)

A Tabela 4.18 e as Figuras 4.16 e 4.17 apresentam os valores do índice esclerométrico obtidos nas placas da argamassa confeccionadas com os traços estudados e os respectivos valores de coeficiente de variação, bem como as correlações entre esta propriedade e a resistência à compressão axial.

TABELA 4. 18 – Índice esclerométrico das argamassas estudadas.

| AREIA ARTIFICIAL | | |
|-------------------------|------------------------------|------------------------------|
| TRAÇO | 180 mm | 210 mm |
| | ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO | ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO |
| 01:00:03 | 22,11 | 16,67 |
| 01:01:02 | 16,89 | 12,83 |
| 01:00:07 | 15,40 | 11,50 |
| 01:01:06 | 9,86 | 8,38 |
| 01:00:10 | 10,00 | 8,00 |
| 01:01:09 | 8,13 | 9,25 |

No que se refere à dureza superficial das argamassas, conforme ilustrado na Tabela 4.18 e nas Figuras 4.16 e 4.17, verificam-se que o índice esclerométrico reduz com o incremento de agregado, cal e água, assim como na f_c .

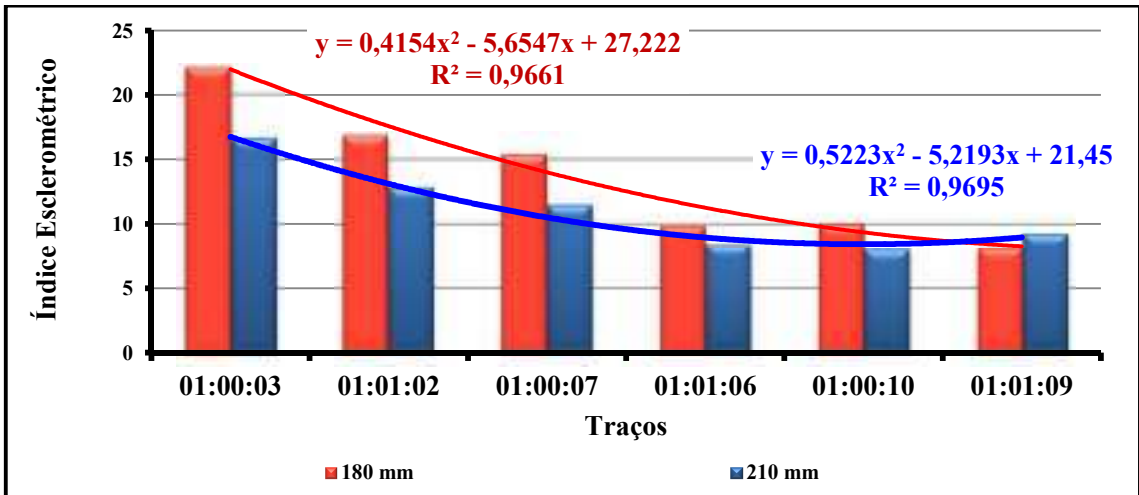


FIGURA 4.16 – Correlação entre o índice esclerométrico x traço da argamassa.

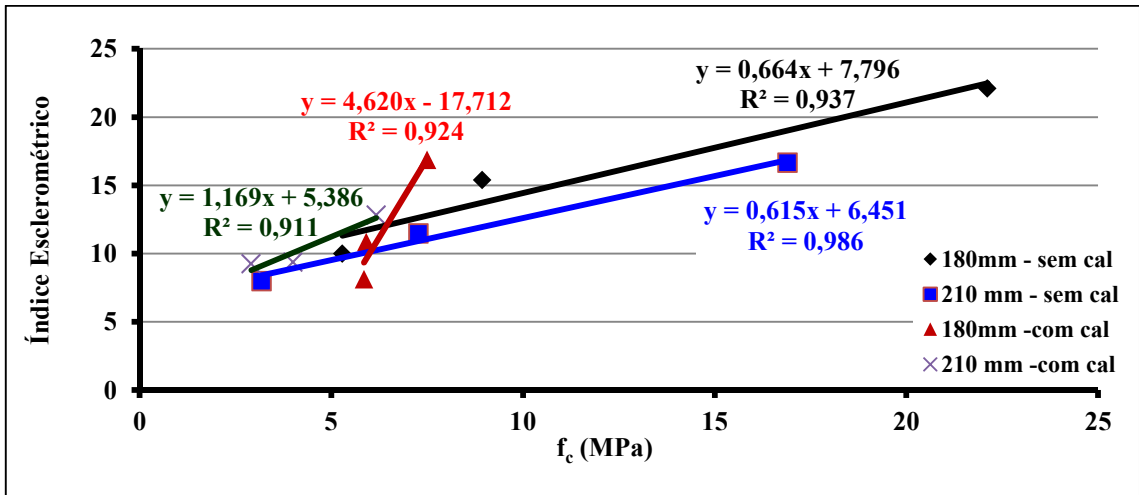


FIGURA 4.17 – Correlação entre o índice esclerométrico x resistência à compressão axial aos 28 dias de idade.

Por se tratar de um aglomerante aéreo e consequentemente com endurecimento mais lento, a inclusão da cal distorce os dados obtidos e verifica-se, também, que o fator água/cimento tende a alterar a sua hidratação. Neste sentido, salienta-se a necessidade de cuidados adicionais quando do emprego deste procedimento não destrutivo, principalmente nas primeiras idades.

4.3.6 Resistência à Tração por Arrancamento (R_A)

A Tabela 4. 19 e Figuras 4.18 e 4.19 apresentam os resultados da resistência à tração por arrancamento (R_A), com os respectivos valores de coeficiente de variação (CV) e correlações entre esta propriedade e resistência a compressão axial (f_c) e tração por compressão diametral ($f_{ct,sp}$).

TABELA 4. 19 – Média dos resultados da resistência tração por arrancamento (R_A).

| AREIA ARTIFICIAL | | | | |
|------------------|--------|------|--------|------|
| TRAÇO | 180 mm | | 210 mm | |
| | R_A | CV | R_A | CV |
| | (MPa) | % | (MPa) | % |
| 01:00:03 | 2,925 | 0,17 | 2,790 | 0,13 |
| 01:01:02 | 1,500 | 2,04 | 1,350 | 1,24 |
| 01:00:07 | 1,700 | 2,75 | 1,600 | 3,01 |
| 01:01:06 | 1,100 | 3,69 | 1,160 | 2,23 |
| 01:00:10 | 0,900 | 5,11 | 0,850 | 4,11 |
| 01:01:09 | 0,950 | 1,45 | 0,900 | 2,31 |

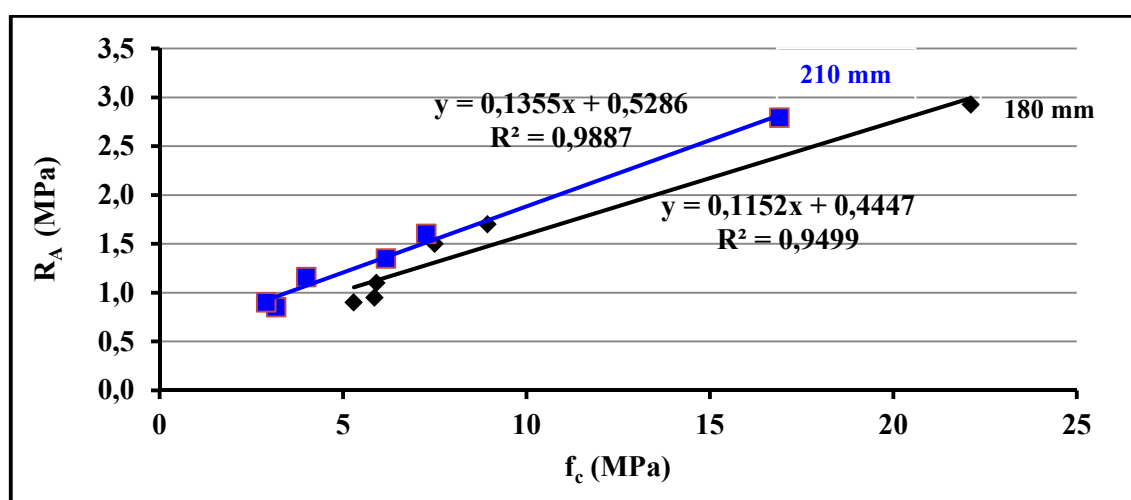


FIGURA 4.18 – Correlação entre a Resistência tração por arrancamento (R_A) (MPa) x f_c (MPa) aos 28 dias de idade.

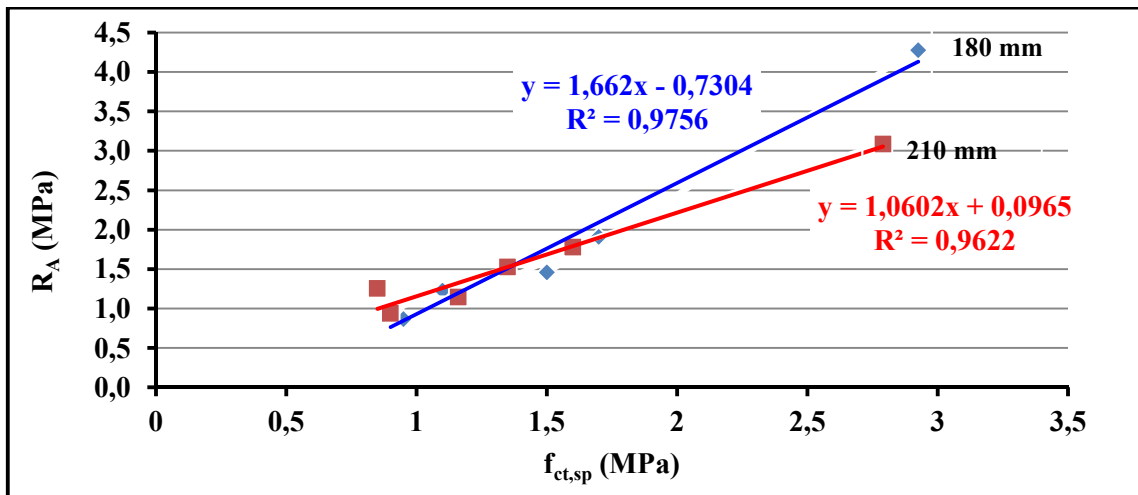


FIGURA 4.19 – Correlação entre a Resistência tração por arrancamento (R_A) (MPa) x Resistência à Tração por Compressão Diametral (MPa) aos 28 dias de idade.

Analisando-se a Tabela 4.19 e as Figuras 4.18 e 4.19, verifica-se que a resistência ao arrancamento (R_A) é maior para os traços mais ricos e sem cal, sendo inversamente proporcional a adição de água. Deve-se considerar, também, a influência da qualidade do agregado, ou seja, as argamassas nas quais se emprega AA apresentam resultados de f_c superiores, logo R_A tende a ser superior.

Na tentativa de obter correlações adequadas aos resultados obtidos, efetuou-se uma regressão através do programa Excel, obtendo-se as equações 4.6 A 4.9.

Para Consistência de 180 mm:

$$R_A = 0,1355 \cdot f_c + 0,5286 \quad (\text{Erro} = 0,1904 \text{ MPa}; R^2 = 0,9499) \quad (\text{Equação 4.6})$$

$$R_A = 1,662 \cdot F_{ct,sp} - 0,7304 \quad (\text{Erro} = 0,0253 \text{ MPa}; R^2 = 0,9756) \quad (\text{Equação 4.7})$$

Para Consistência de 210 mm:

$$R_A = 0,1152 \cdot f_c + 0,4447 \quad (\text{Erro} = 0,0851 \text{ MPa}; R^2 = 0,9887) \quad (\text{Equação 4.8})$$

$$R_A = 1,0602 \cdot F_{ct,sp} + 0,0965 \quad (\text{Erro} = 0,0685 \text{ MPa}; R^2 = 0,9622) \quad (\text{Equação 4.9})$$

Onde:

R_A = Resistência ao arrancamento, em MPa

$F_{ct,sp}$ = Resistência à Tração por Compressão Diametral, em MPa

f_c = Resistência à Compressão Axial, em MPa.

Constata-se que a resistência ao arrancamento é cerca de 11 % a 13 % da resistência à compressão axial, próximo ao obtido para a resistência à tração por compressão diametral (vide item 4.3.2).

A tabela 4.20 apresenta a classificação das argamassas quanto à resistência à tração por arrancamento, segundo a NBR 13.281 (2005), em que se verifica que as argamassas são classificadas com A3, ou seja, alta resistência ao arrancamento.

TABELA 4. 20 – Classificação das argamassas quanto Resistência tração por Arrancamento (pull off) (MPa).

| AREIA ARTIFICIAL | | | | |
|-------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|
| TRAÇO | 180 mm | | 210 mm | |
| | PULL OFF | CLASSIFICAÇÃO | PULL OFF | CLASSIFICAÇÃO |
| | (MPa) | NBR 13.281 (2005) | (MPa) | NBR 13.281 (2005) |
| 01:00:03 | 2,925 | A3 | 2,790 | A3 |
| 01:01:02 | 1,500 | A3 | 1,350 | A3 |
| 01:00:07 | 1,700 | A3 | 1,600 | A3 |
| 01:01:06 | 1,100 | A3 | 1,160 | A3 |
| 01:00:10 | 0,900 | A3 | 0,850 | A3 |
| 01:01:09 | 0,950 | A3 | 0,900 | A3 |

4.3.7 Absorção por Capilaridade

No que se refere à absorção por capilaridade das argamassas estudadas, propriedade associada às condições de durabilidade, os resultados encontram-se nas Tabelas de 4.21 a 4.22 e nas Figuras 4.20 e 4.21, bem como seus respectivos coeficientes de variação (CV) e a determinação do coeficiente de capilaridade.

TABELA 4. 21 – Média dos resultados da absorção por capilaridade para cada traço de argamassas com AA em função do tempo – 180 mm

| ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE – 180 mm | | | | | | | | | |
|---|--------|-------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| TRAÇO | | To (g) | 10 min (g) | 90 min (g) | 3 h (g) | 6 h (g) | 12 h (g) | 24 h (g) | 72 h (g) |
| 01:00:03 | Média | 0,00 | 0,09 | 0,12 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,19 |
| | CV (%) | 0,00 | 3,40 | 1,40 | 7,96 | 0,90 | 1,32 | 0,14 | 0,22 |
| 01:01:02 | Média | 0,00 | 0,28 | 0,44 | 0,57 | 0,70 | 0,95 | 1,03 | 1,13 |
| | CV (%) | 0,00 | 12,53 | 10,60 | 8,84 | 7,13 | 0,52 | 1,31 | 8,35 |
| 01:00:07 | Média | 0,00 | 0,15 | 0,21 | 0,28 | 0,34 | 0,42 | 0,52 | 0,67 |
| | CV (%) | 0,00 | 13,76 | 18,49 | 22,20 | 23,91 | 16,32 | 19,26 | 17,04 |
| 01:01:06 | Média | 0,00 | 0,42 | 0,63 | 0,81 | 0,98 | 1,39 | 1,55 | 1,81 |
| | CV (%) | 0,00 | 10,75 | 9,88 | 8,41 | 10,03 | 5,33 | 3,22 | 2,07 |
| 01:00:10 | Média | 0,00 | 0,24 | 0,41 | 0,61 | 0,85 | 1,30 | 1,62 | 1,69 |
| | CV (%) | 0,00 | 4,64 | 6,20 | 5,14 | 4,09 | 10,74 | 1,98 | 2,50 |
| 01:01:09 | Média | 0,00 | 0,41 | 0,64 | 0,86 | 1,18 | 1,59 | 1,90 | 1,87 |
| | CV (%) | 0,00 | 20,58 | 20,43 | 15,71 | 10,37 | 4,38 | 3,00 | 0,87 |

TABELA 4. 22 – Média dos resultados da absorção por capilaridade para cada traço de argamassas com AA em função do tempo – 210 mm

| ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE – 210 mm | | | | | | | | | |
|---|--------|-------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| TRAÇO | | To (g) | 10 min (g) | 90 min (g) | 3 h (g) | 6 h (g) | 12 h (g) | 24 h (g) | 72 h (g) |
| 01:00:03 | Média | 0,00 | 0,06 | 0,10 | 0,11 | 0,15 | 0,17 | 0,21 | 0,29 |
| | CV (%) | 0,00 | 2,78 | 6,82 | 9,83 | 10,81 | 36,99 | 15,94 | 17,33 |
| 01:01:02 | Média | 0,00 | 0,23 | 0,48 | 0,70 | 0,79 | 1,04 | 1,28 | 4,33 |
| | CV (%) | 0,00 | 5,37 | 1,98 | 1,36 | 1,24 | 3,84 | 0,06 | 55,73 |
| 01:00:07 | Média | 0,00 | 0,21 | 0,48 | 0,77 | 0,86 | 1,20 | 1,51 | 1,80 |
| | CV (%) | 0,00 | 6,68 | 8,61 | 10,60 | 7,45 | 5,06 | 4,90 | 2,00 |
| 01:01:06 | Média | 0,00 | 0,26 | 0,63 | 1,01 | 1,19 | 1,66 | 2,00 | 2,06 |
| | CV (%) | 0,00 | 6,41 | 8,69 | 9,22 | 9,25 | 5,54 | 4,57 | 4,45 |
| 01:00:10 | Média | 0,00 | 0,29 | 0,65 | 1,02 | 1,20 | 1,41 | 1,71 | 1,88 |
| | CV (%) | 0,00 | 13,12 | 16,43 | 19,92 | 20,91 | 11,60 | 6,34 | 0,31 |
| 01:01:09 | Média | 0,00 | 0,46 | 1,05 | 1,69 | 1,97 | 2,30 | 2,37 | 2,42 |
| | CV (%) | 0,00 | 7,78 | 13,76 | 13,22 | 12,82 | 5,28 | 6,11 | 5,91 |

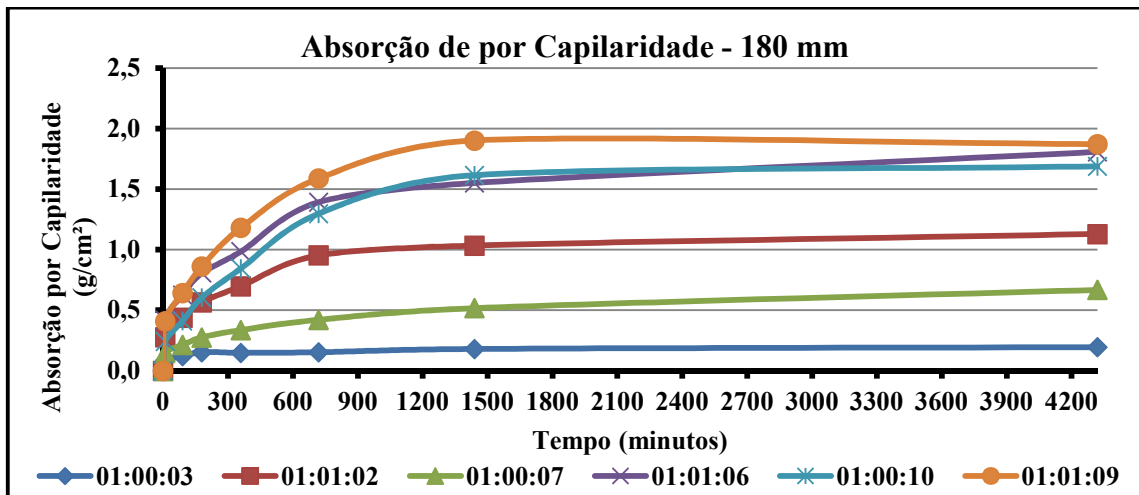


FIGURA 4.20 – Absorção de água por capilaridade x tempo de exposição para argamassas com AA e consistência de 180 mm.

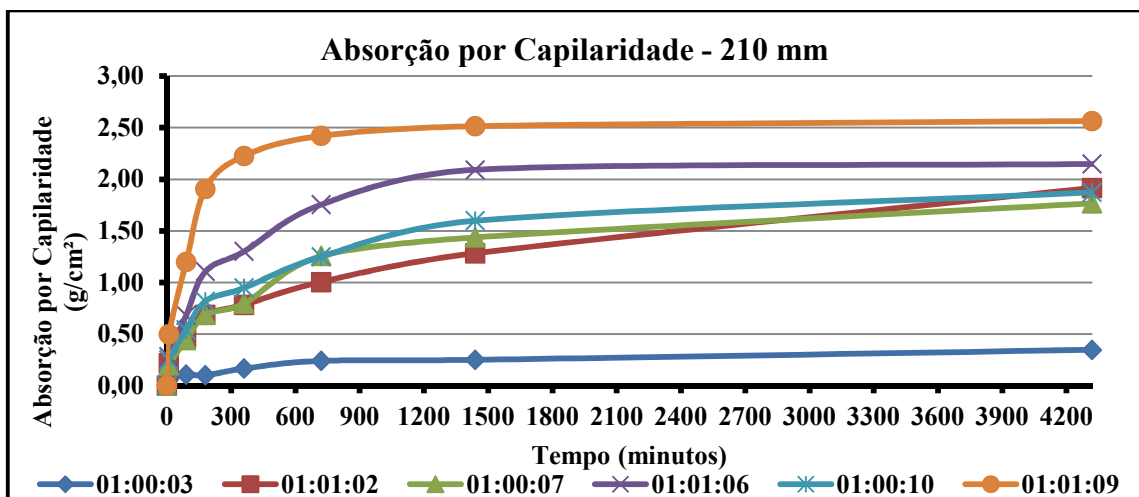


FIGURA 4.21 – Absorção de água por capilaridade x tempo de exposição para argamassas com AA e consistência de 210 mm.

Analisando as Tabelas 4.21 a 4.22 e as Figuras 4.20 e 4.21, verifica-se que a cal e o teor de agregado interferem diretamente na absorção por capilaridade. O aumento no teor de agregado aumenta a absorção por capilaridade, devido ao incremento do volume de vazios, ou seja, o crescimento da porosidade em função do menor teor de aglomerante (cimento) resultando numa matriz cimentícia mais permeável e possibilitando o acesso de agentes agressivos para o interior da argamassa.

TABELA 4. 23 – Média dos resultados do coeficiente de capilaridade para cada traço de argamassas com AA e sua respectiva classificação normativa

| AREIA ARTIFICIAL | | | | | | |
|------------------|--|---------|---------------|--|---------|---------------|
| TRAÇO | 180 mm | | | 210 mm | | |
| | CC (g/dm ² -min ^{1/2}) | CV % | Classificação | CC (g/dm ² -min ^{1/2}) | CV % | Classificação |
| 01:00:03 | 0,675 | 3,70 | C1 | 0,880 | 13,64 | C1 |
| 01:01:02 | 3,145 | 7,47 | C4 | 4,960 | 0,20 | C4 |
| 01:00:07 | 1,330 | 12,01 | C2 | 5,510 | 8,35 | C4/C5 |
| 01:01:06 | 4,265 | 8,56 | C4 | 7,260 | 10,74 | C4 |
| 01:00:10 | 3,415 | 8,05 | C4 | 7,135 | 17,87 | C5 |
| 01:01:09 | 4,560 | 10,03 | C5 | 11,710 | 19,56 | C6 |

CC - Coeficiente de Capilaridade

Classificação - Classificação segundo a NBR 13.281/2005

Segundo a NBR 13.281 (2005) as argamassas se enquadram na categoria C4, correspondente a 3,0 a 7,0 kg/m²/mim^{1/2}, ou seja, não há riscos no que se refere à durabilidade das mesmas quando expostas à presença de água, desde que tomados cuidados básicos de proteção, como por exemplo, pintura.

4.3.8 Absorção pelo Método do Cachimbo

As Tabelas 4.24 e 4.25 e Figuras 4.22 e 4.23 apresentam os resultados obtidos, com seus respectivos coeficientes de variação, onde se verifica que a presença de cal no traço das argamassas é favorável, tornando-as menos permeáveis.

TABELA 4. 24 – Média dos resultados da absorção pelo método do cachimbo para argamassas com areia artificial em função do tempo – 180 mm

| ABSORÇÃO PELO MÉTODO DO CACHIMBO – 180 mm | | | | |
|--|--------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| TRAÇO | | 5 min (cm³) | 10 min (cm³) | 15 min (cm³) |
| 01:00:03 | Média | 1,35 | 2,25 | 2,70 |
| | CV (%) | 3,70 | 2,22 | 3,70 |
| 01:01:02 | Média | 1,53 | 2,43 | 2,85 |
| | CV (%) | 1,64 | 1,23 | 1,75 |
| 01:00:07 | Média | 1,20 | 2,05 | 2,75 |
| | CV (%) | 8,33 | 2,44 | 1,82 |
| 01:01:06 | Média | 1,65 | 2,45 | 3,55 |
| | CV (%) | 3,03 | 2,04 | 1,41 |
| 01:00:10 | Média | 1,65 | 3,05 | 3,75 |
| | CV (%) | 3,03 | 1,64 | 1,33 |
| 01:01:09 | Média | 1,20 | 2,05 | 2,85 |
| | CV (%) | 0,00 | 2,44 | 1,75 |

TABELA 4. 25 – Média dos resultados da absorção pelo método do cachimbo para argamassas com areia artificial em função do tempo – 210 mm

| ABSORÇÃO PELO MÉTODO DO CACHIMBO – 210 mm | | | | |
|--|--------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| TRAÇO | | 5 min (cm³) | 10 min (cm³) | 15 min (cm³) |
| 01:00:03 | Média | 1,00 | 1,60 | 2,10 |
| | CV (%) | 0,01 | 0,30 | 0,43 |
| 01:01:02 | Média | 1,20 | 1,80 | 2,30 |
| | CV (%) | 0,13 | 0,09 | 0,43 |
| 01:00:07 | Média | 1,00 | 1,50 | 1,90 |
| | CV (%) | 1,02 | 0,87 | 0,98 |
| 01:01:06 | Média | 1,10 | 1,60 | 1,80 |
| | CV (%) | 18,18 | 19,01 | 20,13 |
| 01:00:10 | Média | 1,50 | 2,40 | 3,00 |
| | CV (%) | 0,35 | 0,57 | 0,21 |
| 01:01:09 | Média | 1,70 | 2,80 | 3,90 |
| | CV (%) | 0,40 | 0,09 | 1,07 |

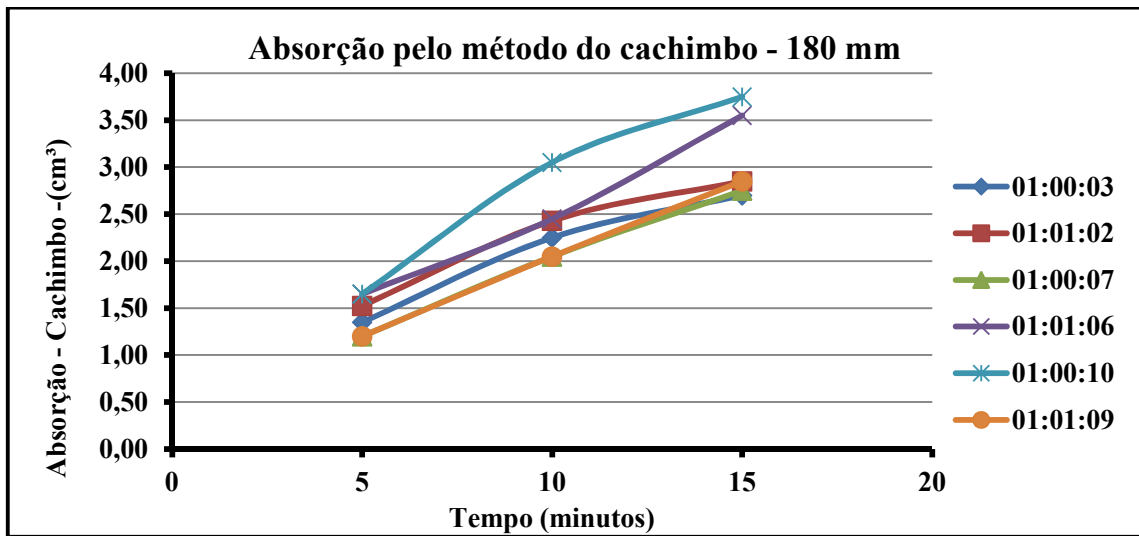


FIGURA 4.22 – Absorção de água pelo método do cachimbo x tempo de exposição para argamassas com areia artificial e consistência de 180 mm.

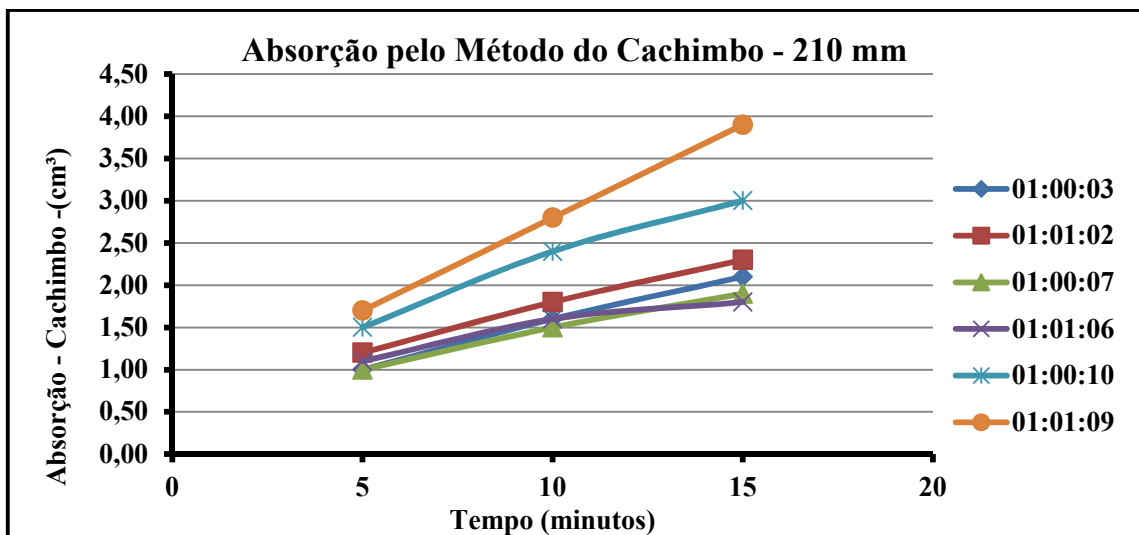


FIGURA 4.23 – Absorção de água pelo método do cachimbo x tempo de exposição para argamassas com areia artificial e consistência de 210 mm.

4.3.9 Absorção por Imersão

A absorção por imersão avalia o comportamento da argamassa na situação completamente imersa em água. A Tabela 4.26 apresenta os valores encontrados, com seus respectivos coeficientes de variação.

TABELA 4. 26 – Média dos resultados da absorção por imersão (%) para cada traço de argamassas com AA, nas duas consistências

| AREIA ARTIFICIAL | | | | |
|-------------------------|-----------------------------|------------|-----------------------------|------------|
| TRAÇO | 180 mm | | 210 mm | |
| | Absorção por Imersão | CV | Absorção por Imersão | CV |
| | (%) | (%) | (%) | (%) |
| 01:00:03 | 10,09 | 0,22 | 8,21 | 1,28 |
| 01:01:02 | 21,18 | 4,52 | 22,30 | 1,34 |
| 01:00:07 | 10,33 | 2,67 | 10,41 | 2,11 |
| 01:01:06 | 14,33 | 0,31 | 15,64 | 0,56 |
| 01:00:10 | 10,90 | 1,40 | 9,80 | 5,23 |
| 01:01:09 | 9,83 | 3,05 | 12,72 | 2,76 |

Analisando a Tabela 4.26 constatam-se valores elevados para as argamassas com cal, quando comparadas com as sem adição deste aglomerante, prejudicando o comportamento dessas, ou seja, tornando-as mais permeáveis e menos duráveis, conforme já demonstrado nos itens 4.3.7 e 4.3.8.

4.3.10 Massa Específica Real Seca e Saturada e Índice de Vazios

Analisou-se a massa específica real seca e saturada e o índice de vazios para verificar as condições de durabilidade das argamassas estudadas, conforme ilustrado nas Tabelas 4.25 e 4.26 e Figuras 4.27 e 4.28, com os respectivos coeficientes de variação, demonstrando que os resultados são aceitáveis, pois os CV são inferiores a 25%.

TABELA 4. 27 – Média dos resultados do Índice de Vazios (%), da Massa Específica Seca (g/cm^3) e Saturada para cada traço de argamassas (g/cm^3) com areia artificial – 180 mm

| TRAÇO | AREIA ARTIFICIAL - 180 mm | | | | | |
|--------------|----------------------------------|---------------|--|---------------|--|---------------|
| | Índice de Vazios | | Massa Especifica Saturada | | Massa Especifica Seca | |
| | (%) | CV (%) | (g/cm^3) | CV (%) | (g/cm^3) | CV (%) |
| 01:00:03 | 21,97 | 0,14 | 2,40 | 0,06 | 2,18 | 0,08 |
| 01:01:02 | 35,25 | 4,00 | 2,02 | 0,27 | 1,66 | 0,52 |
| 01:00:07 | 22,34 | 2,31 | 2,39 | 0,11 | 2,16 | 0,36 |
| 01:01:06 | 27,42 | 0,44 | 2,19 | 0,17 | 1,91 | 0,13 |
| 01:00:10 | 23,04 | 0,86 | 2,34 | 0,39 | 2,11 | 0,53 |
| 01:01:09 | 19,54 | 2,63 | 2,18 | 0,15 | 1,99 | 0,42 |

TABELA 4. 28 – Média dos resultados do Índice de Vazios (%), da Massa Específica Seca (g/cm³) e Saturada para cada traço de argamassas (g/cm³) com areia artificial – 210 mm

| TRAÇO | AREIA ARTIFICIAL - 210 mm | | | | | |
|----------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|-----------------------|--------|
| | Índice de Vazios | | Massa Especifica Saturada | | Massa Especifica Seca | |
| | (%) | CV (%) | (g/cm ³) | CV (%) | (g/cm ³) | CV (%) |
| 01:00:03 | 17,79 | 0,86 | 2,34 | 0,32 | 2,17 | 0,42 |
| 01:01:02 | 35,02 | 1,25 | 1,92 | 0,16 | 1,57 | 0,09 |
| 01:00:07 | 22,21 | 1,71 | 2,36 | 0,20 | 2,13 | 0,40 |
| 01:01:06 | 29,22 | 0,53 | 2,16 | 0,05 | 1,87 | 0,03 |
| 01:00:10 | 21,17 | 4,36 | 2,37 | 0,40 | 2,16 | 0,87 |
| 01:01:09 | 25,50 | 2,48 | 2,26 | 0,03 | 2,00 | 0,28 |

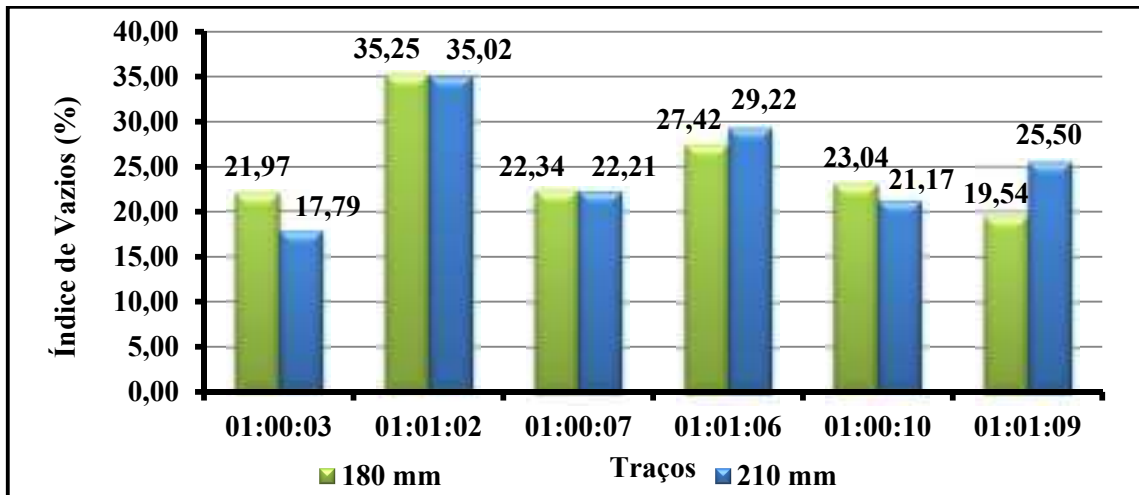


FIGURA 4.24 – Índice de Vazios X Traço de argamassas.

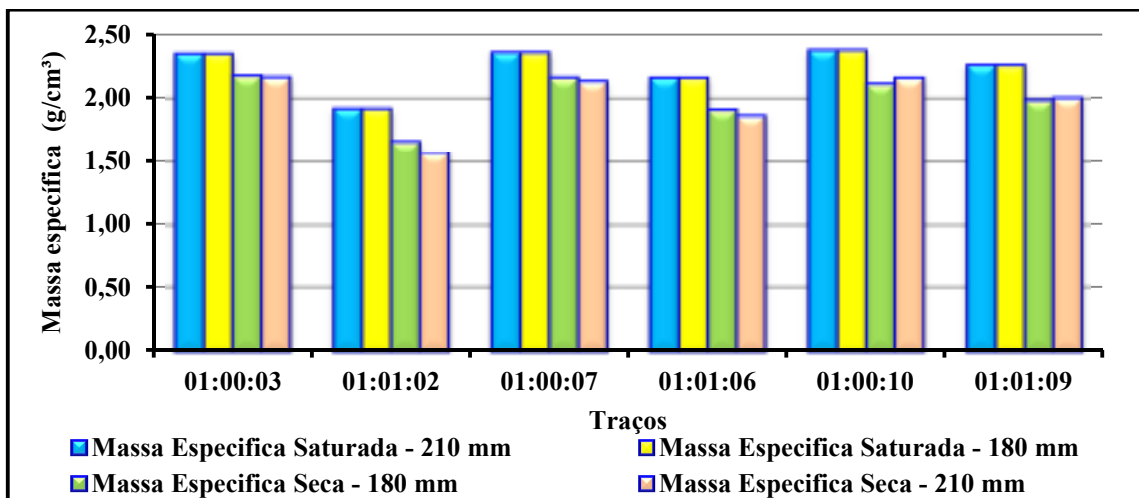


FIGURA 4.25 – Massa Específica Seca e Saturada X Traço de argamassa.

Analisando as Tabelas 4.27 e 4.28 e Figura 4.24 constata-se que o índice de vazios é influenciado diretamente pela presença da cal. Conforme já verificado em outras propriedades (f_c , $F_{ct,sp}$, E_{ci} , R_A , e Absorções), indica um maior volume de vazios nas argamassas, tornando-as mais permeáveis e com menor resistência mecânica.

No que se refere à massa específica (tabelas 4.25 e 4.26 e figura 4.25) percebe-se que a saturada apresenta-se alta, justificada pelos poros internos das argamassas que, ao serem saturados, propiciam o aumento desta propriedade. A inserção de cal tende a reduzir os valores das massas específicas, conforme o que já foi observado.

A Tabela 4.29 apresenta a classificação das argamassas no que se refere à densidade de massa (γ_s) no estado endurecido, segundo a NBR 13.281 (2005).

TABELA 4. 29 – Classificação das argamassas quanto à densidade de massa (γ_s) no estado endurecido.

| AREIA ARTIFICIAL | | | | |
|-------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| TRAÇO | 180 mm | | 210 mm | |
| | γ_s | CLASSIFICAÇÃO | γ_s | CLASSIFICAÇÃO |
| | (kg/m³) | NBR 13.281 (2005) | (kg/m³) | NBR 13.281 (2005) |
| 01:00:03 | 2,18 | M6 | 2,17 | M6 |
| 01:01:02 | 1,66 | M4/M5 | 1,57 | M3/M4 |
| 01:00:07 | 2,16 | M6 | 2,13 | M6 |
| 01:01:06 | 1,91 | M5/M6 | 1,87 | M4/M5 |
| 01:00:10 | 2,11 | M6 | 2,16 | M6 |
| 01:01:09 | 1,99 | M5/M6 | 2,00 | M5/M6 |

Analisando a Tabela 4.29, constata-se que a densidade de massa no estado endurecido para as argamassas sem cal apresentou valores elevados, o que corresponde a uma argamassa mais densa, com menor volume de vazios, logo, mais resistente a intempéries e agentes agressivos do que as demais argamassas com cal.

A massa específica dos traços sem cal se apresentou bastante elevada, demonstrando que as estruturas feitas sem este material (cal) tendem a ser mais pesadas.

4.3.11 Retração Hidráulica

A retração hidráulica poderá ocasionar diversas patologias tais como: fissuras mapeadas, percolação de água para o interior das construções através de trincas, acúmulo de microrganismos, entre outras; que prejudicam a durabilidade da edificação, além do desconforto visual que conferem ao revestimento. As figuras 4.26 e 4.27 apresentam a evolução da retração para as argamassas analisadas.

Analisando as Figuras 4.26 e 4.27, constata-se que o aumento na quantidade de água incrementa a retração hidráulica nas argamassas com cal, sendo necessário um tempo mais elevado para sua estabilização.

Percebe-se ainda que a retração hidráulica é menor para as argamassas sem cal, devido à não existência dos finos desse aglomerante e ao processo de endurecimento.

No que se refere aos traços sem o emprego de cal, nota-se a influência da água, mas de maneira menos significativa.

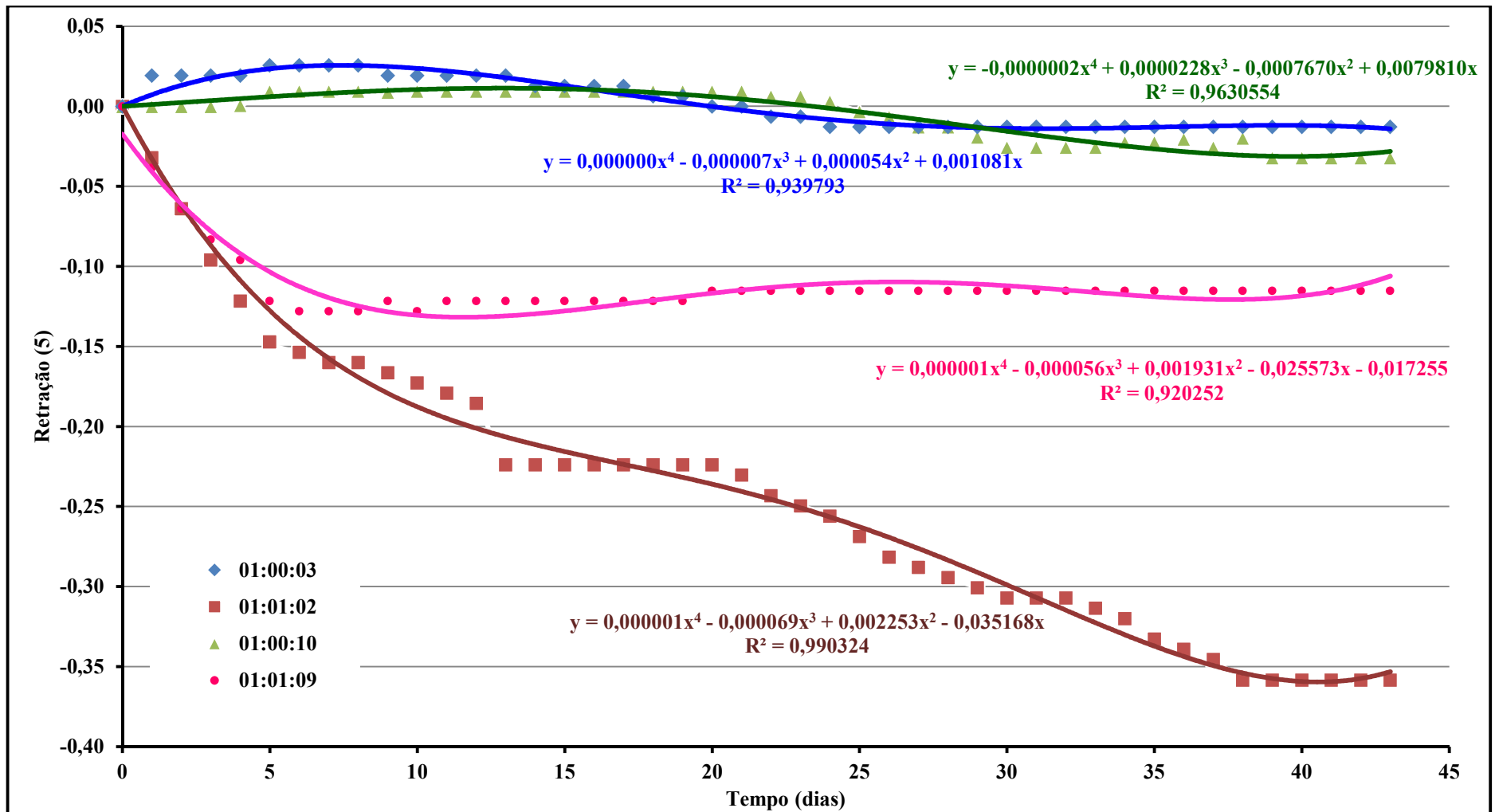


FIGURA 4. 26 – Retração Hidráulica X Tempo, consistência de 180 mm

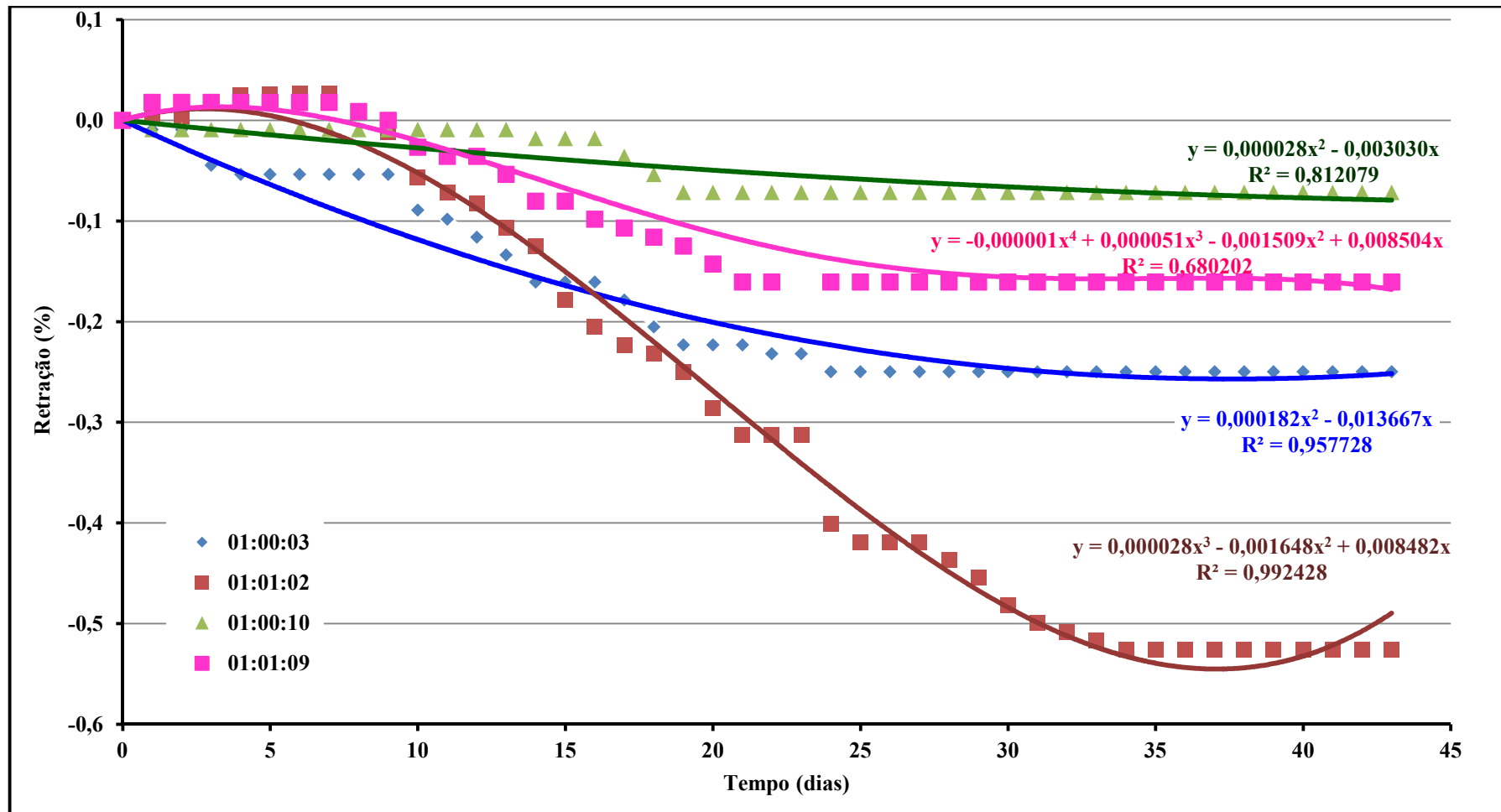


FIGURA 4. 27 – Retração Hidráulica X Tempo, consistência de 210 mm

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHO FUTUROS

5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A abordagem do tema “Reaproveitamento de Resíduos” no contexto do Ambiente Construído demonstra a importância do assunto, não apenas na concepção e produção da edificação, mas dentro das cadeias produtivas do setor da Construção Civil. Trata-se da tendência mundial na busca pelo reaproveitamento em detrimento da exploração exacerbada.

Dentro deste contexto, a indústria da Construção Civil busca de maneira constante e insistente, materiais alternativos ecologicamente corretos, usando subprodutos que venham atender as condições de redução de custos, agilidade de execução, durabilidade e melhoria das propriedades mecânicas visando, principalmente, a redução da extração de materiais naturais, utilizando resíduos recicláveis e/ou não recicláveis, solucionando, também, o problema de depósito final desses materiais.

A reciclagem de resíduos deve seguir uma metodologia adequada, para que os produtos desenvolvidos apresentem um desempenho compatível com os padrões técnicos e que não ofereçam riscos ambientais. No caso do resíduo, objeto deste estudo, constatou-se que os resultados foram compatíveis e superiores, demonstrando os grandes benefícios adquiridos por este novo produto, na confecção de argamassas.

Comprovada a superioridade das argamassas fabricadas com o agregado artificial, proveniente do britamento de resíduos de mármore, optou-se por denominar este novo material por **ARGAD: Argamassa de Alto Desempenho**, em analogia aos concretos, configurando uma inovação tecnológica, com características melhoradas em relação às demais argamassas, permitindo empregos mais diversificados, com menor consumo de cimento e reduzindo o preço do produto final, tornando-o mais competitivo no mercado.

Cabe ressaltar que os ensaios/ propriedades avaliadas, neste trabalho, foram definidos em função dos equipamentos e materiais disponíveis no Laboratório de Materiais de Construção da Faculdade de Engenharia Civil da UFJF; avaliações adicionais deverão ser executadas.

Constatou-se que as argamassas estudadas apresentaram valores excelentes no que se refere aos parâmetros da normalização vigente possibilitando empregos em situações

especiais como, por exemplo, pisos de alta resistência, revestimento de paredes em presídios, alvenaria estrutural (tanto como grautes, como argamassa de assentamento) dentre outros.

Diante do exposto percebe-se que o produto desenvolvido, é baseado em conceitos sociais (reaproveitamentos de resíduos), ambientais (eliminação de área de deposição de resíduos e redução das áreas de extração de matéria prima para agregados), econômicos (valorização de produto atualmente descartado pelas mineradoras e marmorarias) e técnicos (estudo da viabilidade técnica em detrimento a areia convencional (natural)).

A seguir são apresentadas as principais conclusões das propriedades estudadas:

5.2 PRIMEIRA ETAPA DO PROGRAMA EXPERIMENTAL

i) Resistência à Compressão Axial (f_c):

As argamassas confeccionadas com AA possuem maiores resistência à compressão axial do que as com areia natural, devido à utilização de um agregado com baixa absorção de água e na granulometria da zona ótima. Salienta-se que esta propriedade está na ordem de 1,5 a 4 vezes superior às argamassas confeccionadas com areia natural.

O emprego da cal proporcionou uma convergência da resistência à compressão axial para um único valor, independente das relações entre os demais materiais, sendo positivos os benefícios dela somente para argamassas pobres, nas quais garante maior plasticidade e coesão.

Os traços estudados classificam-se, segundo a NBR 13.281, 2005 na categoria P5 e P6, ou seja, argamassas de alta resistência.

ii) Velocidade de Propagação de Pulso Ultrassônico (V):

Constata-se que as argamassas com AA possuem maiores valores para velocidade de propagação de pulso ultrassônico quando comparadas com a areia natural, sobretudo para os traços sem cal, o que está associado à baixa absorção do agregado, ou seja, menor porosidade aliada à distribuição granulométrica e massa específica do agregado, fornecendo uma argamassa mais compacta e densa.

5.3 SEGUNDA ESTAPA DO PROGRAMA EXPERIMENTAL

iii) Resistência à Tração por Compressão Diametral ($f_{ct,sp}$):

As argamassas com AA apresentaram comportamento similar ao da resistência à compressão axial, obtendo-se a correlação: $f_{ct,sp} = 0,17 f_c$.

iv) Módulo de Elasticidade Estático (E_{ci})

O Módulo de Elasticidade Estático possui valores elevados para as argamassas sem cal, devido à maior compactidade, e pelo menor volume de vazios existentes nas argamassas. As correlações obtidas permitem estimar o módulo de elasticidade estático das argamassas a partir da resistência à compressão axial, e da tração por compressão diametral.

v) Dureza Superficial (Esclerômetro de Reflexão)

A dureza superficial das argamassas reduz com o incremento de agregado, cal e água, assim como na f_c .

vi) Resistência à Tração por arrancamento (R_A)

Verifica-se que a resistência ao arrancamento (R_A) é maior para os traços mais ricos e sem cal, sendo inversamente proporcional à adição de água. Constata-se que a resistência ao arrancamento é cerca 11 % a 13 % da resistência à compressão axial e próxima à resistência à compressão diametral. Segundo a NBR 13.281 (2005) classificam-se com A3, alta aderência.

vii) Absorção por Capilaridade

A cal e o teor de agregado interferem diretamente na absorção por capilaridade, uma vez que incrementam o volume de vazios, promovendo o crescimento da porosidade e uma matriz cimentícia mais permeável. Segundo a NBR 13.281 (2005) classificam-se como C4, ou seja, um comportamento mediano, e sem grandes problemas para a durabilidade das argamassas.

viii) Absorção pelo Método do Cachimbo

Pelo método do cachimbo percebe-se que permeabilidade das argamassas compostas com cal é mais eficiente, uma vez que maximiza os resultados, propiciando a indicação destas para revestimentos de fachadas, uma vez que são menos permeáveis e conseqüentemente têm maior durabilidade.

ix) Absorção por Imersão

Os valores de absorção por imersão são elevados para as argamassas com cal, quando comparadas com as sem adição deste aglomerante, prejudicando o comportamento dessas, ou seja, tornando-as mais permeáveis e menos duráveis.

x) Massa Específica Real Seca e Saturada e Índice de Vazios

Constata-se que o índice de vazios é influenciado diretamente pela presença da cal e que a inserção de água tende a alterar esta propriedade.

A massa específica saturada apresenta-se superior à seca, demonstrando que os poros internos das argamassas são permeáveis; a inserção de cal reduz os valores das massas específicas uma vez que aumenta a porosidade.

A densidade de massa no estado endurecido apresentou valores bem elevados, o que corresponde a uma argamassa mais densa, com menores volumes de vazios, logo, mais resistente à intempéries e agentes agressivos.

xi) Retração Hidráulica

Constata-se que à medida que se aumenta a quantidade água, a retração hidráulica cresce mais expressivamente nas argamassas com cal, sendo necessário um tempo maior para a estabilização das argamassas.

E, finalmente, recomenda-se a reutilização de rejeito de mármore triturado, amenizando o acúmulo de montanhas desse entulho. Essa reciclagem não só contribui para a limpeza do planeta, mas também possibilita um melhor aproveitamento desses recursos, além

de promover uma nova proposta na produção de argamassa de baixo custo e de boa qualidade, denominada de **ARGAD** (**ARG**amassa de **Alto Desempenho**)..

5.4 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com o objetivo de ampliar os conhecimentos a respeito da utilização do resíduo de mármore como agregado miúdo em substituição ao agregado natural, poder-se-á realizar novas pesquisas, sob os seguintes aspectos:

- Análise microscópica, química e de durabilidade das argamassas utilizando o resíduo de mármore;
- Mantendo-se constantes as condições do método do ensaio, verificar a reprodutibilidade dos resultados desse resíduo comparada aos de outras localidades.
- Mantendo-se constantes as condições do método do ensaio, verificar a reprodutibilidade dos resultados comparada aos de outros tipos de cimento.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCHAR, W.; VIEIRA, F. A. e HOTZA, D.. *Effect of marble and granite sludge in clay materials*. **Materials Science and Engineering**. Volume 419, Pag. 306-30915, Mar. 2006.

ANDRADE, W. P. et al – EQUIPE DE FURNAS, LABORATÓRIO DE CONCRETO *Concretos massa, Estrutural, Projetado e Compactado com Rolo*. Ed. PINI, São Paulo, 1997.

ALMEIDA DIAS, L.; CARASEK, H.. **Avaliação da permeabilidade e da absorção de água de revestimento de argamassa pelo método do cachimbo**. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, V., 2003, São Paulo. Anais. São Paulo: p. 519-544. ANTAC, 2003.

ABIROCHAS - Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. Disponível em: www.abirochas.com.br. Acessado às 14:35 do dia 23/06/2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

_____. 1991, **Cimento Portland de alta resistência inicial**, Rio de Janeiro, NBR 5733.

_____. 1991, **Cimento Portland de alto-forno**, Rio de Janeiro, NBR 5735.

_____. 1991, **Cimento Portland composto – Especificação**, Rio de Janeiro, NBR 11578.

_____. 1992, **Argamassa de alta resistência mecânica para pisos**, Rio de Janeiro, NBR 11801.

_____. 1992, **Materiais Inorgânicos – Determinação do desgaste por abrasão**, NBR 12042.

_____. 1994, **Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**, Rio de Janeiro, NBR 5739.

_____. 1995, **Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade**, Rio de Janeiro, NBR 9779.

_____. 1995, **Concreto – Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto**, NBR 5738.

_____. 1995, **Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à compressão - Método de ensaio**, Rio de Janeiro, NBR 13279.

_____. 1995, **Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas**. Rio de Janeiro, NBR 13529.

_____. 1995, **Revestimentos de paredes e tetos de argamassa inorgânicas**. Rio de Janeiro, NBR 13530.

_____, 1996, **Cimento Portland: Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine)**, Rio de Janeiro, NBR NM 76.

_____, 1996, **Concreto Endurecido – Avaliação da Dureza Superficial pelo Esclerômetro de Reflexão**, Rio de Janeiro, NBR NM 78.

_____. 1997, **Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – especificações**. Rio de Janeiro, NBR 13749.

_____, 1997, **Cimento Portland: Determinação da resistência à compressão**, Rio de Janeiro, NBR 7215.

_____. 2000, **Agregados miúdos - Determinação da absorção de água**. NBR NM 30.

_____. 2000, **Agregado graúdo - Ensaio de abrasão "Los Angeles"**. NBR NM 51.

_____. 2001, **Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem**. NM 46.

_____, 2001, **Agregados - Determinação da composição granulométrica**, NBR NM 248.

_____, 2004, **Resíduos Sólidos: Classificação**, NBR 10004, Rio de Janeiro.

_____, 2004, **Lixiviação de resíduos – Procedimento**, Rio de Janeiro, NBR 10005.

_____, 2004, **Solubilização de resíduos – Procedimento**, Rio de Janeiro, NBR 10006.

_____, 2004, **Amostragem de Resíduos – Procedimento**. Rio de Janeiro, NBR 10007.

_____, 2003, **Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, NBR 5738.

_____, 2005, **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade**, NBR 15259.

_____, 2005, **Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado**, Rio de Janeiro, NBR 12278.

_____. 2005, **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – preparo da mistura e determinação de consistência**. Rio de Janeiro, NBR 13276.

_____. 2005, **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da retenção de água**. Rio de Janeiro, NBR 13277.

_____. 2005, **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da resistência à tração na flexão e à compressão**. Rio de Janeiro, NBR 13279.

_____.2005, **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido**. Rio de Janeiro, NBR 13280.

_____.2005, **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos**. Rio de Janeiro, NBR 13281.

_____. 2005, **Argamassa para revestimento de paredes e tetos – determinação da resistência potencial de aderência à tração**. Rio de Janeiro, NBR 15258.

_____. 2005, **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da variação dimensional (retração ou expansão linear)**. Rio de Janeiro, NBR 15261.

_____. 2005, **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos**. NBR 1526.

_____, 2006, **Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios**, NBR NM 45, Rio de Janeiro.

_____, 2007, **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**, Rio de Janeiro, NBR 6118.

_____, 2008, **Concreto - Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão**, Rio de Janeiro, NBR 8522.

_____. 2009, **Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente**. NM 52.

_____, 2009, **Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica**, Rio de Janeiro, NBR 9778.

_____, 2009, **Agregados para concreto – Especificação**, Rio de Janeiro, NBR 7211.

_____, 2009, **Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio de frasco Chapman**, Rio de Janeiro, NBR NM 52.

_____. 2001, **Agregado miúdo. Determinação de impurezas orgânicas**. NBR NM 49.

_____. 2010, **Agregados — Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis**. NBR 7218.

_____. 2010, **Concreto e argamassa - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos**, Rio de Janeiro, NBR7222.

_____. 2010, **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – determinação da resistência de aderência à tração**. Rio de Janeiro, NBR 13528.

BAÍA, L. L. M; SABBATINI, F. H.. **Projeto e execução de revestimentos de argamassa**. 4ª edição. Editora O Nome da Rosa. Setembro de 2008.

BARBOSA, M. T. G., COURA, C. V. G., MENDES, L. O..Estudo de areia artificial em substituição à natural para confecção de concreto. **Ambiente Construído**. V.8, n.4, PP 51-60, Out-Dez, 2008.

BARBOSA, M.T.G. **Utilização do Rejeito de Mármore como Agregado Miúdo para a confecção de concreto**. Relatório Final. FAPEMIG. Jun. 2009.

BARBOSA, M.T.G. **Materiais de Construção Civil 1**. Notas de Aula. Universidade Federal de Juiz de Fora. Jun. 2011.

BARROTE, L. G. **Utilização de rejeitos (cacos) de mármore em massas cerâmicas – Parte-1**. In: 44º Congresso Brasileiro de Cerâmica. São Paulo, 31/maio-04/junho, 2000, p.19901-19914.

BASTOS, P. K. X. **Retração e desenvolvimento de propriedades mecânicas de argamassas mistas de revestimento**. São Paulo, 2001. 172 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

BAUER, Elton; SOUSA, José Getúlio Gomes de. **Revestimentos de Argamassa - Características e Peculiaridade**. Disponível em:
http://www.abcp.org.br/comunidades/brasil/ download/lnk_05/revestimentos_de_argamassa.pdf. Acessado as 16:03 do dia 10/02/2011.

BETIOLI, Andrea Murillo; JOHN, Vanderley Moacyr; GLEIZE, Philippe Jean Paul; PILEGGI, Rafael Giuliano. **Caracterização reológica de pasta cimentícia: associação de técnicas complementares**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 9, n. 4, p. 37-48, out./dez. 2009.

CALMON, J. L.; TRISTÃO, F. A.; LORDÉLLO, F. S. S.; DA SILVA, S. A. C.; MATTOS, F. V. **Aproveitamento do resíduo de corte de granito para a produção de tijolos de solo-cimento**. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído *Qualidade no Processo Construtivo*. Florianópolis, 27-30 abril, 1998.

CARDOSO, Fábio Alonso. **Método de formulação de argamassas de revestimento baseado em distribuição granulométrica e comportamento reológico**. Tese para doutorado na EPUSP. São Paulo, São Paulo 2009.

CETIN, Aykut e CARRASQUILLO, Ramon L. High-Performance Concrete: *Influence of Coarse Aggregate on Mechanical Properties*. **ACI Materials Journal**, p.252-261, Mai.-Jun., 1998.

CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CASCUDO, H. C. **Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995. Boletim Técnico n. 68.

JACINTO, Ana Elizabete Paganelli Guimarães de Ávila; GIONGO, José Samuel. Resistência Mecânica do Concreto In: CONCRETO: Estudo, Pesquisa e Realizações. Ed. G. G. ISAIA/IBRACON. São Paulo. 2005.

CORINALDESI, Valeria; MORICONI, Giacomo; NAIK, Tarun R.. *Characterization of marble powder for its use in mortar and concrete*. **Construction and Building Materials**. Volume 24, Janeiro de 2010, Pg. 113-117.

COURA, Cláudia Valéria Gávio, **Estudo sobre a substituição do agregado miúdo por mármore triturado na confecção de concreto**, Niterói, RJ : [s.n.], 2009.

COURA, C.V.G. **Estudo da influência da dimensão do agregado e do corpo-de-prova na resistência à compressão axial do concreto**. 2006. 93f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2006.

COUTINHO, A. S. **Fabrico e propriedades do betão**. Vol.1 LNEC. 1973.

DELWAR, Murshed; FAHMY, Mostafa e TAHA, Ramzi. *Use of Reclaimed Asphalt Pavement as an Aggregate in Portland Cement Concrete*. **ACI Materials Journal**, p. 251-256, Mai.-Jun., 1997.

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. **Informe Mineral 2009**. Setor de Autarquias Norte. Brasília, DF – Brasil. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br>. Acessado as 09:35 do dia 22/10/2010.

FIEMG - Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais. **Orientações gerais sobre projetos de inovação**. Disponível em: <http://www.fiemg.org.br/admin/BibliotecaDeArquivos/Image.aspx?ImgId=7622&TabId=5746&portalid=130&mid=13731> . Acessado às 11:34 do dia 08/06/2011.

FREITAS, Cleverson de. **Argamassas de revestimento com agregados miúdos de britagem da região metropolitana de Curitiba: propriedades no estado fresco e endurecido**. Dissertação para o Curso de Pós-Graduação em Construção Civil, da Universidade Federal do Paraná, Mestre em Construção Civil. Curitiba, Paraná, Abril de 2010.

GAZOLA, Ana Paula. **Argamassas de assentamento e revestimento fabricadas com composto de cimento-madeira: serragem da madeira de Pinus Taeda**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina. Tubarão, Santa Catarina, 2007.

GOBBO, L. A.; MELLO, I. S. C.; QUEIRÓZ, F. C.; FRASCÁ, M. H. B. O. **Aproveitamento de resíduos industriais. A cadeia produtiva de rochas ornamentais e para revestimento no Estado de São Paulo: diretrizes e ações para inovação e competitividade**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2004, p.129-152.

GOBLE, Christine Float e COHEN, Menashi D. *Influence of aggregate surface area on mechanical properties of mortar*. **ACI Materials Journal**, p. 657-662, Nov.-Dez., 1999.

HEIDER, M., MATTA, P. M., ROBERTO, F. A. C. **Rochas ornamentais**. Disponível em: http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriaDocumento/SumarioMineral2007/rochas_SM2007.doc. Acesso em : 27.02.2010.

HWANG, Eui-Hwan; SOO KO, Yung. *Comparison of mechanical and physical properties of SBR-polymer modified mortars using recycled waste materials*. **Journal of Industrial e Engenharia Química**. Volume 14, Pag. 644-650, Set. 2008.

KADRI, El Hadj e DUVAL, Roger. *Effect of ultrafine particles on heat of hydration of cement mortars*. **ACI Materials Journal**, Pag. 138-142, Mar.-Abr., 2002.

KARASAHIN, Mustafa e TERZI, Serdal. *Evaluation of marble waste dust in the mixture of asphaltic concrete*. **Construction and Building Materials**. Volume 21, Pag 616-620, Mar. 2007.

KILBERT, C. Establishing principles and a model for sustainable construction. *In: CIB TG 16 Sustainable Construction*. Proceedings... Tampa, Flórida, November 6-9, 1995, p.3-12.

LISBÔA, E. M. **Obtenção do concreto auto-adensável utilizando resíduos do beneficiamento do mármore e granito e estudo de propriedades mecânicas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2004.

LANGSTON, Craig; WONG, Francis K.W.; HUI, Eddie C.M. e SHEN, Li-Yin. *Strategic assessment of building adaptive reuse opportunities in Hong Kong*. **Building and Environment**. Vol. 43, Edição 10, Pag. 1709-1718, Outubro 2008.

LA SERNA, Humberto Almeida de; REZENDE, Márcio Marques. **Agregados para a Construção Civil**. Disponível em: https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=4008. Acessado dia 21 de outubro de 2010 às 13:53.

LEE, S. T.; MOON, H. Y.; SWAMY, R. N.; KIM, S. S. E KIM, J. P.. *Sulfate attack of Mortars Containing Recycled Fine Aggregate*. **ACI Materials Journal**, Jun.-Ago., p. 242-230, 2005.

FRITZ, Leonhardt. **Construções de Concreto, Volume 1: Princípios Básicos do Dimensionamento de Estruturas de Concreto Armado**. Ed. Interciência. Rio de Janeiro, 1977.

POLISSENI, Antônio Eduardo. **Método Prático para Avaliar a Capacidade Impermeabilizante de Revestimentos de Parede – Método do Cachimbo**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Maio 1996.

MAROLF, Adam; NEITHALATH, Narayanan; SELL, Eric; WEGNER, Kristy, WEISS, Jason e OLEK, Jan. *Influence of Aggregates Size and Gradation on Acoustic Absorption of Enhanced Porosity Concrete*. **ACI Materials Journal**, Jan.-Fev., p. 82-91, 2004.

MCNALLY, Ciaran; RICHARDSON, Mark G. *Reactivity Assessment of Aggregates: Role of Chert Crystallinity*. **ACI Materials Journal**, p. 163-169, Mai.-Jun., 2005.

MEC – Ministério da Educação do Brasil. **Suplemento de inovação tecnológica**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/inotec.pdf> . Acessado às 11:59 08/06/2011.

MELLO, I. S. C. **Indicadores do Mercado Nacional e Internacional de Rochas Ornamentais e para Revestimento. A cadeia produtiva de rochas ornamentais e para revestimento no Estado de São Paulo: diretrizes e ações para inovação e competitividade**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2004,p.1-26.

MEDEIROS, A.. **Aplicação do ultra-som na estimativa da profundidade de fendas superficiais e na avaliação da eficácia de injeções em elementos de concreto armado**. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2007.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais*. 3. ed. São Paulo: PINI, 2008.

MONTEIRO, Paulo J. M.; SHOMGLIN, Kome; WENK, H. R. E HASPARYK, Nicole P. *Effect of aggregate deformation on alkali-silica reaction*. **ACI Materials Journal**, p. 179-183, Mar.-Abr., 2001.

MOTHÉ FILHO, Heitor F., POLIVANOV, Helena, BARROSO, Emílio V., MOTHÉ, Cheila G.. *Thermal and mechanical study from granite and marble industry reject*. **Thermochemica Acta**. Volumes 392-393, Pag. 47-50, Setembro 2002.

MONTOYA, P. J.; MESEGUER, A. & CABRE, M. **Hormigon Armado**. Baseada em EHE ajustada al Código Modelo y al Eurocódig. 14 edi. Barcelona: Gustavo Gili, 2000.

MOURA, W. A.; GONÇALVES, J.P. **Utilização do resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais (mármore e granitos) na Construção Civil**. In: *IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*. Foz do Iguaçu, 7-10 maio, 2002, p.1653-1659.

MOURA, W. A., GONÇALVES, J. P., LEITE, R. S.. **Utilização dos resíduos de corte de mármore e granito em argamassas de revestimento e confecção de lajotas para piso**. *Sitientibus*. n. 26. p. 49-61, jan-jun, 2002.

MUÑOZ, Jose F.; TEJEDOR, M Isabel; ANDERSON ,Marc A. e CRAMER, Steven M. *Detection of Aggregate Clay Coating and Impacts on Concrete*. **ACI Materials Journal**, p. 387-395, Jul.-Ago., 2010.

NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C.; SILVA, M. C. **Potencial de utilização de resíduo da serragem de granito na fabricação de revestimentos cerâmicos – Parte-1**. In: *44º Congresso Brasileiro de Cerâmica*. São Paulo, 31/maio-04/junho, 2000, p.19901-19914.

NEVES, G. A.; PATRÍCIO, S. M. R.; FERREIRA, H. C.; SILVA, M. C. **Utilização de resíduos da serragem de granitos para confecção de tijolos cerâmicos**. In: *43º Congresso Brasileiro de Cerâmica*. São Paulo, 02-05/junho, 1999, p.00601-00612.

NEVILLE, ADAM M.: **Propriedades do concreto – Elasticidade, retração e fluência** (capítulo 9). Editora Pini, São Paulo, 1997.

NORMA MERCOSUL, 1996, **Ultra Som**, NM 58.

NORMA MERCOSUL, 1997, **Concreto endurecido - Determinação da retração hidráulica ou higrométrica do concreto**, NM 131.

POOLE, A. B.; SIMS, I. **Concrete petrography – A handbook of investigative techniques**. Ed. Arnold. London, 1998.

POLISSENI, A. E. **Método de campo para avaliar a capacidade impermeabilizante de revestimentos de parede: método do cachimbo**. Porto Alegre, 1986. 140 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

OLIVEIRA, Philipe Fávero de. **Estudo da Viabilidade do Emprego do Pó de Mármore, como Agregado Miúdo, na Confecção de Argamassas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007.

PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de cimento Portland**. 10. ed. Rio de Janeiro: Globo, 1983.

RIBEIRO, B. V. Venkatarama; JAGADISH, K. S.. *Embodied energy of common and alternative building materials and Technologies*. In. Revista **Energia e Edifícios**. Volume 35, Pg129-137, Fevereiro de 2003

SABOYA Jr., F.; XAVIER, G. C. e ALEXANDRE, J.. *The use of the powder marble by-product to enhance the properties of brick ceramic*. **Construction and Building Materials**. Volume 21, Pag 1950-1960, Outubro 2007.

SANTOS, Maria Luiza Lopes de Oliveira. **Aproveitamento de resíduos minerais na formulação de argamassas para a construção civil**. Tese de doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN, Agosto de 2008.

SAOUMA, Victor e PEROTTI, Luigi. *Constitutive Model for Alkali-Aggregate Reactions*. **ACI Materials Journal**, Mair.-Junr., p. 194-202, 2006.

SAHMARAN, Mustafa; LACHEMI, Mohamed; HOSSAIN, Khandaler M. A.; RANADE, Ravi e LI, Victor C. *Influence of Aggregates Type and Sinze on Ductility and Mechanical Properties of Engineered Cementitious Composites*. **ACI Materials Journal**, Mai.-Jun., p. 308-316, 2009.

SALEM, Rohi M. e BURDETTE, Edwin G. *Role of chemical and Mineral Admixture on Physical Properties and Frost-Resistance of Recycled Aggregate Concrete*. **ACI Materials Journal**, p. 558-563, Set.-Out., 1998.

SEGADÃES, A. M.; CARVALHO, M. A., ACCHAR, W.. *Using marble and granite rejects to enhance the processing of clay products*. **Applied Clay Science**. Volume 30, Edição 1, Pag. 42-52, Agosto 2005.

SCHWARK, Martin Paul. **Inovação – porque o desinteresse na indústria da construção civil**. In. *Inovação em Construção Civil*, Coletânea – 2006.

SENGUL, Özkan; TASDEMIR, Canan e TASDEMIR, Mehmet Ali. *Influence of aggregate type on mechanical behavior of normal- and high-strength concrete*. **ACI Materials Journal**, Nov.-Dez., p. 528-533, 2002.

SELMO, S. M. S. **Dosagem de argamassa de cimento portland e cal para revestimento externo de fachadas dos edifícios**. 227 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1989.

SILVA, P. F. **Durabilidade das estruturas de concreto aparente em atmosfera urbana**. Ed. PINI, São Paulo, 1995.

SILVA, N. G. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária**. 2006. 164f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006.

SOUZA, A.J.; PINHEIRO, B.C.A. E HOLANDA, J.N.F.. *Recycling of gneiss rock waste in the manufacture of vitrified floor tiles*. **Journal of Environmental Management**. Volume 91, Edição 3, , Pag. 685-689 Janeiro-fevereiro de 2010

SOUZA COUTINHO, J. **Agregados para argamassas e betons**. Ed. LNEC, Lisboa, 1999.

SOUSA, José Getúlio Gomes de; LARA, Patrícia Lopes de Oliveira. Reologia e trabalhabilidade das argamassas. In: BAUER, Elton (Coord.). **Revestimentos de argamassa: Características e peculiaridades**. Brasília, [2007]. p. 23-29.

YAMAN, Ismail Ozgur; INCI, Gokhan; YESILLER, Nazli e AKTAN, Haluk M. *Ultrasonic Pulse Velocity in Concrete Using Direct and Indirect Transmission*. **ACI Materials Journal**, p. 450-457, Nov.-Dez., 2001.

ANEXOS

A.1. MÉDIA DA VARIAÇÃO DE UMA AMOSTRA

A média é o valor que aponta para onde mais se concentram os dados de uma distribuição. Pode ser considerada o ponto de equilíbrio das frequências, num histograma. A média aritmética simples foi utilizada neste trabalho e pode ser obtida dividindo-se a soma das observações pelo número delas, conforme expressão A1.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (\text{Expressão A1})$$

A.2. DESVIO PADRÃO DA VARIAÇÃO DE UMA AMOSTRA

O desvio padrão é a medida mais comum da dispersão estatística. O desvio padrão define-se como a raiz quadrada da variância. É definido desta forma de maneira a dar uma medida da dispersão que seja um número não-negativo e use as mesmas unidades de medida que os nossos dados. Faz-se uma distinção entre o desvio padrão (DP) do total de uma população ou de uma variável aleatória, e o desvio padrão s de um subconjunto em amostra. Pode encontra o desvio padrão de uma amostra segundo expressão A2.

$$s = \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^k f_i - 1} \sum_{i=1}^k ((x_i - \bar{x})^2 \times f_i)} \quad (\text{Expressão A2})$$

Onde k é o número de observações diferentes..

A.3. COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DA AMOSTRA

Trata-se de uma análise preliminar dos dados obtidos em um experimento que mede a variabilidade das observações. O coeficiente de variação (CV) fornece a percentagem de variação dos dados de uma amostra. É uma medida útil quando se quer comparar as

variabilidades de várias amostras com médias de diferentes ordem de magnitude ou quando as variáveis aleatórias tem diferentes dimensões, vide equação (A3):

$$CV = \frac{\text{desvio padrão}}{\text{média}} \cdot 100 \quad (\text{Expressão A3})$$

Para que uma amostra seja aceitável o valor de CV não deve ser grande. Geralmente, se os dados de uma amostra têm um CV igual ou maior a 25%, a sua qualidade é considerada duvidosa.

A.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA BÁSICA

A análise estatística realizada nos resultados obtidos nos ensaios realizados foi feita através do programa computacional Excel, fazendo uma avaliação dos efeitos dos fatores pré-determinados (vários traços de argamassas (cimento: cal hidratada: areia) e consistências, a saber: 180 mm e 210 mm, avaliados nos ensaios: resistência à compressão axial; resistência à tração por compressão diametral; módulo de elasticidade; velocidade de propagação de ondas ultrassônicas; retração hidráulica; absorção por capilaridade, por imersão e pelo método do cachimbo e dureza superficial (esclerometria)..

A.5. REGRESSÃO

A regressão entre uma variável dependente Y e outra independente X é uma relação obtida usando dados de uma amostra de pares (y_i, x_i) , onde os valores de X são escolhidos de antemão, isto é, X não é uma variável aleatória, e os valores de Y, para cada um dos X, são aleatórios e geralmente distribuídos de acordo com uma distribuição normal.

Salienta-se que nesse estudo empregou-se o programa computacional Microsoft Excel no estudo da regressão dos resultados experimentais.

ANEXO B – APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA 1ª ETAPA, COM A AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL E VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDA ULTRASSÔNICA – AREIA DE ARTIFICIAL - 180 mm

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|--------|-------|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:2 | 1 | 7 | 5,58 | 26,77 | 27,235 | 1,262 | 4,63 | 22,80 | 4,39 | 4,407 | 0,184 | 4,18 |
| | 2 | 7 | 5,80 | 27,74 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 5,97 | 28,68 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 5,40 | 25,74 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 6,91 | 33,31 | 31,595 | 1,837 | 5,81 | 22,10 | 4,52 | 4,508 | 0,189 | 4,19 |
| | 6 | 14 | 6,54 | 30,44 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 7,06 | 33,00 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 6,39 | 29,63 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 9,21 | 44,40 | 43,076 | 2,167 | 5,03 | 21,40 | 4,68 | 4,627 | 0,199 | 4,29 |
| | 10 | 28 | 8,71 | 41,83 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 9,41 | 45,36 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 8,51 | 40,72 | | | | | | | | |
| 21,716 | 1,002 | 4,61 | 27,40 | 3,69 | 3,678 | 0,155 | 4,22 | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-----------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:1,5 | 1 | 7 | 3,1 | 16,60 | 14,920 | 1,309 | 8,77 | 29,40 | 3,44 | 3,428 | 0,144 | 4,19 |
| | 2 | 7 | 2,9 | 14,04 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 3,15 | 15,31 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 2,85 | 13,74 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 3,23 | 15,39 | 15,293 | 0,680 | 4,45 | 28,40 | 3,56 | 3,593 | 0,152 | 4,23 |
| | 6 | 14 | 3,17 | 15,16 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 3,36 | 16,14 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 3,04 | 14,48 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 4,55 | 22,02 | 21,716 | 1,002 | 4,61 | 27,40 | 3,69 | 3,678 | 0,155 | 4,22 |
| | 10 | 28 | 4,37 | 21,32 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 4,68 | 22,94 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 4,24 | 20,59 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:1 | 1 | 7 | 1,5 | 7,15 | 7,412 | 0,394 | 5,31 | 36,20 | 2,80 | 2,811 | 0,118 | 4,19 |
| | 2 | 7 | 1,62 | 7,69 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 1,64 | 7,80 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 1,48 | 7,01 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 1,82 | 8,57 | 8,077 | 0,544 | 6,73 | 34,00 | 3,00 | 2,978 | 0,126 | 4,24 |
| | 6 | 14 | 1,6 | 7,56 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 1,80 | 8,52 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 1,62 | 7,65 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 2,62 | 12,99 | 11,810 | 1,018 | 8,62 | 33,70 | 3,04 | 3,038 | 0,127 | 4,16 |
| | 10 | 28 | 2,27 | 10,86 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 2,57 | 12,33 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 2,32 | 11,07 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:3 | 1 | 7 | 4,16 | 20,13 | 19,429 | 0,973 | 5,01 | 23,80 | 4,18 | 4,186 | 0,174 | 4,16 |
| | 2 | 7 | 4,08 | 19,07 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 4,33 | 20,29 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 3,91 | 18,22 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 4,44 | 21,24 | 21,995 | 1,207 | 5,49 | 23,30 | 4,27 | 4,282 | 0,180 | 4,20 |
| | 6 | 14 | 4,92 | 22,99 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 4,91 | 23,05 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 4,45 | 20,70 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 5,46 | 26,74 | 25,623 | 1,359 | 5,30 | 22,80 | 4,39 | 4,355 | 0,187 | 4,28 |
| | 10 | 28 | 5,28 | 24,96 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 5,64 | 26,76 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 5,10 | 24,02 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-----------|------|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:2,5 | 1 | 7 | 2,37 | 11,65 | 11,802 | 0,565 | 4,79 | 27,20 | 3,64 | 3,675 | 0,156 | 4,24 |
| | 2 | 7 | 2,56 | 12,15 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 2,59 | 12,33 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 2,34 | 11,07 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 2,74 | 13,53 | 13,691 | 0,648 | 4,73 | 27,90 | 3,62 | 3,669 | 0,157 | 4,28 |
| | 6 | 14 | 2,94 | 14,06 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 2,98 | 14,32 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 2,70 | 12,86 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 4,04 | 20,02 | 20,098 | 0,909 | 4,52 | 26,70 | 3,75 | 3,754 | 0,159 | 4,22 |
| | 10 | 28 | 4,24 | 20,44 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 4,35 | 21,04 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 3,93 | 18,89 | | | | | | | | |
| 26,70 | 3,75 | 27,20 | 3,73 | 28,30 | 3,58 | 25,60 | 3,96 | | | | | |
| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:2 | 1 | 7 | 1,28 | 6,32 | 6,656 | 0,396 | 5,94 | 35,90 | 2,83 | 2,817 | 0,118 | 4,18 |
| | 2 | 7 | 1,4 | 6,97 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 1,41 | 7,03 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 1,27 | 6,31 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 1,5 | 7,38 | 7,500 | 0,345 | 4,60 | 35,00 | 2,92 | 2,960 | 0,129 | 4,35 |
| | 6 | 14 | 1,55 | 7,62 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 1,60 | 7,91 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 1,45 | 7,10 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 2,06 | 10,46 | 10,001 | 0,549 | 5,49 | 32,00 | 3,17 | 3,132 | 0,137 | 4,36 |
| | 10 | 28 | 1,95 | 9,67 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 2,11 | 10,48 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 1,90 | 9,40 | | | | | | | | |
| 32,00 | 3,17 | 33,30 | 3,08 | 34,28 | 2,98 | 31,02 | 3,30 | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-----------|------|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:4 | 1 | 7 | 4,02 | 19,92 | 18,570 | 1,327 | 7,15 | 27,60 | 3,60 | 3,681 | 0,164 | 4,44 |
| | 2 | 7 | 3,56 | 17,37 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 3,98 | 19,49 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 3,60 | 17,50 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 2,87 | 14,51 | 16,232 | 1,617 | 9,96 | 26,60 | 3,79 | 4,034 | 0,263 | 6,53 |
| | 6 | 14 | 3,63 | 18,06 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 3,41 | 17,05 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 3,09 | 15,30 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 3,54 | 17,55 | 20,313 | 2,416 | 11,89 | 24,50 | 4,24 | 4,229 | 0,176 | 4,17 |
| | 10 | 28 | 4,63 | 23,04 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 4,29 | 21,43 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 3,88 | 19,23 | | | | | | | | |
| 24,00 | 4,25 | 25,46 | 4,00 | 23,04 | 4,43 | | | | | | | |
| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:3,5 | 1 | 7 | 2,39 | 11,89 | 12,646 | 0,804 | 6,36 | 25,00 | 3,94 | 3,914 | 0,167 | 4,26 |
| | 2 | 7 | 2,63 | 13,30 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 2,64 | 13,38 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 2,38 | 12,01 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 2,56 | 12,89 | 12,382 | 0,659 | 5,32 | 26,80 | 3,73 | 3,714 | 0,157 | 4,24 |
| | 6 | 14 | 2,43 | 12,00 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 2,62 | 12,98 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 2,37 | 11,65 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 3,07 | 15,16 | 15,601 | 0,755 | 4,84 | 27,40 | 3,70 | 3,756 | 0,166 | 4,41 |
| | 10 | 28 | 3,08 | 15,76 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 3,23 | 16,59 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 2,92 | 14,89 | | | | | | | | |
| 26,10 | 3,83 | 28,09 | 3,56 | 25,41 | 3,94 | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:3 | 1 | 7 | 1,12 | 5,49 | 5,196 | 0,320 | 6,16 | 37,90 | 2,67 | 2,656 | 0,111 | 4,20 |
| | 2 | 7 | 1,02 | 4,94 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 1,12 | 5,46 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 1,02 | 4,90 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 1,5 | 7,04 | 7,108 | 0,318 | 4,47 | 33,70 | 3,03 | 2,977 | 0,129 | 4,32 |
| | 6 | 14 | 1,53 | 7,18 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 1,59 | 7,49 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 1,44 | 6,73 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 2,34 | 11,55 | 9,828 | 1,414 | 14,39 | 31,00 | 3,28 | 3,275 | 0,136 | 4,16 |
| | 10 | 28 | 1,72 | 8,26 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 2,13 | 10,28 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 1,93 | 9,22 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:5 | 1 | 7 | 2,33 | 11,19 | 11,464 | 0,549 | 4,79 | 34,50 | 2,65 | 2,731 | 0,137 | 5,00 |
| | 2 | 7 | 2,43 | 11,72 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 2,50 | 12,10 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 2,26 | 10,86 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 3,3 | 15,85 | 15,196 | 0,864 | 5,69 | 31,30 | 3,19 | 3,330 | 0,186 | 5,59 |
| | 6 | 14 | 3,01 | 14,51 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 3,31 | 16,03 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 3,00 | 14,39 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 3,65 | 17,67 | 17,785 | 0,790 | 4,44 | 24,70 | 4,00 | 4,005 | 0,169 | 4,22 |
| | 10 | 28 | 3,72 | 17,93 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 3,87 | 18,73 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 3,50 | 16,81 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-----------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:4,5 | 1 | 7 | 2,03 | 9,56 | 9,533 | 0,419 | 4,40 | 29,00 | 3,48 | 3,507 | 0,147 | 4,21 |
| | 2 | 7 | 2,03 | 9,52 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 2,13 | 10,04 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 1,93 | 9,01 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 2,57 | 12,15 | 12,749 | 0,699 | 5,48 | 28,20 | 3,60 | 3,599 | 0,150 | 4,16 |
| | 6 | 14 | 2,54 | 12,90 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 2,68 | 13,68 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 2,43 | 12,27 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 2,86 | 14,01 | 14,961 | 0,969 | 6,48 | 26,40 | 3,83 | 3,771 | 0,163 | 4,32 |
| | 10 | 28 | 3,12 | 15,71 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 3,14 | 15,88 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 2,84 | 14,25 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:4 | 1 | 7 | 1,08 | 5,21 | 5,457 | 0,310 | 5,69 | 34,30 | 2,94 | 2,933 | 0,123 | 4,19 |
| | 2 | 7 | 1,17 | 5,69 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 1,18 | 5,76 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 1,07 | 5,17 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 1,81 | 8,76 | 8,683 | 0,384 | 4,43 | 32,90 | 3,11 | 3,052 | 0,136 | 4,47 |
| | 6 | 14 | 1,82 | 8,67 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 1,91 | 9,12 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 1,72 | 8,18 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 2,06 | 9,93 | 9,764 | 0,451 | 4,62 | 31,50 | 3,22 | 3,154 | 0,144 | 4,55 |
| | 10 | 28 | 1,99 | 9,59 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 2,13 | 10,29 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 1,92 | 9,24 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-----------|------|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:6 | 1 | 7 | 1,52 | 7,53 | 7,630 | 0,344 | 4,51 | 29,30 | 3,38 | 3,257 | 0,167 | 5,13 |
| | 2 | 7 | 1,54 | 7,69 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 1,61 | 8,06 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 1,45 | 7,23 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 2,23 | 11,01 | 10,885 | 0,500 | 4,59 | 26,40 | 3,75 | 3,674 | 0,167 | 4,53 |
| | 6 | 14 | 2,14 | 10,69 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 2,29 | 11,51 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 2,08 | 10,33 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 2,8 | 13,93 | 14,077 | 0,630 | 4,48 | 24,90 | 3,98 | 4,023 | 0,170 | 4,23 |
| | 10 | 28 | 2,84 | 14,19 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 2,96 | 14,85 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 2,68 | 13,33 | | | | | | | | |
| 24,90 | 3,98 | 24,70 | 4,04 | 26,04 | 3,83 | 23,56 | 4,24 | | | | | |
| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:5,5 | 1 | 7 | 1,48 | 7,31 | 6,639 | 0,674 | 10,16 | 30,30 | 3,27 | 3,340 | 0,150 | 4,48 |
| | 2 | 7 | 1,14 | 5,83 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 1,38 | 7,07 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 1,24 | 6,34 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 2,43 | 11,95 | 11,395 | 0,734 | 6,44 | 28,60 | 3,56 | 3,555 | 0,148 | 4,17 |
| | 6 | 14 | 2,11 | 10,67 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 2,38 | 12,10 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 2,16 | 10,86 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 2,56 | 12,64 | 13,210 | 0,765 | 5,79 | 26,20 | 3,82 | 3,868 | 0,166 | 4,29 |
| | 10 | 28 | 2,84 | 13,85 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 2,84 | 13,89 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 2,57 | 12,46 | | | | | | | | |
| 26,20 | 3,82 | 25,50 | 3,91 | 27,14 | 3,67 | 24,56 | 4,07 | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:5 | 1 | 7 | 0,94 | 4,72 | 4,433 | 0,278 | 6,27 | 33,50 | 2,97 | 2,929 | 0,132 | 4,52 |
| | 2 | 7 | 0,88 | 4,24 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 0,96 | 4,62 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 0,86 | 4,15 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 1,66 | 7,94 | 6,885 | 0,760 | 11,05 | 32,30 | 3,13 | 3,112 | 0,132 | 4,24 |
| | 6 | 14 | 1,63 | 6,49 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 1,73 | 6,90 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 1,56 | 6,20 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 2,07 | 10,43 | 9,474 | 0,899 | 9,49 | 28,90 | 3,46 | 3,427 | 0,144 | 4,20 |
| | 10 | 28 | 1,67 | 8,48 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 1,96 | 10,01 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 1,78 | 8,98 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:7 | 1 | 7 | 1,14 | 5,58 | 5,783 | 0,296 | 5,13 | 32,20 | 3,10 | 3,133 | 0,134 | 4,28 |
| | 2 | 7 | 1,2 | 5,95 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 1,23 | 6,11 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 1,11 | 5,49 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 1,69 | 8,48 | 8,925 | 0,546 | 6,12 | 28,80 | 3,45 | 3,434 | 0,143 | 4,17 |
| | 6 | 14 | 1,89 | 9,41 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 1,88 | 9,39 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 1,70 | 8,43 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 2,39 | 12,04 | 11,526 | 0,652 | 5,66 | 26,40 | 3,76 | 3,724 | 0,157 | 4,22 |
| | 10 | 28 | 2,2 | 11,04 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 2,41 | 12,14 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 2,18 | 10,89 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-----------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:6,5 | 1 | 7 | 1,7 | 8,20 | 8,780 | 0,604 | 6,88 | 29,70 | 3,39 | 3,382 | 0,141 | 4,16 |
| | 2 | 7 | 1,92 | 9,33 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 1,90 | 9,27 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 1,72 | 8,32 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 1,99 | 9,59 | 9,284 | 0,486 | 5,23 | 29,10 | 3,45 | 3,511 | 0,153 | 4,37 |
| | 6 | 14 | 1,85 | 8,95 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 2,02 | 9,80 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 1,82 | 8,79 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 2,68 | 12,48 | 12,701 | 0,584 | 4,60 | 27,60 | 3,64 | 3,733 | 0,173 | 4,64 |
| | 10 | 28 | 2,65 | 12,73 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 2,80 | 13,49 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 2,53 | 12,11 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:6 | 1 | 7 | 1,14 | 5,61 | 5,524 | 0,248 | 4,49 | 35,20 | 2,87 | 2,894 | 0,122 | 4,21 |
| | 2 | 7 | 1,14 | 5,50 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 1,20 | 5,79 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 1,08 | 5,20 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 1,23 | 6,02 | 5,930 | 0,279 | 4,70 | 29,30 | 3,44 | 3,469 | 0,146 | 4,22 |
| | 6 | 14 | 1,17 | 5,80 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 1,26 | 6,27 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 1,14 | 5,63 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 1,73 | 8,64 | 8,587 | 0,383 | 4,46 | 28,70 | 3,53 | 3,552 | 0,149 | 4,18 |
| | 10 | 28 | 1,79 | 8,66 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 1,85 | 8,98 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 1,67 | 8,06 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-----------|------|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:8 | 1 | 7 | 1,49 | 7,18 | 6,980 | 0,360 | 5,16 | 30,2 | 3,34 | 3,364 | 0,141 | 4,20 |
| | 2 | 7 | 1,38 | 6,73 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 1,51 | 7,38 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 1,36 | 6,62 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 1,6 | 7,74 | 7,722 | 0,340 | 4,40 | 29,8 | 3,36 | 3,459 | 0,161 | 4,64 |
| | 6 | 14 | 1,6 | 7,71 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 1,68 | 8,13 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 1,52 | 7,30 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 2,27 | 10,94 | 10,628 | 0,551 | 5,18 | 26,4 | 3,85 | 3,799 | 0,163 | 4,30 |
| | 10 | 28 | 2,1 | 10,24 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 2,29 | 11,24 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 2,08 | 10,09 | | | | | | | | |
| 27,79 | 3,65 | 27 | 3,75 | 28,04 | 3,61 | 25,37 | 3,99 | | | | | |
| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:7,5 | 1 | 7 | 1,51 | 7,06 | 7,059 | 0,320 | 4,54 | 30,05 | 3,37 | 3,352 | 0,140 | 4,19 |
| | 2 | 7 | 1,45 | 6,96 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 1,55 | 7,49 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 1,41 | 6,73 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 1,65 | 7,80 | 8,061 | 0,399 | 4,95 | 29,4 | 3,45 | 3,515 | 0,157 | 4,47 |
| | 6 | 14 | 1,68 | 8,20 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 1,75 | 8,56 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 1,58 | 7,69 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 2,12 | 9,87 | 10,729 | 0,787 | 7,34 | 26 | 3,90 | 3,844 | 0,166 | 4,32 |
| | 10 | 28 | 2,34 | 11,37 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 2,34 | 11,42 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 2,12 | 10,25 | | | | | | | | |
| 26,6 | 3,79 | 27,62 | 3,65 | 24,99 | 4,04 | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:7 | 1 | 7 | 1,03 | 4,97 | 4,986 | 0,221 | 4,43 | 35,7 | 2,84 | 2,846 | 0,119 | 4,16 |
| | 2 | 7 | 1,02 | 4,98 | | | | 35,5 | 2,85 | | | |
| | 3 | 7 | 1,08 | 5,27 | | | | 37,38 | 2,70 | | | |
| | 4 | 7 | 0,97 | 4,73 | | | | 33,82 | 2,99 | | | |
| | 5 | 14 | 1,37 | 6,63 | 6,760 | 0,312 | 4,62 | 29,4 | 3,46 | 3,515 | 0,154 | 4,38 |
| | 6 | 14 | 1,39 | 6,83 | | | | 28,1 | 3,58 | | | |
| | 7 | 14 | 1,45 | 7,15 | | | | 30,19 | 3,33 | | | |
| | 8 | 14 | 1,31 | 6,42 | | | | 27,31 | 3,69 | | | |
| | 9 | 28 | 1,74 | 8,39 | 8,513 | 0,386 | 4,53 | 28,8 | 3,49 | 3,487 | 0,148 | 4,25 |
| | 10 | 28 | 1,76 | 8,59 | | | | 29,6 | 3,45 | | | |
| | 11 | 28 | 1,84 | 9,00 | | | | 30,66 | 3,33 | | | |
| | 12 | 28 | 1,66 | 8,08 | | | | 27,74 | 3,68 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:9 | 1 | 7 | 0,66 | 3,17 | 3,527 | 0,326 | 9,25 | 40 | 2,55 | 2,660 | 0,146 | 5,49 |
| | 2 | 7 | 0,8 | 3,87 | | | | 36,5 | 2,78 | | | |
| | 3 | 7 | 0,77 | 3,72 | | | | 40,16 | 2,52 | | | |
| | 4 | 7 | 0,69 | 3,34 | | | | 36,34 | 2,79 | | | |
| | 5 | 14 | 1,22 | 5,81 | 5,352 | 0,448 | 8,38 | 32,7 | 3,08 | 3,230 | 0,179 | 5,53 |
| | 6 | 14 | 1,02 | 4,88 | | | | 30 | 3,37 | | | |
| | 7 | 14 | 1,18 | 5,65 | | | | 32,92 | 3,07 | | | |
| | 8 | 14 | 1,06 | 5,07 | | | | 29,78 | 3,40 | | | |
| | 9 | 28 | 1,5 | 7,29 | 6,966 | 0,414 | 5,94 | 28,9 | 3,47 | 3,499 | 0,150 | 4,30 |
| | 10 | 28 | 1,35 | 6,61 | | | | 29,7 | 3,47 | | | |
| | 11 | 28 | 1,50 | 7,36 | | | | 30,77 | 3,35 | | | |
| | 12 | 28 | 1,35 | 6,60 | | | | 27,84 | 3,71 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-----------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:8,5 | 1 | 7 | 1,06 | 5,38 | 6,291 | 0,788 | 12,52 | 33,1 | 3,02 | 2,919 | 0,145 | 4,97 |
| | 2 | 7 | 1,41 | 7,19 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 1,30 | 6,64 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 1,17 | 5,96 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 1,43 | 7,09 | 6,500 | 0,575 | 8,85 | 31 | 3,22 | 3,256 | 0,139 | 4,28 |
| | 6 | 14 | 1,17 | 5,87 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 1,37 | 6,87 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 1,24 | 6,17 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 2,18 | 11,07 | 11,137 | 0,500 | 4,49 | 26,5 | 3,70 | 3,658 | 0,166 | 4,54 |
| | 10 | 28 | 2,26 | 11,29 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 2,33 | 11,69 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 2,11 | 10,49 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:8 | 1 | 7 | 1 | 4,94 | 4,967 | 0,220 | 4,44 | 36 | 2,78 | 2,792 | 0,117 | 4,19 |
| | 2 | 7 | 1 | 4,98 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 1,05 | 5,25 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 0,95 | 4,71 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 1,17 | 5,82 | 5,558 | 0,324 | 5,82 | 34,1 | 2,92 | 2,752 | 0,180 | 6,55 |
| | 6 | 14 | 1,07 | 5,30 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 1,18 | 5,85 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 1,06 | 5,25 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 1,73 | 8,57 | 7,931 | 0,632 | 7,96 | 29,4 | 3,40 | 3,348 | 0,146 | 4,36 |
| | 10 | 28 | 1,47 | 7,29 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 1,68 | 8,36 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 1,52 | 7,50 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-----------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:10 | 1 | 7 | 0,82 | 3,89 | 4,372 | 0,426 | 9,75 | 36,4 | 2,77 | 2,870 | 0,142 | 4,95 |
| | 2 | 7 | 1 | 4,82 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 0,96 | 4,62 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 0,86 | 4,15 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 1,05 | 4,94 | 5,331 | 0,371 | 6,96 | 29,8 | 3,41 | 3,429 | 0,144 | 4,20 |
| | 6 | 14 | 1,16 | 5,64 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 1,16 | 5,66 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 1,05 | 5,08 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 1,21 | 5,81 | 6,300 | 0,476 | 7,55 | 28,1 | 3,60 | 3,575 | 0,151 | 4,24 |
| | 10 | 28 | 1,39 | 6,75 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 1,37 | 6,66 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 1,24 | 5,98 | | | | | | | | |
| 28 | 28 | 1,24 | 5,98 | | | | 26,93 | 3,76 | | | | |
| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:9,5 | 1 | 7 | 0,89 | 4,38 | 4,824 | 0,417 | 8,64 | 44 | 2,27 | 2,249 | 0,096 | 4,26 |
| | 2 | 7 | 1,06 | 5,25 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 1,02 | 5,09 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 0,93 | 4,57 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 1,07 | 5,30 | 5,336 | 0,237 | 4,44 | 41,9 | 2,37 | 2,370 | 0,099 | 4,17 |
| | 6 | 14 | 1,07 | 5,35 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 1,12 | 5,64 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 1,02 | 5,06 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 1,58 | 7,80 | 7,472 | 0,439 | 5,88 | 28,3 | 3,52 | 3,450 | 0,155 | 4,49 |
| | 10 | 28 | 1,42 | 7,09 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 1,58 | 7,90 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 1,43 | 7,09 | | | | | | | | |
| 28 | 28 | 1,43 | 7,09 | | | | 27,41 | 3,63 | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:9 | 1 | 7 | 0,96 | 4,63 | 4,503 | 0,241 | 5,35 | 36,5 | 2,79 | 2,860 | 0,129 | 4,50 |
| | 2 | 7 | 0,87 | 4,31 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 0,96 | 4,78 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 0,87 | 4,29 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 1,21 | 5,86 | 5,867 | 0,259 | 4,42 | 32,1 | 3,18 | 3,175 | 0,134 | 4,23 |
| | 6 | 14 | 1,2 | 5,85 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 1,27 | 6,20 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 1,14 | 5,56 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 1,47 | 7,14 | 7,141 | 0,315 | 4,41 | 31,1 | 3,24 | 3,235 | 0,135 | 4,19 |
| | 10 | 28 | 1,46 | 7,12 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 1,54 | 7,53 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 1,39 | 6,76 | | | | | | | | |

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL E VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDA ULTRASSÔNICA – AREIA DE ARTIFICIAL - 210 mm

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:2 | 1 | 7 | 4,33 | 21,04 | 21,626 | 1,088 | 5,03 | 25,30 | 3,96 | 3,903 | 0,170 | 4,35 |
| | 2 | 7 | 4,65 | 22,33 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 4,71 | 22,73 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 4,27 | 20,40 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 6,22 | 29,29 | 30,058 | 1,430 | 4,76 | 23,00 | 4,33 | 4,013 | 0,270 | 6,73 |
| | 6 | 14 | 6,32 | 30,47 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 6,58 | 31,86 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 5,96 | 28,60 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 6,45 | 31,59 | 31,529 | 1,388 | 4,40 | 22,70 | 4,38 | 4,279 | 0,197 | 4,61 |
| | 10 | 28 | 6,5 | 31,58 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 6,80 | 33,17 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 6,15 | 29,77 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-----------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:1,5 | 1 | 7 | 2,69 | 13,17 | 12,239 | 0,895 | 7,31 | 34,40 | 2,90 | 2,993 | 0,140 | 4,67 |
| | 2 | 7 | 2,38 | 11,43 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 2,66 | 12,83 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 2,41 | 11,52 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 3,32 | 15,94 | 14,182 | 1,660 | 11,71 | 29,40 | 3,46 | 3,397 | 0,149 | 4,39 |
| | 6 | 14 | 2,47 | 12,19 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 3,04 | 15,07 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 2,75 | 13,52 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 3,28 | 16,65 | 18,104 | 1,573 | 8,69 | 29,00 | 3,45 | 3,522 | 0,156 | 4,42 |
| | 10 | 28 | 4,12 | 19,94 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 3,89 | 18,88 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 3,52 | 16,95 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | μs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:1 | 1 | 7 | 1,3 | 6,39 | 6,481 | 0,293 | 4,52 | 43,80 | 2,31 | 2,312 | 0,096 | 4,17 |
| | 2 | 7 | 1,32 | 6,54 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 1,38 | 6,84 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 1,24 | 6,14 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 1,47 | 7,46 | 7,167 | 0,391 | 5,45 | 36,20 | 2,76 | 2,750 | 0,116 | 4,23 |
| | 6 | 14 | 1,37 | 6,90 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 1,49 | 7,54 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 1,35 | 6,77 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 1,66 | 8,13 | 8,926 | 0,738 | 8,27 | 35,00 | 2,88 | 2,850 | 0,121 | 4,23 |
| | 10 | 28 | 1,94 | 9,65 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 1,89 | 9,44 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 1,71 | 8,48 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | μs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:3 | 1 | 7 | 3,34 | 16,82 | 16,574 | 0,746 | 4,50 | 28,70 | 3,43 | 3,458 | 0,146 | 4,23 |
| | 2 | 7 | 3,32 | 16,46 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 3,50 | 17,40 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 3,16 | 15,62 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 3,46 | 17,15 | 16,903 | 0,772 | 4,57 | 23,00 | 4,35 | 4,277 | 0,185 | 4,33 |
| | 6 | 14 | 3,36 | 16,65 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 3,58 | 17,82 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 3,24 | 15,99 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 4,89 | 24,63 | 23,116 | 1,556 | 6,73 | 23,30 | 4,24 | 4,178 | 0,180 | 4,31 |
| | 10 | 28 | 4,37 | 21,75 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 4,86 | 24,29 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 4,40 | 21,80 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-----------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:2,5 | 1 | 7 | 1,65 | 8,11 | 8,635 | 0,558 | 6,46 | 33,80 | 2,94 | 2,916 | 0,124 | 4,24 |
| | 2 | 7 | 1,83 | 9,11 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 1,83 | 9,13 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 1,65 | 8,19 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 2,22 | 11,09 | 11,497 | 0,615 | 5,35 | 29,70 | 3,33 | 3,385 | 0,146 | 4,31 |
| | 6 | 14 | 2,41 | 11,95 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 2,43 | 12,10 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 2,20 | 10,86 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 2,66 | 13,29 | 14,159 | 0,937 | 6,62 | 29,60 | 3,36 | 3,359 | 0,140 | 4,17 |
| | 10 | 28 | 2,99 | 15,00 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 2,97 | 14,94 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 2,68 | 13,41 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:2 | 1 | 7 | 1,05 | 5,12 | 4,754 | 0,360 | 7,57 | 40,50 | 2,47 | 2,515 | 0,109 | 4,33 |
| | 2 | 7 | 0,91 | 4,40 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 1,03 | 5,00 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 0,93 | 4,49 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 1,3 | 6,24 | 6,135 | 0,278 | 4,53 | 36,20 | 2,77 | 2,785 | 0,117 | 4,19 |
| | 6 | 14 | 1,3 | 6,10 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 1,37 | 6,43 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 1,24 | 5,77 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 1,61 | 7,73 | 7,619 | 0,342 | 4,49 | 33,10 | 3,02 | 3,017 | 0,126 | 4,17 |
| | 10 | 28 | 1,6 | 7,56 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 1,69 | 8,00 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 1,52 | 7,18 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:4 | 1 | 7 | 2,82 | 13,33 | 12,925 | 0,679 | 5,26 | 25,90 | 3,88 | 3,912 | 0,165 | 4,22 |
| | 2 | 7 | 2,6 | 12,44 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 2,85 | 13,66 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 2,57 | 12,27 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 3,54 | 16,17 | 16,433 | 0,773 | 4,71 | 24,80 | 4,05 | 4,084 | 0,172 | 4,22 |
| | 6 | 14 | 3,39 | 16,28 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 3,64 | 17,54 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 3,29 | 15,75 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 4,54 | 20,89 | 20,928 | 0,981 | 4,69 | 23,40 | 4,27 | 4,272 | 0,179 | 4,19 |
| | 10 | 28 | 4,27 | 20,51 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 4,63 | 22,30 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 4,18 | 20,02 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-----------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:3,5 | 1 | 7 | 1,65 | 8,08 | 8,124 | 0,384 | 4,73 | 30,80 | 3,29 | 3,151 | 0,167 | 5,30 |
| | 2 | 7 | 1,55 | 7,97 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 1,68 | 8,67 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 1,52 | 7,78 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 2,05 | 10,24 | 10,404 | 0,495 | 4,76 | 27,90 | 3,58 | 3,558 | 0,152 | 4,27 |
| | 6 | 14 | 2,19 | 10,68 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 2,23 | 10,90 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 2,01 | 9,79 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 2,77 | 13,67 | 13,133 | 0,676 | 5,15 | 27,00 | 3,74 | 3,547 | 0,213 | 6,01 |
| | 10 | 28 | 2,74 | 12,90 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 2,89 | 13,68 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 2,62 | 12,28 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:3 | 1 | 7 | 0,73 | 3,48 | 4,092 | 0,505 | 12,35 | 38,00 | 2,62 | 2,601 | 0,110 | 4,24 |
| | 2 | 7 | 0,93 | 4,63 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 0,87 | 4,35 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 0,79 | 3,91 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 1,29 | 6,42 | 6,340 | 0,298 | 4,70 | 33,80 | 2,94 | 2,926 | 0,123 | 4,20 |
| | 6 | 14 | 1,22 | 6,19 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 1,32 | 6,72 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 1,19 | 6,03 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 1,53 | 7,74 | 7,693 | 0,340 | 4,41 | 33,10 | 2,74 | 2,960 | 0,192 | 6,49 |
| | 10 | 28 | 1,54 | 7,69 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 1,61 | 8,08 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 1,46 | 7,26 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:5 | 1 | 7 | 1,75 | 8,67 | 8,677 | 0,384 | 4,43 | 27,40 | 3,57 | 3,583 | 0,150 | 4,20 |
| | 2 | 7 | 1,73 | 8,64 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 1,83 | 9,16 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 1,65 | 8,23 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 2,31 | 11,40 | 10,844 | 0,669 | 6,17 | 25,70 | 3,81 | 3,840 | 0,161 | 4,20 |
| | 6 | 14 | 2,07 | 10,26 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 2,30 | 11,44 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 2,08 | 10,27 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 2,57 | 13,05 | 13,450 | 0,687 | 5,11 | 24,70 | 3,94 | 3,963 | 0,167 | 4,21 |
| | 10 | 28 | 2,76 | 13,90 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 2,80 | 14,15 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 2,53 | 12,70 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-----------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:4,5 | 1 | 7 | 1,38 | 6,60 | 6,377 | 0,358 | 5,62 | 32,90 | 3,03 | 3,087 | 0,135 | 4,36 |
| | 2 | 7 | 1,24 | 6,07 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 1,38 | 6,76 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 1,24 | 6,07 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 1,74 | 8,29 | 9,133 | 0,751 | 8,22 | 29,30 | 3,42 | 3,415 | 0,143 | 4,20 |
| | 6 | 14 | 1,99 | 9,82 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 1,96 | 9,71 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 1,77 | 8,71 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 2,08 | 9,99 | 10,574 | 0,661 | 6,25 | 27,90 | 3,54 | 3,487 | 0,159 | 4,57 |
| | 10 | 28 | 2,31 | 11,14 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 2,30 | 11,16 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 2,09 | 10,01 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:4 | 1 | 7 | 0,7 | 3,51 | 3,456 | 0,157 | 4,54 | 38,50 | 2,58 | 2,534 | 0,113 | 4,46 |
| | 2 | 7 | 0,69 | 3,42 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 0,73 | 3,63 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 0,66 | 3,26 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 0,99 | 4,91 | 5,133 | 0,299 | 5,83 | 35,00 | 2,85 | 2,840 | 0,119 | 4,17 |
| | 6 | 14 | 1,1 | 5,39 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 1,10 | 5,40 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 0,99 | 4,84 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 1,3 | 6,63 | 6,609 | 0,293 | 4,44 | 32,70 | 3,04 | 3,060 | 0,128 | 4,20 |
| | 10 | 28 | 1,34 | 6,67 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 1,39 | 6,92 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 1,25 | 6,22 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:6 | 1 | 7 | 1,77 | 8,60 | 8,913 | 0,475 | 5,33 | 28,80 | 3,50 | 3,279 | 0,220 | 6,71 |
| | 2 | 7 | 1,92 | 9,26 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 1,94 | 9,38 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 1,75 | 8,42 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 2,38 | 11,52 | 12,089 | 0,712 | 5,89 | 25,20 | 4,02 | 4,026 | 0,168 | 4,17 |
| | 6 | 14 | 2,63 | 12,68 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 2,63 | 12,73 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 2,38 | 11,43 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 3,25 | 15,85 | 14,886 | 1,018 | 6,84 | 24,30 | 4,14 | 4,172 | 0,176 | 4,22 |
| | 10 | 28 | 2,87 | 13,95 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 3,21 | 15,67 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 2,91 | 14,07 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-----------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:5,5 | 1 | 7 | 1,16 | 5,64 | 5,275 | 0,365 | 6,92 | 31,20 | 3,21 | 3,235 | 0,137 | 4,23 |
| | 2 | 7 | 1,03 | 4,95 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 1,15 | 5,54 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 1,04 | 4,98 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 1,69 | 8,24 | 8,365 | 0,389 | 4,65 | 29,40 | 3,40 | 3,401 | 0,142 | 4,17 |
| | 6 | 14 | 1,78 | 8,55 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 1,82 | 8,78 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 1,65 | 7,88 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 1,92 | 9,22 | 10,348 | 1,008 | 9,74 | 26,40 | 3,77 | 3,796 | 0,160 | 4,21 |
| | 10 | 28 | 2,35 | 11,42 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 2,24 | 10,94 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 2,03 | 9,82 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:5 | 1 | 7 | 0,56 | 2,61 | 3,071 | 0,376 | 12,23 | 37,70 | 2,66 | 2,659 | 0,111 | 4,18 |
| | 2 | 7 | 0,7 | 3,46 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 0,66 | 3,28 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 0,60 | 2,94 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 1,15 | 5,46 | 5,139 | 0,382 | 7,44 | 35,30 | 2,84 | 2,798 | 0,123 | 4,39 |
| | 6 | 14 | 0,96 | 4,72 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 1,11 | 5,47 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 1,00 | 4,91 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 1,32 | 6,36 | 6,618 | 0,342 | 5,17 | 31,70 | 3,15 | 3,138 | 0,132 | 4,20 |
| | 10 | 28 | 1,36 | 6,77 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 1,41 | 7,03 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 1,27 | 6,31 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:7 | 1 | 7 | 1,09 | 5,15 | 5,197 | 0,233 | 4,49 | 29,20 | 3,46 | 3,353 | 0,162 | 4,83 |
| | 2 | 7 | 1,07 | 5,18 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 1,13 | 5,51 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 1,03 | 4,95 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 1,72 | 8,13 | 7,330 | 0,776 | 10,58 | 27,30 | 3,68 | 3,622 | 0,157 | 4,35 |
| | 6 | 14 | 1,32 | 6,41 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 1,60 | 7,79 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 1,44 | 6,99 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 2,2 | 10,73 | 10,133 | 0,644 | 6,36 | 25,00 | 4,02 | 4,007 | 0,167 | 4,17 |
| | 10 | 28 | 1,99 | 9,59 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 2,20 | 10,65 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 1,99 | 9,56 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-----------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:6,5 | 1 | 7 | 0,95 | 4,56 | 4,831 | 0,291 | 6,02 | 31,30 | 3,19 | 3,203 | 0,135 | 4,20 |
| | 2 | 7 | 1,02 | 5,04 | | | | 31,40 | 3,20 | | | |
| | 3 | 7 | 1,03 | 5,13 | | | | 32,92 | 3,05 | | | |
| | 4 | 7 | 0,94 | 4,60 | | | | 29,78 | 3,38 | | | |
| | 5 | 14 | 1,46 | 6,98 | 6,824 | 0,316 | 4,63 | 29,30 | 3,41 | 3,412 | 0,142 | 4,17 |
| | 6 | 14 | 1,46 | 6,77 | | | | 29,40 | 3,40 | | | |
| | 7 | 14 | 1,53 | 7,14 | | | | 30,82 | 3,24 | | | |
| | 8 | 14 | 1,39 | 6,41 | | | | 27,88 | 3,59 | | | |
| | 9 | 28 | 1,95 | 9,44 | 8,884 | 0,605 | 6,81 | 26,90 | 3,70 | 3,781 | 0,168 | 4,45 |
| | 10 | 28 | 1,71 | 8,31 | | | | 26,20 | 3,84 | | | |
| | 11 | 28 | 1,92 | 9,37 | | | | 27,88 | 3,60 | | | |
| | 12 | 28 | 1,74 | 8,41 | | | | 25,22 | 3,99 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:6 | 1 | 7 | 0,67 | 3,19 | 3,329 | 0,175 | 5,26 | 38,00 | 2,64 | 2,674 | 0,116 | 4,34 |
| | 2 | 7 | 0,69 | 3,41 | | | | 36,40 | 2,72 | | | |
| | 3 | 7 | 0,71 | 3,54 | | | | 39,06 | 2,53 | | | |
| | 4 | 7 | 0,65 | 3,18 | | | | 35,34 | 2,80 | | | |
| | 5 | 14 | 0,81 | 4,01 | 3,959 | 0,179 | 4,53 | 35,60 | 2,77 | 2,829 | 0,125 | 4,42 |
| | 6 | 14 | 0,84 | 3,99 | | | | 35,00 | 2,86 | | | |
| | 7 | 14 | 0,87 | 4,13 | | | | 37,07 | 2,70 | | | |
| | 8 | 14 | 0,78 | 3,71 | | | | 33,54 | 2,99 | | | |
| | 9 | 28 | 1,1 | 5,54 | 4,838 | 0,584 | 12,06 | 31,10 | 3,17 | 3,204 | 0,136 | 4,23 |
| | 10 | 28 | 0,86 | 4,21 | | | | 31,20 | 3,21 | | | |
| | 11 | 28 | 1,03 | 5,06 | | | | 32,71 | 3,05 | | | |
| | 12 | 28 | 0,93 | 4,54 | | | | 29,59 | 3,38 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:8 | 1 | 7 | 0,78 | 3,90 | 4,263 | 0,340 | 7,98 | 31,6 | 3,14 | 3,100 | 0,134 | 4,31 |
| | 2 | 7 | 0,9 | 4,59 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 0,88 | 4,51 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 0,80 | 4,05 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 1,15 | 5,75 | 5,735 | 0,254 | 4,43 | 29,1 | 3,38 | 3,423 | 0,146 | 4,26 |
| | 6 | 14 | 1,18 | 5,78 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 1,22 | 6,01 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 1,11 | 5,40 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 1,51 | 7,73 | 7,039 | 0,591 | 8,39 | 26,4 | 3,77 | 3,798 | 0,160 | 4,21 |
| | 10 | 28 | 1,33 | 6,51 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 1,49 | 7,33 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 1,35 | 6,58 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-----------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:7,5 | 1 | 7 | 0,88 | 4,40 | 4,622 | 0,274 | 5,93 | 31,7 | 3,11 | 3,179 | 0,141 | 4,43 |
| | 2 | 7 | 0,97 | 4,85 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 0,97 | 4,87 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 0,88 | 4,37 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 1,28 | 6,32 | 6,377 | 0,285 | 4,46 | 29,9 | 3,33 | 3,309 | 0,138 | 4,18 |
| | 6 | 14 | 1,28 | 6,40 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 1,34 | 6,74 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 1,22 | 6,05 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 1,39 | 6,94 | 7,157 | 0,352 | 4,92 | 27,4 | 3,63 | 3,657 | 0,154 | 4,20 |
| | 10 | 28 | 1,44 | 7,31 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 1,49 | 7,57 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 1,34 | 6,80 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:7 | 1 | 7 | 0,53 | 2,65 | 2,625 | 0,116 | 4,43 | 39,2 | 2,53 | 2,522 | 0,105 | 4,17 |
| | 2 | 7 | 0,53 | 2,62 | | | | 39,3 | 2,51 | | | |
| | 3 | 7 | 0,56 | 2,76 | | | | 41,21 | 2,39 | | | |
| | 4 | 7 | 0,50 | 2,48 | | | | 37,29 | 2,65 | | | |
| | 5 | 14 | 0,84 | 4,15 | 4,098 | 0,185 | 4,52 | 37,6 | 2,63 | 2,751 | 0,144 | 5,22 |
| | 6 | 14 | 0,82 | 4,05 | | | | 35,5 | 2,84 | | | |
| | 7 | 14 | 0,87 | 4,32 | | | | 38,38 | 2,62 | | | |
| | 8 | 14 | 0,79 | 3,88 | | | | 34,72 | 2,91 | | | |
| | 9 | 28 | 1,21 | 6,05 | 5,798 | 0,304 | 5,24 | 30,9 | 3,20 | 3,181 | 0,134 | 4,21 |
| | 10 | 28 | 1,18 | 5,67 | | | | 31,3 | 3,16 | | | |
| | 11 | 28 | 1,25 | 6,05 | | | | 32,66 | 3,02 | | | |
| | 12 | 28 | 1,14 | 5,43 | | | | 29,55 | 3,35 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:9 | 1 | 7 | 0,69 | 3,30 | 3,239 | 0,152 | 4,71 | 34,4 | 2,94 | 2,916 | 0,122 | 4,18 |
| | 2 | 7 | 0,66 | 3,17 | | | | 34,3 | 2,91 | | | |
| | 3 | 7 | 0,71 | 3,42 | | | | 36,07 | 2,76 | | | |
| | 4 | 7 | 0,64 | 3,07 | | | | 32,63 | 3,06 | | | |
| | 5 | 14 | 0,91 | 4,37 | 4,432 | 0,201 | 4,53 | 31,9 | 3,11 | 3,099 | 0,132 | 4,25 |
| | 6 | 14 | 0,93 | 4,48 | | | | 32,7 | 3,06 | | | |
| | 7 | 14 | 0,97 | 4,68 | | | | 33,92 | 2,95 | | | |
| | 8 | 14 | 0,87 | 4,20 | | | | 30,69 | 3,27 | | | |
| | 9 | 28 | 0,92 | 4,49 | 4,475 | 0,197 | 4,40 | 21,3 | 4,69 | 4,642 | 0,197 | 4,24 |
| | 10 | 28 | 0,92 | 4,47 | | | | 21,6 | 4,60 | | | |
| | 11 | 28 | 0,97 | 4,71 | | | | 22,52 | 4,40 | | | |
| | 12 | 28 | 0,87 | 4,23 | | | | 20,38 | 4,88 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-----------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:8,5 | 1 | 7 | 0,85 | 4,16 | 4,078 | 0,189 | 4,64 | 32,7 | 3,08 | 3,088 | 0,129 | 4,19 |
| | 2 | 7 | 0,83 | 4,02 | | | | 33 | 3,08 | | | |
| | 3 | 7 | 0,88 | 4,29 | | | | 34,49 | 2,94 | | | |
| | 4 | 7 | 0,80 | 3,85 | | | | 31,21 | 3,26 | | | |
| | 5 | 14 | 1,39 | 6,89 | 5,970 | 0,765 | 12,82 | 31,3 | 3,20 | 3,244 | 0,140 | 4,31 |
| | 6 | 14 | 1,06 | 5,13 | | | | 30,4 | 3,29 | | | |
| | 7 | 14 | 1,29 | 6,25 | | | | 32,39 | 3,08 | | | |
| | 8 | 14 | 1,16 | 5,61 | | | | 29,31 | 3,41 | | | |
| | 9 | 28 | 1,23 | 5,95 | 5,932 | 0,261 | 4,41 | 19,7 | 5,07 | 5,065 | 0,212 | 4,18 |
| | 10 | 28 | 1,25 | 5,96 | | | | 19,8 | 5,05 | | | |
| | 11 | 28 | 1,30 | 6,23 | | | | 20,74 | 4,81 | | | |
| | 12 | 28 | 1,18 | 5,59 | | | | 18,76 | 5,33 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:8 | 1 | 7 | 0,68 | 3,24 | 2,803 | 0,383 | 13,65 | 38,1 | 2,62 | 2,618 | 0,109 | 4,17 |
| | 2 | 7 | 0,49 | 2,35 | | | | 38,2 | 2,61 | | | |
| | 3 | 7 | 0,61 | 2,96 | | | | 40,06 | 2,49 | | | |
| | 4 | 7 | 0,56 | 2,66 | | | | 36,24 | 2,75 | | | |
| | 5 | 14 | 0,63 | 3,06 | 3,062 | 0,135 | 4,40 | 38 | 2,64 | 2,645 | 0,110 | 4,17 |
| | 6 | 14 | 0,63 | 3,06 | | | | 38 | 2,64 | | | |
| | 7 | 14 | 0,66 | 3,23 | | | | 39,90 | 2,51 | | | |
| | 8 | 14 | 0,60 | 2,90 | | | | 36,10 | 2,78 | | | |
| | 9 | 28 | 0,93 | 4,50 | 4,308 | 0,247 | 5,73 | 23,6 | 4,24 | 4,265 | 0,179 | 4,19 |
| | 10 | 28 | 0,85 | 4,11 | | | | 23,3 | 4,28 | | | |
| | 11 | 28 | 0,93 | 4,54 | | | | 24,62 | 4,05 | | | |
| | 12 | 28 | 0,85 | 4,08 | | | | 22,28 | 4,48 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|--------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:10 | 1 | 7 | 0,61 | 3,02 | 3,034 | 0,137 | 4,52 | 34,4 | 2,94 | 2,874 | 0,130 | 4,54 |
| | 2 | 7 | 0,64 | 3,09 | | | | 35,6 | 2,81 | | | |
| | 3 | 7 | 0,66 | 3,18 | | | | 36,75 | 2,72 | | | |
| | 4 | 7 | 0,59 | 2,85 | | | | 33,25 | 3,02 | | | |
| | 5 | 14 | 0,66 | 3,19 | 3,176 | 0,140 | 4,41 | 31,8 | 3,15 | 3,178 | 0,134 | 4,22 |
| | 6 | 14 | 0,66 | 3,17 | | | | 31,2 | 3,20 | | | |
| | 7 | 14 | 0,69 | 3,34 | | | | 33,08 | 3,02 | | | |
| | 8 | 14 | 0,63 | 3,00 | | | | 29,93 | 3,34 | | | |
| | 9 | 28 | 0,94 | 4,59 | 4,876 | 0,350 | 7,17 | 20,7 | 4,79 | 4,770 | 0,202 | 4,24 |
| | 10 | 28 | 1,12 | 5,25 | | | | 21,2 | 4,72 | | | |
| | 11 | 28 | 1,08 | 5,09 | | | | 22,00 | 4,54 | | | |
| | 12 | 28 | 0,98 | 4,57 | | | | 19,90 | 5,03 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-----------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:9,5 | 1 | 7 | 0,82 | 3,88 | 3,718 | 0,221 | 5,95 | 33,9 | 2,98 | 2,938 | 0,127 | 4,33 |
| | 2 | 7 | 0,73 | 3,52 | | | | 34,8 | 2,89 | | | |
| | 3 | 7 | 0,81 | 3,94 | | | | 36,07 | 2,79 | | | |
| | 4 | 7 | 0,74 | 3,54 | | | | 32,63 | 3,09 | | | |
| | 5 | 14 | 0,92 | 4,40 | 4,641 | 0,270 | 5,81 | 31,4 | 3,22 | 3,225 | 0,135 | 4,17 |
| | 6 | 14 | 0,98 | 4,82 | | | | 30,7 | 3,24 | | | |
| | 7 | 14 | 1,00 | 4,92 | | | | 32,60 | 3,05 | | | |
| | 8 | 14 | 0,90 | 4,42 | | | | 29,50 | 3,38 | | | |
| | 9 | 28 | 1,23 | 5,86 | 5,842 | 0,287 | 4,91 | 19,7 | 5,12 | 5,088 | 0,212 | 4,17 |
| | 10 | 28 | 1,13 | 5,67 | | | | 19,5 | 5,09 | | | |
| | 11 | 28 | 1,24 | 6,24 | | | | 20,58 | 4,82 | | | |
| | 12 | 28 | 1,12 | 5,60 | | | | 18,62 | 5,33 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:9 | 1 | 7 | 0,54 | 2,70 | 2,723 | 0,122 | 4,47 | 38,2 | 2,59 | 2,615 | 0,110 | 4,22 |
| | 2 | 7 | 0,55 | 2,75 | | | | 37,5 | 2,63 | | | |
| | 3 | 7 | 0,57 | 2,87 | | | | 39,74 | 2,48 | | | |
| | 4 | 7 | 0,52 | 2,58 | | | | 35,96 | 2,75 | | | |
| | 5 | 14 | 0,6 | 2,99 | 2,911 | 0,142 | 4,88 | 36,2 | 2,75 | 2,745 | 0,114 | 4,17 |
| | 6 | 14 | 0,57 | 2,84 | | | | 36,2 | 2,74 | | | |
| | 7 | 14 | 0,61 | 3,07 | | | | 38,01 | 2,60 | | | |
| | 8 | 14 | 0,56 | 2,75 | | | | 34,39 | 2,88 | | | |
| | 9 | 28 | 0,93 | 4,48 | 4,144 | 0,360 | 8,69 | 23,5 | 3,87 | 4,104 | 0,237 | 5,78 |
| | 10 | 28 | 0,75 | 3,73 | | | | 24,1 | 4,14 | | | |
| | 11 | 28 | 0,88 | 4,41 | | | | 24,99 | 3,99 | | | |
| | 12 | 28 | 0,80 | 3,96 | | | | 22,61 | 4,42 | | | |

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL E VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDA ULTRASSÔNICA – AREIA DE NATURAL - 180 mm

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:2 | 1 | 7 | 29,10 | 14,25 | 14,808 | 0,783 | 5,29 | 24,30 | 4,16 | 4,225 | 0,181 | 4,29 |
| | 2 | 7 | 31,00 | 15,30 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 31,55 | 15,64 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 28,55 | 14,04 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 35,00 | 16,23 | 16,967 | 0,904 | 5,33 | 23,40 | 4,28 | 4,349 | 0,189 | 4,33 |
| | 6 | 14 | 35,00 | 17,21 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 36,75 | 18,14 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 33,25 | 16,29 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 41,40 | 19,96 | 17,999 | 1,659 | 9,22 | 18,30 | 5,52 | 5,318 | 0,272 | 5,11 |
| | 10 | 28 | 35,40 | 16,42 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 40,32 | 18,77 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 36,48 | 16,85 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-----------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:1,5 | 1 | 7 | 16,50 | 7,99 | 8,255 | 0,412 | 4,99 | 29,30 | 3,53 | 3,223 | 0,277 | 8,59 |
| | 2 | 7 | 17,00 | 8,43 | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 17,59 | 8,75 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 15,91 | 7,86 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 17,00 | 8,36 | 8,309 | 0,369 | 4,44 | 30,00 | 3,42 | 3,418 | 0,142 | 4,17 |
| | 6 | 14 | 17,50 | 8,37 | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 18,11 | 8,70 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 16,39 | 7,81 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 19,30 | 9,27 | 9,306 | 0,414 | 4,45 | 22,40 | 4,55 | 4,442 | 0,208 | 4,68 |
| | 10 | 28 | 19,00 | 9,27 | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 20,11 | 9,85 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 18,19 | 8,84 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:1 | 1 | 7 | 7,50 | 3,72 | 3,869 | 0,218 | 5,63 | 44,80 | 2,26 | 2,469 | 0,201 | 8,15 |
| | 2 | 7 | 8,30 | 4,05 | | | | 37,70 | 2,69 | | | |
| | 3 | 7 | 8,30 | 4,06 | | | | 43,31 | 2,34 | | | |
| | 4 | 7 | 7,51 | 3,65 | | | | 39,19 | 2,59 | | | |
| | 5 | 14 | 9,80 | 4,90 | 4,892 | 0,216 | 4,40 | 36,00 | 2,83 | 2,824 | 0,118 | 4,17 |
| | 6 | 14 | 9,90 | 4,91 | | | | 36,00 | 2,82 | | | |
| | 7 | 14 | 10,34 | 5,15 | | | | 37,80 | 2,68 | | | |
| | 8 | 14 | 9,36 | 4,62 | | | | 34,20 | 2,97 | | | |
| | 9 | 28 | 10,50 | 5,20 | 5,301 | 0,279 | 5,26 | 26,50 | 3,85 | 3,851 | 0,161 | 4,17 |
| | 10 | 28 | 11,80 | 5,54 | | | | 26,50 | 3,85 | | | |
| | 11 | 28 | 11,71 | 5,51 | | | | 27,83 | 3,66 | | | |
| | 12 | 28 | 10,59 | 4,95 | | | | 25,18 | 4,05 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:3 | 1 | 7 | 15,30 | 7,80 | 7,675 | 0,352 | 4,58 | 27,10 | 3,78 | 3,630 | 0,198 | 5,44 |
| | 2 | 7 | 14,90 | 7,56 | | | | 29,70 | 3,47 | | | |
| | 3 | 7 | 15,86 | 8,08 | | | | 29,82 | 3,45 | | | |
| | 4 | 7 | 14,35 | 7,25 | | | | 26,98 | 3,82 | | | |
| | 5 | 14 | 16,00 | 8,50 | 8,320 | 0,414 | 4,98 | 22,20 | 4,62 | 4,642 | 0,195 | 4,20 |
| | 6 | 14 | 17,50 | 8,50 | | | | 21,60 | 4,69 | | | |
| | 7 | 14 | 17,59 | 8,58 | | | | 23,00 | 4,40 | | | |
| | 8 | 14 | 15,91 | 7,70 | | | | 20,81 | 4,87 | | | |
| | 9 | 28 | 19,00 | 9,12 | 9,242 | 0,419 | 4,54 | 19,10 | 5,32 | 5,397 | 0,232 | 4,31 |
| | 10 | 28 | 19,60 | 9,38 | | | | 18,50 | 5,47 | | | |
| | 11 | 28 | 20,27 | 9,73 | | | | 19,74 | 5,12 | | | |
| | 12 | 28 | 18,34 | 8,74 | | | | 17,86 | 5,67 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-----------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:2,5 | 1 | 7 | 10,00 | 4,98 | 5,164 | 0,267 | 5,17 | 30,30 | 3,31 | 3,367 | 0,148 | 4,39 |
| | 2 | 7 | 10,50 | 5,31 | | | | 29,10 | 3,43 | | | |
| | 3 | 7 | 10,76 | 5,46 | | | | 31,19 | 3,19 | | | |
| | 4 | 7 | 9,74 | 4,90 | | | | 28,22 | 3,54 | | | |
| | 5 | 14 | 11,00 | 5,50 | 5,496 | 0,242 | 4,41 | 29,00 | 3,45 | 3,453 | 0,144 | 4,17 |
| | 6 | 14 | 11,00 | 5,50 | | | | 29,00 | 3,45 | | | |
| | 7 | 14 | 11,55 | 5,79 | | | | 30,45 | 3,28 | | | |
| | 8 | 14 | 10,45 | 5,20 | | | | 27,55 | 3,63 | | | |
| | 9 | 28 | 10,60 | 5,30 | 6,479 | 1,015 | 15,67 | 21,30 | 4,81 | 4,704 | 0,207 | 4,41 |
| | 10 | 28 | 15,50 | 7,68 | | | | 21,50 | 4,65 | | | |
| | 11 | 28 | 13,70 | 6,82 | | | | 22,47 | 4,44 | | | |
| | 12 | 28 | 12,40 | 6,12 | | | | 20,33 | 4,92 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:2 | 1 | 7 | 5,50 | 2,69 | 2,694 | 0,119 | 4,41 | 38,60 | 2,59 | 2,589 | 0,108 | 4,17 |
| | 2 | 7 | 5,50 | 2,69 | | | | 38,60 | 2,59 | | | |
| | 3 | 7 | 5,78 | 2,84 | | | | 40,53 | 2,46 | | | |
| | 4 | 7 | 5,23 | 2,55 | | | | 36,67 | 2,72 | | | |
| | 5 | 14 | 8,90 | 4,13 | 4,080 | 0,226 | 5,55 | 32,20 | 3,18 | 3,075 | 0,158 | 5,14 |
| | 6 | 14 | 7,80 | 3,88 | | | | 34,80 | 2,96 | | | |
| | 7 | 14 | 8,77 | 4,38 | | | | 35,18 | 2,92 | | | |
| | 8 | 14 | 7,93 | 3,93 | | | | 31,83 | 3,24 | | | |
| | 9 | 28 | 9,90 | 4,75 | 4,847 | 0,234 | 4,82 | 25,70 | 3,98 | 3,833 | 0,193 | 5,03 |
| | 10 | 28 | 9,40 | 4,79 | | | | 26,80 | 3,72 | | | |
| | 11 | 28 | 10,13 | 5,19 | | | | 27,56 | 3,62 | | | |
| | 12 | 28 | 9,17 | 4,65 | | | | 24,94 | 4,01 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:4 | 1 | 7 | 5,60 | 2,81 | 3,098 | 0,291 | 9,39 | 34,00 | 2,94 | 3,048 | 0,155 | 5,10 |
| | 2 | 7 | 7,10 | 3,44 | | | | 31,70 | 3,15 | | | |
| | 3 | 7 | 6,67 | 3,24 | | | | 34,49 | 2,90 | | | |
| | 4 | 7 | 6,03 | 2,91 | | | | 31,21 | 3,21 | | | |
| | 5 | 14 | 6,50 | 3,23 | 3,285 | 0,150 | 4,58 | 31,40 | 3,17 | 3,176 | 0,133 | 4,19 |
| | 6 | 14 | 6,70 | 3,33 | | | | 31,60 | 3,17 | | | |
| | 7 | 14 | 6,93 | 3,46 | | | | 33,08 | 3,02 | | | |
| | 8 | 14 | 6,27 | 3,11 | | | | 29,93 | 3,35 | | | |
| | 9 | 28 | 6,10 | 3,01 | 3,660 | 0,537 | 14,68 | 21,50 | 4,62 | 4,476 | 0,225 | 5,03 |
| | 10 | 28 | 8,40 | 4,26 | | | | 23,10 | 4,32 | | | |
| | 11 | 28 | 7,61 | 3,88 | | | | 23,42 | 4,25 | | | |
| | 12 | 28 | 6,89 | 3,48 | | | | 21,19 | 4,71 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-----------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:3,5 | 1 | 7 | 11,00 | 5,45 | 5,242 | 0,301 | 5,75 | 49,50 | 2,02 | 2,044 | 0,086 | 4,22 |
| | 2 | 7 | 9,90 | 4,99 | | | | 48,90 | 2,06 | | | |
| | 3 | 7 | 10,97 | 5,55 | | | | 51,66 | 1,94 | | | |
| | 4 | 7 | 9,93 | 4,98 | | | | 46,74 | 2,15 | | | |
| | 5 | 14 | 12,20 | 6,05 | 5,718 | 0,385 | 6,74 | 41,00 | 2,42 | 2,390 | 0,103 | 4,30 |
| | 6 | 14 | 10,60 | 5,34 | | | | 42,00 | 2,36 | | | |
| | 7 | 14 | 11,97 | 6,05 | | | | 43,58 | 2,27 | | | |
| | 8 | 14 | 10,83 | 5,43 | | | | 39,43 | 2,51 | | | |
| | 9 | 28 | 11,70 | 5,71 | 5,708 | 0,251 | 4,40 | 21,90 | 4,62 | 4,627 | 0,193 | 4,17 |
| | 10 | 28 | 11,70 | 5,71 | | | | 21,90 | 4,62 | | | |
| | 11 | 28 | 12,29 | 6,02 | | | | 23,00 | 4,40 | | | |
| | 12 | 28 | 11,12 | 5,40 | | | | 20,81 | 4,87 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:3 | 1 | 7 | 2,90 | 1,40 | 1,602 | 0,176 | 10,97 | 42,40 | 2,36 | 2,439 | 0,119 | 4,89 |
| | 2 | 7 | 3,70 | 1,80 | | | | 40,00 | 2,51 | | | |
| | 3 | 7 | 3,47 | 1,69 | | | | 43,26 | 2,32 | | | |
| | 4 | 7 | 3,14 | 1,52 | | | | 39,14 | 2,57 | | | |
| | 5 | 14 | 4,60 | 2,16 | 2,265 | 0,125 | 5,53 | 37,60 | 2,69 | 2,661 | 0,113 | 4,25 |
| | 6 | 14 | 4,80 | 2,33 | | | | 38,10 | 2,64 | | | |
| | 7 | 14 | 4,94 | 2,41 | | | | 39,74 | 2,52 | | | |
| | 8 | 14 | 4,47 | 2,16 | | | | 35,96 | 2,79 | | | |
| | 9 | 28 | 6,10 | 2,98 | 2,981 | 0,132 | 4,44 | 38,10 | 2,65 | 2,673 | 0,113 | 4,22 |
| | 10 | 28 | 6,30 | 3,01 | | | | 37,30 | 2,69 | | | |
| | 11 | 28 | 6,51 | 3,13 | | | | 39,59 | 2,54 | | | |
| | 12 | 28 | 5,89 | 2,81 | | | | 35,82 | 2,81 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:5 | 1 | 7 | 2,10 | 1,00 | 1,026 | 0,049 | 4,73 | 45,40 | 2,19 | 2,205 | 0,092 | 4,18 |
| | 2 | 7 | 2,20 | 1,05 | | | | 45,00 | 2,21 | | | |
| | 3 | 7 | 2,26 | 1,08 | | | | 47,46 | 2,09 | | | |
| | 4 | 7 | 2,04 | 0,97 | | | | 42,94 | 2,32 | | | |
| | 5 | 14 | 4,60 | 2,15 | 2,122 | 0,102 | 4,79 | 43,00 | 2,33 | 2,351 | 0,099 | 4,21 |
| | 6 | 14 | 4,30 | 2,06 | | | | 42,00 | 2,37 | | | |
| | 7 | 14 | 4,67 | 2,25 | | | | 44,63 | 2,23 | | | |
| | 8 | 14 | 4,23 | 2,02 | | | | 40,38 | 2,47 | | | |
| | 9 | 28 | 6,30 | 3,07 | 2,798 | 0,248 | 8,88 | 42,10 | 2,39 | 2,402 | 0,100 | 4,17 |
| | 10 | 28 | 5,30 | 2,55 | | | | 41,50 | 2,41 | | | |
| | 11 | 28 | 6,09 | 2,94 | | | | 43,89 | 2,28 | | | |
| | 12 | 28 | 5,51 | 2,64 | | | | 39,71 | 2,52 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-----------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:4,5 | 1 | 7 | 4,70 | 2,30 | 2,330 | 0,105 | 4,50 | 47,00 | 2,12 | 2,039 | 0,106 | 5,21 |
| | 2 | 7 | 4,70 | 2,34 | | | | 50,70 | 1,96 | | | |
| | 3 | 7 | 4,94 | 2,47 | | | | 51,29 | 1,94 | | | |
| | 4 | 7 | 4,47 | 2,21 | | | | 46,41 | 2,14 | | | |
| | 5 | 14 | 4,80 | 2,31 | 2,673 | 0,326 | 12,19 | 31,60 | 3,17 | 3,155 | 0,133 | 4,21 |
| | 6 | 14 | 6,40 | 3,05 | | | | 32,10 | 3,13 | | | |
| | 7 | 14 | 5,88 | 2,81 | | | | 33,44 | 3,00 | | | |
| | 8 | 14 | 5,32 | 2,52 | | | | 30,26 | 3,32 | | | |
| | 9 | 28 | 7,80 | 3,75 | 3,751 | 0,170 | 4,54 | 30,60 | 3,25 | 3,290 | 0,140 | 4,27 |
| | 10 | 28 | 7,50 | 3,70 | | | | 30,00 | 3,32 | | | |
| | 11 | 28 | 8,03 | 3,98 | | | | 31,82 | 3,13 | | | |
| | 12 | 28 | 7,27 | 3,57 | | | | 28,79 | 3,46 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:4 | 1 | 7 | 1,30 | 0,62 | 0,701 | 0,069 | 9,80 | 56,50 | 1,80 | 2,017 | 0,212 | 10,51 |
| | 2 | 7 | 1,60 | 0,77 | | | | 43,90 | 2,28 | | | |
| | 3 | 7 | 1,52 | 0,74 | | | | 52,71 | 1,89 | | | |
| | 4 | 7 | 1,38 | 0,66 | | | | 47,69 | 2,10 | | | |
| | 5 | 14 | 4,40 | 2,15 | 2,110 | 0,097 | 4,58 | 46,40 | 2,17 | 2,143 | 0,092 | 4,28 |
| | 6 | 14 | 4,30 | 2,08 | | | | 47,20 | 2,12 | | | |
| | 7 | 14 | 4,57 | 2,22 | | | | 49,14 | 2,03 | | | |
| | 8 | 14 | 4,13 | 1,99 | | | | 44,46 | 2,25 | | | |
| | 9 | 28 | 5,50 | 2,65 | 2,724 | 0,134 | 4,91 | 39,70 | 2,54 | 2,581 | 0,112 | 4,32 |
| | 10 | 28 | 5,80 | 2,80 | | | | 38,60 | 2,61 | | | |
| | 11 | 28 | 5,93 | 2,87 | | | | 41,11 | 2,45 | | | |
| | 12 | 28 | 5,37 | 2,58 | | | | 37,19 | 2,72 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:6 | 1 | 7 | 1,50 | 0,71 | 0,685 | 0,043 | 6,32 | 56,50 | 1,80 | 1,615 | 0,154 | 9,56 |
| | 2 | 7 | 1,30 | 0,64 | | | | 68,40 | 1,46 | | | |
| | 3 | 7 | 1,47 | 0,73 | | | | 65,57 | 1,52 | | | |
| | 4 | 7 | 1,33 | 0,65 | | | | 59,33 | 1,68 | | | |
| | 5 | 14 | 2,40 | 1,20 | 1,192 | 0,053 | 4,42 | 39,00 | 2,54 | 2,449 | 0,126 | 5,14 |
| | 6 | 14 | 2,40 | 1,19 | | | | 41,60 | 2,36 | | | |
| | 7 | 14 | 2,52 | 1,25 | | | | 42,32 | 2,32 | | | |
| | 8 | 14 | 2,28 | 1,13 | | | | 38,29 | 2,57 | | | |
| | 9 | 28 | 3,70 | 1,84 | 1,783 | 0,087 | 4,87 | 35,20 | 2,73 | 2,750 | 0,126 | 4,57 |
| | 10 | 28 | 3,70 | 1,76 | | | | 37,60 | 2,69 | | | |
| | 11 | 28 | 3,89 | 1,86 | | | | 38,22 | 2,65 | | | |
| | 12 | 28 | 3,52 | 1,67 | | | | 34,58 | 2,93 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-----------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:5,5 | 1 | 7 | 4,00 | 1,98 | 1,939 | 0,093 | 4,82 | 36,00 | 2,73 | 2,692 | 0,117 | 4,33 |
| | 2 | 7 | 3,80 | 1,89 | | | | 37,00 | 2,65 | | | |
| | 3 | 7 | 4,10 | 2,05 | | | | 38,33 | 2,56 | | | |
| | 4 | 7 | 3,71 | 1,84 | | | | 34,68 | 2,83 | | | |
| | 5 | 14 | 4,20 | 2,16 | 2,052 | 0,117 | 5,70 | 38,50 | 2,58 | 2,668 | 0,126 | 4,74 |
| | 6 | 14 | 4,00 | 1,98 | | | | 37,10 | 2,73 | | | |
| | 7 | 14 | 4,31 | 2,14 | | | | 39,69 | 2,54 | | | |
| | 8 | 14 | 3,90 | 1,92 | | | | 35,91 | 2,82 | | | |
| | 9 | 28 | 6,70 | 3,36 | 3,426 | 0,161 | 4,70 | 32,80 | 3,07 | 3,005 | 0,137 | 4,56 |
| | 10 | 28 | 7,00 | 3,50 | | | | 34,20 | 2,94 | | | |
| | 11 | 28 | 7,19 | 3,61 | | | | 35,18 | 2,85 | | | |
| | 12 | 28 | 6,51 | 3,24 | | | | 31,83 | 3,16 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:5 | 1 | 7 | 2,70 | 1,35 | 1,340 | 0,061 | 4,54 | 45,80 | 2,16 | 2,177 | 0,091 | 4,20 |
| | 2 | 7 | 2,60 | 1,32 | | | | 45,40 | 2,19 | | | |
| | 3 | 7 | 2,78 | 1,42 | | | | 47,88 | 2,07 | | | |
| | 4 | 7 | 2,52 | 1,27 | | | | 43,32 | 2,29 | | | |
| | 5 | 14 | 4,20 | 2,10 | 2,074 | 0,094 | 4,52 | 43,50 | 2,29 | 2,387 | 0,120 | 5,01 |
| | 6 | 14 | 4,10 | 2,05 | | | | 41,70 | 2,45 | | | |
| | 7 | 14 | 4,36 | 2,19 | | | | 44,73 | 2,28 | | | |
| | 8 | 14 | 3,94 | 1,96 | | | | 40,47 | 2,53 | | | |
| | 9 | 28 | 6,10 | 3,05 | 2,982 | 0,143 | 4,80 | 34,40 | 2,90 | 2,900 | 0,124 | 4,27 |
| | 10 | 28 | 5,80 | 2,91 | | | | 35,50 | 2,86 | | | |
| | 11 | 28 | 6,25 | 3,15 | | | | 36,70 | 2,77 | | | |
| | 12 | 28 | 5,65 | 2,82 | | | | 33,20 | 3,07 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação | TEMPO | V. U. S. | Média por Idade | Desvio Padrão por Idade | Coefficiente de Variação |
|-------|----|-------|-------|--------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | µs | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:7 | 1 | 7 | 1,00 | 0,50 | 0,470 | 0,029 | 6,27 | 56,30 | 1,77 | 1,661 | 0,115 | 6,90 |
| | 2 | 7 | 0,90 | 0,44 | | | | 64,50 | 1,55 | | | |
| | 3 | 7 | 1,00 | 0,49 | | | | 63,42 | 1,58 | | | |
| | 4 | 7 | 0,90 | 0,44 | | | | 57,38 | 1,74 | | | |
| | 5 | 14 | 1,60 | 0,83 | 0,706 | 0,098 | 13,82 | 54,60 | 1,89 | 1,894 | 0,079 | 4,18 |
| | 6 | 14 | 1,20 | 0,60 | | | | 54,80 | 1,89 | | | |
| | 7 | 14 | 1,47 | 0,74 | | | | 57,44 | 1,80 | | | |
| | 8 | 14 | 1,33 | 0,66 | | | | 51,97 | 2,00 | | | |
| | 9 | 28 | 2,00 | 1,00 | 1,017 | 0,049 | 4,77 | 42,80 | 2,39 | 2,455 | 0,117 | 4,77 |
| | 10 | 28 | 2,10 | 1,04 | | | | 39,80 | 2,53 | | | |
| | 11 | 28 | 2,15 | 1,07 | | | | 43,37 | 2,32 | | | |
| | 12 | 28 | 1,95 | 0,96 | | | | 39,24 | 2,57 | | | |

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL E VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDA ULTRASSÔNICA – AREIA DE NATURAL - 210 mm

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média | DP | CV | TEMPO | V. U. S. | Média | DP | CV |
|-------|----|-------|-------|--------|--------|-------|------|-------|----------|-------|-------|------|
| | | dias | T | Mpa | MPa | MPa | % | ms | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:2 | 1 | 7 | 1,63 | 8,18 | 8,154 | 0,359 | 4,41 | 29,00 | 3,45 | 3,411 | 0,052 | 1,53 |
| | 2 | 7 | 1,65 | 8,18 | | | | 29,10 | 3,37 | | | |
| | 3 | 7 | 1,72 | 8,57 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 1,56 | 7,69 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 2,63 | 13,14 | 12,892 | 0,604 | 4,68 | 26,00 | 3,86 | 3,888 | 0,037 | 0,95 |
| | 6 | 14 | 2,53 | 12,64 | | | | 25,50 | 3,91 | | | |
| | 7 | 14 | 2,71 | 13,59 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 2,45 | 12,20 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 3,06 | 15,45 | 14,949 | 0,756 | 5,06 | 25,20 | 3,93 | 3,954 | 0,031 | 0,77 |
| | 10 | 28 | 2,91 | 14,54 | | | | 24,80 | 3,98 | | | |
| | 11 | 28 | 3,13 | 15,71 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 2,83 | 14,10 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média | DP | CV | TEMPO | V. U. S. | Média | DP | CV |
|-----------|----|-------|-------|--------|--------|-------|------|-------|----------|-------|-------|------|
| | | | T | Mpa | MPa | MPa | % | ms | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:1,5 | 1 | 7 | 2,03 | 9,63 | 9,848 | 0,463 | 4,71 | 32,60 | 3,13 | 3,201 | 0,093 | 2,91 |
| | 2 | 7 | 2,10 | 10,03 | | | | 31,10 | 3,27 | | | |
| | 3 | 7 | 2,17 | 10,40 | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 1,96 | 9,33 | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 2,40 | 11,13 | 11,433 | 0,550 | 4,81 | 29,40 | 3,46 | 3,442 | 0,020 | 0,58 |
| | 6 | 14 | 2,36 | 11,47 | | | | 29,70 | 3,43 | | | |
| | 7 | 14 | 2,50 | 12,19 | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 2,26 | 10,94 | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 2,50 | 11,96 | 12,223 | 0,579 | 4,74 | 29,50 | 3,46 | 3,495 | 0,049 | 1,39 |
| | 10 | 28 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 11 | 28 | 2,68 | 12,88 | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 2,43 | 11,57 | | | | | | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média | DP | CV | TEMPO | V. U. S. | Média | DP | CV |
|-------|----|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
| | | | T | Mpa | MPa | MPa | % | ms | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:1 | 1 | 7 | 1,14 | 5,70 | 9,083 | 3,636 | 40,03 | 38,90 | 2,59 | 3,031 | 0,538 | 17,75 |
| | 2 | 7 | 1,31 | 6,19 | | | | 39,80 | 2,54 | | | |
| | 3 | 7 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 4 | 7 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 5 | 14 | 1,4 | 6,64 | 9,473 | 3,182 | 33,60 | 34,30 | 2,94 | 3,214 | 0,327 | 10,16 |
| | 6 | 14 | 1,45 | 6,80 | | | | 34,80 | 2,92 | | | |
| | 7 | 14 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 8 | 14 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 9 | 28 | 1,51 | 7,42 | 9,843 | 2,756 | 28,00 | 33,50 | 3,04 | 3,271 | 0,261 | 7,97 |
| | 10 | 28 | 1,55 | 7,50 | | | | 33,20 | 3,05 | | | |
| | 11 | 28 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 12 | 28 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média | DP | CV | TEMPO | V. U. S. | Média | DP | CV |
|-------|----|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|------|
| | | | T | Mpa | MPa | MPa | % | ms | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:3 | 1 | 7 | 1,63 | 7,92 | 9,974 | 2,609 | 26,16 | 33,50 | 2,98 | 3,228 | 0,311 | 9,63 |
| | 2 | 7 | 1,55 | 7,53 | | | | 33,90 | 2,94 | | | |
| | 3 | 7 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 4 | 7 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 5 | 14 | 1,86 | 9,00 | 10,660 | 1,817 | 17,05 | 28,40 | 3,51 | 3,493 | 0,035 | 0,99 |
| | 6 | 14 | 1,9 | 9,20 | | | | 29,00 | 3,47 | | | |
| | 7 | 14 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 8 | 14 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 9 | 28 | 2,01 | 9,77 | 11,021 | 1,404 | 12,74 | 28,10 | 3,53 | 3,507 | 0,033 | 0,93 |
| | 10 | 28 | 2,04 | 9,87 | | | | 28,60 | 3,51 | | | |
| | 11 | 28 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 12 | 28 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média | DP | CV | TEMPO | V. U. S. | Média | DP | CV |
|-----------|----|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|------|
| | | | T | Mpa | MPa | MPa | % | ms | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:2,5 | 1 | 7 | 1,49 | 7,44 | 7,594 | 0,212 | 2,79 | 34,20 | 2,92 | 2,925 | 0,002 | 0,07 |
| | 2 | 7 | 1,55 | 7,74 | | | | 34,10 | 2,93 | | | |
| | 3 | 7 | | | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | | | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 2 | 9,91 | 9,512 | 0,566 | 5,95 | 30,60 | 3,27 | 3,318 | 0,071 | 2,14 |
| | 6 | 14 | 1,89 | 9,11 | | | | 29,60 | 3,37 | | | |
| | 7 | 14 | | | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | | | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 2,04 | 10,23 | 11,157 | 1,253 | 11,23 | 29,80 | 3,37 | 3,444 | 0,069 | 2,01 |
| | 10 | 28 | 2 | 9,95 | | | | 29,30 | 3,42 | | | |
| | 11 | 28 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 12 | 28 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média | DP | CV | TEMPO | V. U. S. | Média | DP | CV |
|-------|----|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
| | | | T | Mpa | MPa | MPa | % | ms | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:2 | 1 | 7 | 1,02 | 5,10 | 8,710 | 4,061 | 46,62 | 41,60 | 2,41 | 2,957 | 0,622 | 21,03 |
| | 2 | 7 | 1,036 | 5,30 | | | | 41,40 | 2,43 | | | |
| | 3 | 7 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 4 | 7 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 5 | 14 | 1,2 | 5,90 | 8,949 | 3,789 | 42,34 | 35,30 | 2,82 | 3,171 | 0,376 | 11,85 |
| | 6 | 14 | 1,1 | 5,45 | | | | 34,80 | 2,87 | | | |
| | 7 | 14 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 8 | 14 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 9 | 28 | 1,25 | 6,17 | 9,165 | 3,536 | 38,58 | 33,10 | 3,12 | 3,299 | 0,230 | 6,96 |
| | 10 | 28 | 1,22 | 6,05 | | | | 32,50 | 3,08 | | | |
| | 11 | 28 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 12 | 28 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média | DP | CV | TEMPO | V. U. S. | Média | DP | CV |
|-------|----|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
| | | | T | Mpa | MPa | MPa | % | ms | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:4 | 1 | 7 | 0,89 | 4,31 | 8,068 | 4,812 | 59,65 | 35,30 | 2,82 | 3,170 | 0,377 | 11,91 |
| | 2 | 7 | 0,73 | 3,52 | | | | 35,50 | 2,87 | | | |
| | 3 | 7 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 4 | 7 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 5 | 14 | 0,98 | 4,71 | 8,463 | 4,346 | 51,35 | 31,60 | 3,18 | 3,342 | 0,180 | 5,38 |
| | 6 | 14 | 0,96 | 4,70 | | | | 31,60 | 3,20 | | | |
| | 7 | 14 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 8 | 14 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 9 | 28 | 1,28 | 6,15 | 9,125 | 3,584 | 39,27 | 30,10 | 3,34 | 3,414 | 0,099 | 2,90 |
| | 10 | 28 | 1,25 | 5,91 | | | | 30,50 | 3,32 | | | |
| | 11 | 28 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 12 | 28 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média | DP | CV | TEMPO | V. U. S. | Média | DP | CV |
|-----------|----|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
| | | | T | Mpa | MPa | MPa | % | ms | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:3,5 | 1 | 7 | 1,16 | 5,94 | 9,241 | 3,459 | 37,43 | 35,60 | 2,79 | 3,168 | 0,381 | 12,02 |
| | 2 | 7 | 1,36 | 6,58 | | | | 35,30 | 2,89 | | | |
| | 3 | 7 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 4 | 7 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 5 | 14 | 1,38 | 6,84 | 9,587 | 3,051 | 31,82 | 31,00 | 3,23 | 3,366 | 0,152 | 4,52 |
| | 6 | 14 | 1,46 | 7,07 | | | | 31,60 | 3,24 | | | |
| | 7 | 14 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 8 | 14 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 9 | 28 | 1,71 | 7,96 | 10,114 | 2,444 | 24,16 | 30,90 | 3,29 | 3,406 | 0,109 | 3,19 |
| | 10 | 28 | 1,69 | 8,05 | | | | 30,80 | 3,34 | | | |
| | 11 | 28 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 12 | 28 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média | DP | CV | TEMPO | V. U. S. | Média | DP | CV |
|-------|----|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
| | | | T | Mpa | MPa | MPa | % | ms | km/s | km/s | km/s | km/s |
| 1:1:3 | 1 | 7 | 0,59 | 2,89 | 7,644 | 5,293 | 69,24 | 30,07 | 3,36 | 3,433 | 0,078 | 2,27 |
| | 2 | 7 | 0,675 | 3,24 | | | | 30,07 | 3,38 | | | |
| | 3 | 7 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 4 | 7 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 5 | 14 | 1,05 | 5,06 | 8,773 | 3,993 | 45,52 | 37,70 | 2,68 | 3,107 | 0,451 | 14,50 |
| | 6 | 14 | 1,15 | 5,59 | | | | 36,70 | 2,75 | | | |
| | 7 | 14 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 8 | 14 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 9 | 28 | 1,66 | 7,79 | 9,982 | 2,595 | 26,00 | 34,10 | 2,96 | 3,235 | 0,302 | 9,34 |
| | 10 | 28 | 1,66 | 7,70 | | | | 33,70 | 2,99 | | | |
| | 11 | 28 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 12 | 28 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média | DP | CV | TEMPO | V. U. S. | Média | DP | CV |
|-------|----|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
| | | | T | Mpa | MPa | MPa | % | ms | km/s | km/s | km/s | km/s |
| 1:0:5 | 1 | 7 | 0,41 | 1,99 | 7,095 | 5,924 | 83,49 | 39,50 | 2,55 | 3,036 | 0,532 | 17,52 |
| | 2 | 7 | 0,405 | 1,94 | | | | 39,00 | 2,60 | | | |
| | 3 | 7 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 4 | 7 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 5 | 14 | 0,525 | 2,54 | 7,545 | 5,411 | 71,72 | 37,50 | 2,71 | 3,112 | 0,444 | 14,27 |
| | 6 | 14 | 0,66 | 3,19 | | | | 36,50 | 2,75 | | | |
| | 7 | 14 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 8 | 14 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 9 | 28 | 1,31 | 6,32 | 9,087 | 3,638 | 40,04 | 33,40 | 3,04 | 3,185 | 0,383 | 12,04 |
| | 10 | 28 | 1,15 | 5,59 | | | | 37,50 | 2,71 | | | |
| | 11 | 28 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 12 | 28 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média | DP | CV | TEMPO | V. U. S. | Média | DP | CV |
|-----------|----|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
| | | | T | Mpa | MPa | MPa | % | ms | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:4,5 | 1 | 7 | 0,6 | 2,88 | 7,672 | 5,262 | 68,59 | 39,50 | 2,55 | 3,051 | 0,516 | 16,92 |
| | 2 | 7 | 0,7 | 3,36 | | | | 37,90 | 2,66 | | | |
| | 3 | 7 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 4 | 7 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 5 | 14 | 0,89 | 4,29 | 8,398 | 4,426 | 52,70 | 37,30 | 2,71 | 3,151 | 0,407 | 12,90 |
| | 6 | 14 | 1 | 4,86 | | | | 34,30 | 2,91 | | | |
| | 7 | 14 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 8 | 14 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 9 | 28 | 1,72 | 8,26 | 10,209 | 2,335 | 22,87 | 31,70 | 3,16 | 3,218 | 0,368 | 11,43 |
| | 10 | 28 | 1,68 | 8,13 | | | | 36,60 | 2,72 | | | |
| | 11 | 28 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 12 | 28 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média | DP | CV | TEMPO | V. U. S. | Média | DP | CV |
|-------|----|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
| | | | T | Mpa | MPa | MPa | % | ms | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1:4 | 1 | 7 | 0,455 | 2,19 | 7,193 | 5,810 | 80,78 | 41,40 | 2,43 | 2,959 | 0,620 | 20,95 |
| | 2 | 7 | 0,45 | 2,14 | | | | 41,60 | 2,42 | | | |
| | 3 | 7 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 4 | 7 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 5 | 14 | 0,63 | 2,92 | 7,706 | 5,223 | 67,77 | 40,20 | 2,50 | 3,018 | 0,553 | 18,33 |
| | 6 | 14 | 0,715 | 3,46 | | | | 38,90 | 2,59 | | | |
| | 7 | 14 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 8 | 14 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 9 | 28 | 1,52 | 7,27 | 9,465 | 3,223 | 34,05 | 37,40 | 2,68 | 3,122 | 0,435 | 13,94 |
| | 10 | 28 | 1,28 | 6,15 | | | | 35,50 | 2,82 | | | |
| | 11 | 28 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 12 | 28 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média | DP | CV | TEMPO | V. U. S. | Média | DP | CV |
|-------|----|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|----------|-------|-------|-------|
| | | | T | Mpa | MPa | MPa | % | ms | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0:6 | 1 | 7 | 0,34 | 0,17 | 6,190 | 6,968 | 112,55 | 44,60 | 2,23 | 2,868 | 0,726 | 25,31 |
| | 2 | 7 | 0,3 | 0,15 | | | | 44,30 | 2,25 | | | |
| | 3 | 7 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 4 | 7 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 5 | 14 | 0,45 | 2,23 | 7,226 | 5,772 | 79,88 | 41,50 | 2,41 | 2,953 | 0,628 | 21,25 |
| | 6 | 14 | 0,45 | 2,23 | | | | 41,50 | 2,41 | | | |
| | 7 | 14 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 8 | 14 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 9 | 28 | 0,96 | 4,78 | 8,396 | 4,426 | 52,71 | 35,70 | 2,79 | 3,106 | 0,455 | 14,64 |
| | 10 | 28 | 0,87 | 4,36 | | | | 37,70 | 2,64 | | | |
| | 11 | 28 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 12 | 28 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média | DP | CV | TEMPO | V. U. S. | Média | DP | CV |
|-----------|----|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
| | | | T | Mpa | MPa | MPa | % | ms | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:0,5:5,5 | 1 | 7 | 0,395 | 1,97 | 7,152 | 5,859 | 81,92 | 41,00 | 2,40 | 2,949 | 0,631 | 21,40 |
| | 2 | 7 | 0,44 | 2,20 | | | | 41,30 | 2,40 | | | |
| | 3 | 7 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 4 | 7 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 5 | 14 | 0,69 | 3,42 | 7,816 | 5,091 | 65,14 | 36,80 | 2,68 | 3,077 | 0,484 | 15,74 |
| | 6 | 14 | 0,67 | 3,40 | | | | 37,30 | 2,64 | | | |
| | 7 | 14 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 8 | 14 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 9 | 28 | 1,44 | 7,14 | 9,648 | 2,980 | 30,89 | 35,40 | 2,78 | 3,173 | 0,378 | 11,91 |
| | 10 | 28 | 1,42 | 7,01 | | | | 33,80 | 2,92 | | | |
| | 11 | 28 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 12 | 28 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |

| TRAÇO | CP | IDADE | FORÇA | TENSÃO | Média | DP | CV | TEMPO | V. U. S. | Média | DP | CV |
|-------|----|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
| | | | T | Mpa | MPa | MPa | % | ms | km/s | km/s | km/s | % |
| 1:1,5 | 1 | 7 | 0,42 | 2,10 | 7,133 | 5,880 | 82,43 | 42,60 | 2,34 | 2,877 | 0,717 | 24,93 |
| | 2 | 7 | 0,4 | 1,99 | | | | 45,50 | 2,18 | | | |
| | 3 | 7 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 4 | 7 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 5 | 14 | 0,61 | 2,93 | 7,605 | 5,335 | 70,15 | 40,30 | 2,51 | 2,933 | 0,659 | 22,48 |
| | 6 | 14 | 0,615 | 3,05 | | | | 44,60 | 2,24 | | | |
| | 7 | 14 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 8 | 14 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |
| | 9 | 28 | 1,08 | 5,19 | 8,830 | 3,928 | 44,49 | 37,10 | 2,71 | 3,091 | 0,469 | 15,16 |
| | 10 | 28 | 1,18 | 5,69 | | | | 38,00 | 2,66 | | | |
| | 11 | 28 | 2,50 | 11,96 | | | | 29,50 | 3,46 | | | |
| | 12 | 28 | 2,61 | 12,48 | | | | 28,50 | 3,53 | | | |

ANEXO C – APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA 2ª ETAPA, COM A AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA

RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL E VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDA ULTRASSÔNICA – 180 mm

| RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL | | | | | | | | VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DO PULSO ULTRASSÔNICO | | | | | |
|---|----|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--|-------|------------|-------|-------|------|
| TRAÇOS | CP | IDADE | Força | Carga | Média | DP | CV | Altura | Tempo | Velocidade | Média | DP | CV |
| | | | (Tf) | (MPa) | MPa | MPa | % | cm | µs | km/s | MPa | MPa | % |
| 1:0:3 | 1 | 7 | 2,33 | 2,903 | 2,551 | 0,274 | 10,74 | 10,02 | 25,7 | 3,899 | 3,831 | 0,055 | 1,43 |
| | 2 | 7 | 1,78 | 2,236 | | | | 9,94 | 26,4 | 3,765 | | | |
| | 3 | 7 | 2,01 | 2,512 | | | | 9,99 | 26,1 | 3,828 | | | |
| | 4 | 7 | 2,04 | 2,55 | | | | 9,98 | 26,07 | 3,83 | | | |
| | 5 | 14 | 2,19 | 2,748 | 2,748 | 0,004 | 0,14 | 9,95 | 23,1 | 4,307 | 4,247 | 0,056 | 1,31 |
| | 6 | 14 | 2,18 | 2,752 | | | | 9,89 | 23,7 | 4,173 | | | |
| | 7 | 14 | 2,19 | 2,743 | | | | 9,97 | 23,4 | 4,261 | | | |
| | 8 | 14 | 2,19 | 2,75 | | | | 9,94 | 23,40 | 4,25 | | | |
| | 9 | 28 | 3,70 | 4,625 | 4,284 | 0,268 | 6,26 | 9,99 | 22,6 | 4,420 | 4,423 | 0,002 | 0,04 |
| | 10 | 28 | 3,35 | 4,260 | | | | 9,82 | 22,2 | 4,423 | | | |
| | 11 | 28 | 3,15 | 3,969 | | | | 9,91 | 22,4 | 4,424 | | | |
| | 12 | 28 | 3,40 | 4,28 | | | | 9,91 | 22,40 | 4,42 | | | |

| RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL | | | | | | | | VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DO PULSO ULTRASSÔNICO | | | | | |
|---|----|-------|--------|-------|-------|-------|------|--|-------|------------|-------|-------|------|
| TRAÇOS | CP | IDADE | Força | Carga | Média | DP | CV | Altura | Tempo | Velocidade | Média | DP | CV |
| | | | (Tf) | (MPa) | MPa | MPa | % | cm | µs | km/s | MPa | MPa | % |
| 1:1:2 | 1 | 7 | 0,74 | 0,924 | 0,965 | 0,034 | 3,51 | 10 | 40,9 | 2,445 | 2,429 | 0,013 | 0,53 |
| | 2 | 7 | 0,80 | 1,007 | | | | 9,92 | 41,1 | 2,414 | | | |
| | 3 | 7 | 0,77 | 0,965 | | | | 9,96 | 41 | 2,429 | | | |
| | 4 | 7 | 0,77 | 0,97 | | | | 9,96 | 41,00 | 2,43 | | | |
| | 5 | 14 | 0,81 | 1,025 | 1,172 | 0,111 | 9,50 | 9,87 | 34,8 | 2,836 | 2,824 | 0,012 | 0,42 |
| | 6 | 14 | 1,03 | 1,294 | | | | 9,94 | 35,4 | 2,808 | | | |
| | 7 | 14 | 0,95 | 1,198 | | | | 9,9 | 35 | 2,829 | | | |
| | 8 | 14 | 0,93 | 1,17 | | | | 9,90 | 35,07 | 2,82 | | | |
| | 9 | 28 | 1,10 | 1,371 | 1,463 | 0,087 | 5,94 | 10,015 | 33,4 | 2,999 | 3,040 | 0,045 | 1,49 |
| | 10 | 28 | 1,26 | 1,580 | | | | 9,96 | 32,1 | 3,103 | | | |
| | 11 | 28 | 1,15 | 1,437 | | | | 9,99 | 33,1 | 3,018 | | | |
| | 12 | 28 | 1,17 | 1,46 | | | | 9,99 | 32,87 | 3,04 | | | |

| RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESÃO DIAMETRAL | | | | | | | | VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DO PULSO ULTRASSÔNICO | | | | | |
|--|----|-------|------------|-------------|-----------|--------|------|--|---------------|-----------------|-----------|--------|------|
| TRAÇOS | CP | IDADE | Força (Tf) | Carga (MPa) | Média MPa | DP MPa | CV % | Altura cm | Tempo μ s | Velocidade km/s | Média MPa | DP MPa | CV % |
| 1:0:7 | 1 | 7 | 0,96 | 1,206 | 1,205 | 0,007 | 0,55 | 9,94 | 33,4 | 2,976 | 3,010 | 0,025 | 0,84 |
| | 2 | 7 | 0,96 | 1,196 | | | | 10,02 | 33 | 3,036 | | | |
| | 3 | 7 | 0,97 | 1,212 | | | | 9,99 | 33,1 | 3,018 | | | |
| | 4 | 7 | 0,96 | 1,20 | | | | 9,98 | 33,17 | 3,01 | | | |
| | 5 | 14 | 1,05 | 1,350 | 1,411 | 0,047 | 3,36 | 9,71 | 28,2 | 3,443 | 3,383 | 0,048 | 1,42 |
| | 6 | 14 | 1,14 | 1,466 | | | | 9,71 | 29,2 | 3,325 | | | |
| | 7 | 14 | 1,10 | 1,416 | | | | 9,7 | 28,7 | 3,380 | | | |
| | 8 | 14 | 1,10 | 1,41 | | | | 9,71 | 28,70 | 3,38 | | | |
| | 9 | 28 | 1,67 | 2,052 | 1,912 | 0,110 | 5,75 | 10,16 | 26,5 | 3,834 | 3,825 | 0,009 | 0,23 |
| | 10 | 28 | 1,46 | 1,784 | | | | 10,22 | 26,7 | 3,828 | | | |
| | 11 | 28 | 1,55 | 1,901 | | | | 10,18 | 26,7 | 3,813 | | | |
| | 12 | 28 | 1,56 | 1,91 | | | | 10,19 | 26,63 | 3,82 | | | |

| RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESÃO DIAMETRAL | | | | | | | | VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DO PULSO ULTRASSÔNICO | | | | | |
|--|----|-------|------------|-------------|-----------|--------|------|--|---------------|-----------------|-----------|--------|------|
| TRAÇOS | CP | IDADE | Força (Tf) | Carga (MPa) | Média MPa | DP MPa | CV % | Altura cm | Tempo μ s | Velocidade km/s | Média MPa | DP MPa | CV % |
| 1:1:6 | 1 | 7 | 0,52 | 0,642 | 0,687 | 0,040 | 5,88 | 10,12 | 45,2 | 2,239 | 2,334 | 0,072 | 3,07 |
| | 2 | 7 | 0,60 | 0,740 | | | | 10,13 | 42 | 2,412 | | | |
| | 3 | 7 | 0,55 | 0,679 | | | | 10,11 | 43 | 2,351 | | | |
| | 4 | 7 | 0,56 | 0,69 | | | | 10,12 | 43,40 | 2,33 | | | |
| | 5 | 14 | 0,71 | 0,852 | 0,861 | 0,012 | 1,44 | 10,41 | 40,7 | 2,558 | 2,661 | 0,124 | 4,64 |
| | 6 | 14 | 0,71 | 0,879 | | | | 10,09 | 35,6 | 2,834 | | | |
| | 7 | 14 | 0,72 | 0,853 | | | | 10,54 | 40,7 | 2,590 | | | |
| | 8 | 14 | 0,71 | 0,86 | | | | 10,35 | 39,00 | 2,66 | | | |
| | 9 | 28 | 1,03 | 1,312 | 1,226 | 0,071 | 5,83 | 9,8 | 34,2 | 2,865 | 2,858 | 0,115 | 4,01 |
| | 10 | 28 | 0,90 | 1,137 | | | | 9,88 | 33 | 2,994 | | | |
| | 11 | 28 | 0,97 | 1,230 | | | | 9,85 | 36,3 | 2,713 | | | |
| | 12 | 28 | 0,97 | 1,23 | | | | 9,84 | 34,50 | 2,86 | | | |

| RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESÃO DIAMETRAL | | | | | | | VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DO PULSO ULTRASSÔNICO | | | | | | |
|--|----|-------|---------------|----------------|--------------|-----------|--|--------------|-------------|--------------------|--------------|-----------|---------|
| TRAÇOS | CP | IDADE | Força (Tf) | Carga (MPa) | Média MPa | DP MPa | CV % | Altura cm | Tempo µs | Velocidade km/s | Média MPa | DP MPa | CV % |
| 1:0:10 | 1 | 7 | 0,38 | 0,456 | 0,496 | 0,037 | 7,49 | 10,4 | 45,3 | 2,296 | 2,166 | 0,098 | 4,51 |
| | 2 | 7 | 0,40 | 0,486 | | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 0,45 | 0,546 | | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 0,41 | 0,50 | | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 0,42 | 0,531 | 0,568 | 0,033 | 5,82 | 9,88 | 38,6 | 2,560 | 2,574 | 0,010 | 0,39 |
| | 6 | 14 | 0,49 | 0,611 | | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 0,45 | 0,562 | | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 0,45 | 0,57 | | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 0,74 | 0,924 | 0,948 | 0,018 | 1,89 | 10 | 32,8 | 3,049 | 2,927 | 0,086 | 2,94 |
| | 10 | 28 | 0,76 | 0,967 | | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 0,76 | 0,952 | | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 0,75 | 0,95 | | | | | | | | | |

| RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESÃO DIAMETRAL | | | | | | | VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DO PULSO ULTRASSÔNICO | | | | | | |
|--|----|-------|---------------|----------------|--------------|-----------|--|--------------|-------------|--------------------|--------------|-----------|---------|
| TRAÇOS | CP | IDADE | Força (Tf) | Carga (MPa) | Média MPa | DP MPa | CV % | Altura cm | Tempo µs | Velocidade km/s | Média MPa | DP MPa | CV % |
| 1:1:9 | 1 | 7 | 0,63 | 0,791 | 0,727 | 0,065 | 8,94 | 9,94 | 47 | 2,115 | 2,088 | 0,019 | 0,90 |
| | 2 | 7 | 0,51 | 0,638 | | | | | | | | | |
| | 3 | 7 | 0,60 | 0,752 | | | | | | | | | |
| | 4 | 7 | 0,58 | 0,73 | | | | | | | | | |
| | 5 | 14 | 0,61 | 0,769 | 0,750 | 0,026 | 3,41 | 9,91 | 37,6 | 2,636 | 2,543 | 0,076 | 2,99 |
| | 6 | 14 | 0,57 | 0,714 | | | | | | | | | |
| | 7 | 14 | 0,61 | 0,768 | | | | | | | | | |
| | 8 | 14 | 0,60 | 0,75 | | | | | | | | | |
| | 9 | 28 | 0,63 | 0,793 | 0,870 | 0,061 | 7,00 | 9,92 | 36,5 | 2,718 | 2,719 | 0,020 | 0,74 |
| | 10 | 28 | 0,74 | 0,942 | | | | | | | | | |
| | 11 | 28 | 0,70 | 0,875 | | | | | | | | | |
| | 12 | 28 | 0,69 | 0,87 | | | | | | | | | |

RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL E VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDA ULTRASSÔNICA – 210 mm

| RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESÃO DIAMETRAL | | | | | | | | VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DO PULSO ULTRASSÔNICO | | | | | | |
|--|----|-------|--------|-------|-------|-------|------|--|-------|------------|-------|-------|-------|--------|
| TRAÇOS | CP | IDADE | Força | Carga | Média | DP | CV | Altura | Tempo | Velocidade | Média | DP | CV | TRAÇOS |
| | | | (Tf) | (MPa) | MPa | MPa | % | cm | µs | km/s | MPa | MPa | % | |
| 1:0:3 | 1 | 7 | 1,41 | 1,733 | 1,840 | 0,081 | 4,41 | 9,90 | 5,13 | 28,4 | 3,486 | 3,489 | 0,004 | 0,11 |
| | 2 | 7 | 1,55 | 1,930 | | | | 9,87 | 5,08 | 28,3 | 3,488 | | | |
| | 3 | 7 | 1,50 | 1,857 | | | | 9,89 | 5,10 | 28,3 | 3,495 | | | |
| | 4 | 7 | 1,49 | 1,84 | | | | 9,89 | 5,10 | 28,3 | 3,49 | | | |
| | 5 | 14 | 1,73 | 2,165 | 2,476 | 0,228 | 9,19 | 9,86 | 5,06 | 25,6 | 3,852 | 3,774 | 0,060 | 1,60 |
| | 6 | 14 | 2,16 | 2,704 | | | | 9,78 | 5,1 | 26,4 | 3,705 | | | |
| | 7 | 14 | 2,01 | 2,558 | | | | 9,83 | 4,99 | 26,1 | 3,766 | | | |
| | 8 | 14 | 1,97 | 2,48 | | | | 9,82 | 5,05 | 26,0 | 3,77 | | | |
| | 9 | 28 | 2,10 | 2,705 | 3,085 | 0,270 | 8,74 | 9,77 | 4,96 | 20,8 | 4,697 | 4,621 | 0,065 | 1,40 |
| | 10 | 28 | 2,69 | 3,306 | | | | 9,94 | 5,11 | 21,9 | 4,539 | | | |
| | 11 | 28 | 2,59 | 3,244 | | | | 9,95 | 5,01 | 21,5 | 4,628 | | | |
| | 12 | 28 | 2,46 | 3,09 | | | | 9,89 | 5,03 | 21,4 | 4,62 | | | |

| RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESÃO DIAMETRAL | | | | | | | | VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DO PULSO ULTRASSÔNICO | | | | | | |
|--|----|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--|-------|------------|-------|-------|-------|--------|
| TRAÇOS | CP | IDADE | Força | Carga | Média | DP | CV | Altura | Tempo | Velocidade | Média | DP | CV | TRAÇOS |
| | | | (Tf) | (MPa) | MPa | MPa | % | cm | µs | km/s | MPa | MPa | % | |
| 1:1:2 | 1 | 7 | 0,64 | 0,783 | 0,812 | 0,029 | 3,61 | 10,00 | 5,10 | 47,0 | 2,128 | 2,161 | 0,026 | 1,21 |
| | 2 | 7 | 0,71 | 0,852 | | | | 10,06 | 5,17 | 46,5 | 2,163 | | | |
| | 3 | 7 | 0,68 | 0,800 | | | | 10,30 | 5,15 | 47,0 | 2,191 | | | |
| | 4 | 7 | 0,68 | 0,81 | | | | 10,12 | 5,14 | 46,8 | 2,16 | | | |
| | 5 | 14 | 0,88 | 1,071 | 1,121 | 0,044 | 3,92 | 10,02 | 5,12 | 40,3 | 2,486 | 2,495 | 0,011 | 0,44 |
| | 6 | 14 | 0,93 | 1,178 | | | | 9,84 | 5,01 | 39,2 | 2,510 | | | |
| | 7 | 14 | 0,90 | 1,114 | | | | 9,95 | 5,07 | 40,0 | 2,488 | | | |
| | 8 | 14 | 0,90 | 1,12 | | | | 9,94 | 5,07 | 39,8 | 2,49 | | | |
| | 9 | 28 | 1,36 | 1,660 | 1,532 | 0,170 | 11,12 | 10,03 | 5,1 | 32,8 | 3,058 | 3,087 | 0,027 | 0,88 |
| | 10 | 28 | 1,06 | 1,291 | | | | 10,13 | 5,06 | 32,9 | 3,079 | | | |
| | 11 | 28 | 1,35 | 1,644 | | | | 10,15 | 5,05 | 32,5 | 3,123 | | | |
| | 12 | 28 | 1,26 | 1,53 | | | | 10,10 | 5,07 | 32,7 | 3,09 | | | |

| RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL | | | | | | | | VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO ULTRASONICA | | | | | | |
|---|----|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------------------------------------|-------|------------|-------|-------|-------|--------|
| TRAÇOS | CP | IDADE | Força | Carga | Média | DP | CV | Altura | Tempo | Velocidade | Média | DP | CV | TRAÇOS |
| | | | (Tf) | (MPa) | MPa | MPa | % | cm | µs | km/s | MPa | MPa | % | |
| 1:0:7 | 1 | 7 | 0,76 | 0,933 | 0,980 | 0,038 | 3,92 | 9,97 | 5,10 | 37,8 | 2,638 | 2,696 | 0,044 | 1,63 |
| | 2 | 7 | 0,84 | 1,027 | | | | 10,07 | 5,07 | 36,7 | 2,744 | | | |
| | 3 | 7 | 0,80 | 0,980 | | | | 10,01 | 5,09 | 37,0 | 2,705 | | | |
| | 4 | 7 | 0,80 | 0,98 | | | | 10,02 | 5,09 | 37,2 | 2,70 | | | |
| | 5 | 14 | 1,08 | 1,343 | 1,326 | 0,020 | 1,52 | 9,88 | 5,08 | 33,9 | 2,914 | 3,007 | 0,095 | 3,15 |
| | 6 | 14 | 1,06 | 1,298 | | | | 10,04 | 5,08 | 32,0 | 3,138 | | | |
| | 7 | 14 | 1,08 | 1,337 | | | | 9,95 | 5,07 | 33,5 | 2,970 | | | |
| | 8 | 14 | 1,07 | 1,33 | | | | 9,96 | 5,08 | 33,1 | 3,01 | | | |
| | 9 | 28 | 1,44 | 1,760 | 1,781 | 0,015 | 0,87 | 9,92 | 5,15 | 25,5 | 3,890 | 3,967 | 0,067 | 1,69 |
| | 10 | 28 | 1,45 | 1,795 | | | | 9,85 | 5,12 | 24,3 | 4,053 | | | |
| | 11 | 28 | 1,46 | 1,789 | | | | 9,93 | 5,13 | 25,1 | 3,956 | | | |
| | 12 | 28 | 1,45 | 1,78 | | | | 9,90 | 5,13 | 25,0 | 3,97 | | | |

| RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL | | | | | | | | VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DO PULSO ULTRASSÔNICO | | | | | | |
|---|----|-------|-------|-------|-------|-------|------|--|-------|------------|-------|-------|-------|--------|
| TRAÇOS | CP | IDADE | Força | Carga | Média | DP | CV | Altura | Tempo | Velocidade | Média | DP | CV | TRAÇOS |
| | | | (Tf) | (MPa) | MPa | MPa | % | cm | µs | km/s | MPa | MPa | % | |
| 1:1:6 | 1 | 7 | 0,51 | 0,632 | 0,615 | 0,016 | 2,61 | 9,92 | 5,08 | 46,4 | 2,138 | 2,093 | 0,044 | 2,12 |
| | 2 | 7 | 0,48 | 0,593 | | | | 9,92 | 5,09 | 48,8 | 2,033 | | | |
| | 3 | 7 | 0,50 | 0,620 | | | | 9,91 | 5,08 | 47,0 | 2,109 | | | |
| | 4 | 7 | 0,50 | 0,62 | | | | 9,92 | 5,08 | 47,4 | 2,09 | | | |
| | 5 | 14 | 0,66 | 0,814 | 0,846 | 0,023 | 2,77 | 9,94 | 5,09 | 40,8 | 2,436 | 2,392 | 0,053 | 2,21 |
| | 6 | 14 | 0,70 | 0,871 | | | | 9,92 | 5,06 | 42,8 | 2,318 | | | |
| | 7 | 14 | 0,69 | 0,852 | | | | 9,93 | 5,09 | 41,0 | 2,422 | | | |
| | 8 | 14 | 0,68 | 0,85 | | | | 9,93 | 5,08 | 41,5 | 2,39 | | | |
| | 9 | 28 | 0,84 | 1,085 | 1,146 | 0,048 | 4,16 | 9,69 | 4,99 | 31,6 | 3,066 | 2,878 | 0,155 | 5,38 |
| | 10 | 28 | 0,91 | 1,201 | | | | 9,54 | 4,96 | 35,5 | 2,687 | | | |
| | 11 | 28 | 0,88 | 1,153 | | | | 9,59 | 4,97 | 33,3 | 2,880 | | | |
| | 12 | 28 | 0,88 | 1,15 | | | | 9,61 | 4,97 | 33,5 | 2,88 | | | |

| RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESÃO DIAMETRAL | | | | | | | | VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DO PULSO ULTRASSÔNICO | | | | | | |
|--|----|-------|--------|-------|-------|-------|------|--|-------|------------|-------|-------|-------|--------|
| TRAÇOS | CP | IDADE | Força | Carga | Média | DP | CV | Altura | Tempo | Velocidade | Média | DP | CV | TRAÇOS |
| | | | (Tf) | (MPa) | MPa | MPa | % | cm | µs | km/s | MPa | MPa | % | |
| 1:0:10 | 1 | 7 | 0,56 | 0,714 | 0,723 | 0,007 | 1,02 | 9,800 | 5,000 | 38,9 | 2,519 | 2,458 | 0,049 | 1,98 |
| | 2 | 7 | 0,58 | 0,732 | | | | 9,840 | 5,030 | 41,0 | 2,400 | | | |
| | 3 | 7 | 0,58 | 0,723 | | | | 9,820 | 5,100 | 40,0 | 2,455 | | | |
| | 4 | 7 | 0,57 | 0,72 | | | | 9,82 | 5,04 | 40,0 | 2,46 | | | |
| | 5 | 14 | 0,73 | 0,917 | 0,899 | 0,013 | 1,49 | 9,960 | 4,990 | 35,1 | 2,838 | 2,724 | 0,088 | 3,24 |
| | 6 | 14 | 0,69 | 0,885 | | | | 9,730 | 5,000 | 37,1 | 2,623 | | | |
| | 7 | 14 | 0,71 | 0,894 | | | | 9,900 | 5,010 | 36,5 | 2,712 | | | |
| | 8 | 14 | 0,71 | 0,90 | | | | 9,86 | 5,00 | 36,2 | 2,72 | | | |
| | 9 | 28 | 0,99 | 1,208 | 1,265 | 0,041 | 3,27 | 9,990 | 5,120 | 28,4 | 3,518 | 3,400 | 0,102 | 3,00 |
| | 10 | 28 | 1,07 | 1,306 | | | | 10,330 | 4,950 | 31,6 | 3,269 | | | |
| | 11 | 28 | 1,05 | 1,279 | | | | 10,270 | 4,990 | 30,1 | 3,412 | | | |
| | 12 | 28 | 1,04 | 1,26 | | | | 10,20 | 5,02 | 30,0 | 3,40 | | | |

| RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESÃO AXIAL | | | | | | | | VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DO PULSO ULTRASSÔNICO | | | | | | |
|--|----|-------|--------|-------|-------|-------|------|--|-------|------------|-------|-------|-------|--------|
| TRAÇOS | CP | IDADE | Força | Carga | Média | DP | CV | Altura | Tempo | Velocidade | Média | DP | CV | TRAÇOS |
| | | | (Tf) | (MPa) | MPa | MPa | % | cm | µs | km/s | MPa | MPa | % | |
| 1:1:9 | 1 | 7 | 0,34 | 0,429 | 0,474 | 0,032 | 6,71 | 9,92 | 4,99 | 47,7 | 2,080 | 2,000 | 0,075 | 3,77 |
| | 2 | 7 | 0,41 | 0,498 | | | | 10,12 | 5,08 | 53,3 | 1,899 | | | |
| | 3 | 7 | 0,40 | 0,495 | | | | 10,00 | 5,05 | 49,5 | 2,020 | | | |
| | 4 | 7 | 0,38 | 0,47 | | | | 10,01 | 5,04 | 50,2 | 2,00 | | | |
| | 5 | 14 | 0,58 | 0,722 | 0,727 | 0,004 | 0,49 | 10,05 | 4,99 | 42,4 | 2,370 | 2,423 | 0,039 | 1,61 |
| | 6 | 14 | 0,58 | 0,731 | | | | 9,91 | 5,00 | 40,7 | 2,435 | | | |
| | 7 | 14 | 0,60 | 0,727 | | | | 10,10 | 5,10 | 41,0 | 2,463 | | | |
| | 8 | 14 | 0,59 | 0,73 | | | | 10,02 | 5,03 | 41,4 | 2,42 | | | |
| | 9 | 28 | 0,69 | 0,847 | 0,937 | 0,090 | 9,65 | 9,95 | 5,11 | 32,8 | 3,034 | 3,092 | 0,044 | 1,42 |
| | 10 | 28 | 0,84 | 1,061 | | | | 9,89 | 5,00 | 31,5 | 3,140 | | | |
| | 11 | 28 | 0,76 | 0,903 | | | | 9,90 | 5,31 | 31,9 | 3,103 | | | |
| | 12 | 28 | 0,76 | 0,94 | | | | 9,91 | 5,14 | 32,1 | 3,09 | | | |

DUREZA SUPERFICIAL PELO ESCLERÔMETRO DE REFLEXÃO - 180 mm

| ESCLEROMETRIA – 180 mm | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|-------|-------|
| TRAÇO | CP | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 | L7 | L8 | L9 | MEDIA | SUP | INF |
| | 4 | 21 | 23 | 21 | 22 | 23 | 24 | 21 | 23 | 21 | 22,11 | 24,32 | 19,90 |
| TRAÇO | CP | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 | L7 | L8 | L9 | MEDIA | SUP | INF |
| 01:01:02 | 1 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8,00 | 8,80 | 7,20 |
| TRAÇO | CP | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 | L7 | L8 | L9 | MEDIA | SUP | INF |
| 01:00:07 | 1 | 12 | 12 | 12 | 12 | 14 | 14 | | | 14 | 12,86 | 14,14 | 11,57 |
| TRAÇO | CP | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 | L7 | L8 | L9 | MEDIA | SUP | INF |
| 01:01:06 | 1 | 11 | 11 | 9 | | 10 | 10 | 10 | 9 | 10 | 10,00 | 11,00 | 9,00 |
| TRAÇO | CP | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 | L7 | L8 | L9 | MEDIA | SUP | INF |
| 01:00:10 | 1 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | | 10 | | 9,86 | 10,84 | 8,87 |
| TRAÇO | CP | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 | L7 | L8 | L9 | MEDIA | SUP | INF |
| 01:01:09 | 1 | 8 | 8 | 8 | 9 | 8 | 8 | | 8 | 8 | 8,13 | 8,94 | 7,31 |

DUREZA SUPERFICIAL PELO ESCLERÔMETRO DE REFLEXÃO - 210 mm

| ESCLEROMETRIA – 210 mm | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|-------|-------|
| TRAÇO | CP | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 | L7 | L8 | L9 | MEDIA | SUP | INF |
| 01:00:03 | 1 | 16 | 17 | 16 | 16 | 18 | 18 | 15 | 16 | 18 | 16,67 | 18,33 | 15,00 |
| TRAÇO | CP | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 | L7 | L8 | L9 | MEDIA | SUP | INF |
| 01:01:02 | 1 | 10 | 15 | 12 | 14 | | 10 | 12 | 12 | 12 | 12,13 | 13,34 | 10,91 |
| TRAÇO | CP | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 | L7 | L8 | L9 | MEDIA | SUP | INF |
| 01:00:07 | 1 | 12 | 12 | 11 | 12 | 11 | 12 | 10 | | 12 | 11,50 | 12,65 | 10,35 |
| TRAÇO | CP | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 | L7 | L8 | L9 | MEDIA | SUP | INF |
| 01:01:06 | 1 | 9 | 8 | 8 | 8 | 13 | 8 | 9 | 9 | 8 | 8,89 | 9,78 | 8,00 |
| TRAÇO | CP | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 | L7 | L8 | L9 | MEDIA | SUP | INF |
| 01:00:10 | 1 | 8 | 8 | 8 | 8 | | | 8 | 8 | 8 | 8,00 | 8,80 | 7,20 |
| TRAÇO | CP | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 | L7 | L8 | L9 | MEDIA | SUP | INF |
| 01:01:09 | 1 | 10 | 10 | 10 | 9 | 9 | 10 | | 9 | 10 | 9,63 | 10,59 | 8,60 |

ABSORÇÃO POR CALIARIDADE - 180 mm

| TRAÇO | CP | Absorção To (g) | Absorção 10 min (g) | Absorção 90 min (g) | Absorção 3 h (g) | Absorção 6 h (g) | Absorção 12 h (g) | Absorção 24 h (g) | Absorção 72 h (g) | Coefficiente de Capilaridade |
|----------|----|-----------------|---------------------|---------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|
| 01:00:03 | 1 | 0,00 | 0,08 | 0,12 | 0,17 | 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,19 | 0,70 |
| | 2 | 0,00 | 0,09 | 0,12 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,20 | 0,65 |
| | 3 | 0,00 | 0,09 | 0,12 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,19 | 0,67 |
| | 4 | 0,00 | 0,09 | 0,12 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,20 | 0,65 |
| MÉDIA | | 0,00 | 0,09 | 0,12 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,19 | 0,67 |
| DP | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| CV | | | 2,53% | 1,04% | 6,09% | 0,67% | 0,99% | 0,11% | 0,17% | 2,80% |

| TRAÇO | CP | Absorção To (g) | Absorção 10 min (g) | Absorção 90 min (g) | Absorção 3 h (g) | Absorção 6 h (g) | Absorção 12 h (g) | Absorção 24 h (g) | Absorção 72 h (g) | Coefficiente de Capilaridade |
|----------|----|-----------------|---------------------|---------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|
| 01:01:02 | 1 | 0,00 | 0,31 | 0,49 | 0,62 | 0,75 | 0,95 | 1,05 | 1,22 | 3,38 |
| | 2 | 0,00 | 0,24 | 0,39 | 0,52 | 0,65 | 0,96 | 1,02 | 1,04 | 2,91 |
| | 3 | 0,00 | 0,28 | 0,44 | 0,57 | 0,70 | 0,95 | 1,03 | 1,13 | 3,14 |
| | 4 | 0,00 | 0,24 | 0,39 | 0,52 | 0,65 | 0,96 | 1,02 | 1,04 | 2,91 |
| MÉDIA | | 0,00 | 0,27 | 0,43 | 0,55 | 0,69 | 0,95 | 1,03 | 1,11 | 3,09 |
| DP | | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 0,01 | 0,07 | 0,18 |
| CV | | | 9,70% | 8,17% | 6,78% | 5,45% | 0,39% | 0,99% | 6,39% | 5,71% |

| TRAÇO | CP | Absorção To (g) | Absorção 10 min (g) | Absorção 90 min (g) | Absorção 3 h (g) | Absorção 6 h (g) | Absorção 12 h (g) | Absorção 24 h (g) | Absorção 72 h (g) | Coefficiente de Capilaridade |
|----------|----|-----------------|---------------------|---------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|
| 01:00:07 | 1 | 0,00 | 0,17 | 0,25 | 0,34 | 0,42 | 0,49 | 0,62 | 0,78 | 1,76 |
| | 2 | 0,00 | 0,13 | 0,17 | 0,21 | 0,26 | 0,35 | 0,42 | 0,55 | 0,90 |
| | 3 | 0,00 | 0,15 | 0,21 | 0,28 | 0,34 | 0,42 | 0,52 | 0,67 | 1,33 |
| | 4 | 0,00 | 0,13 | 0,17 | 0,21 | 0,26 | 0,35 | 0,42 | 0,55 | 0,90 |
| MÉDIA | | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 1,22 |
| DP | | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,32 |
| CV | | | 10,69% | 14,54% | 17,63% | 19,07% | 12,76% | 15,18% | 13,35% | 26,38% |

| TRAÇO | CP | Absorção To (g) | Absorção 10 min (g) | Absorção 90 min (g) | Absorção 3 h (g) | Absorção 6 h (g) | Absorção 12 h (g) | Absorção 24 h (g) | Absorção 72 h (g) | Coefficiente de Capilaridade |
|----------|----|-----------------|---------------------|---------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|
| 01:01:06 | 1 | 0,00 | 0,46 | 0,69 | 0,88 | 1,08 | 1,47 | 1,60 | 1,77 | 4,63 |
| | 2 | 0,00 | 0,37 | 0,56 | 0,74 | 0,89 | 1,32 | 1,50 | 1,85 | 3,90 |
| | 3 | 0,00 | 0,42 | 0,63 | 0,81 | 0,98 | 1,39 | 1,55 | 1,81 | 4,27 |
| | 4 | 0,00 | 0,37 | 0,56 | 0,74 | 0,89 | 1,32 | 1,50 | 1,85 | 3,90 |
| MÉDIA | | 0,00 | 0,41 | 0,61 | 0,79 | 0,96 | 1,37 | 1,54 | 1,82 | 4,17 |
| DP | | 0,00 | 0,03 | 0,05 | 0,05 | 0,07 | 0,06 | 0,04 | 0,03 | 0,27 |
| CV | | | 8,28% | 7,60% | 6,44% | 7,71% | 4,05% | 2,43% | 1,55% | 6,56% |

| TRAÇO | CP | Absorção To (g) | Absorção 10 min (g) | Absorção 90 min (g) | Absorção 3 h (g) | Absorção 6 h (g) | Absorção 12 h (g) | Absorção 24 h (g) | Absorção 72 h (g) | Coefficiente de Capilaridade |
|----------|----|-----------------|---------------------|---------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|
| 01:00:10 | 1 | 0,00 | 0,23 | 0,39 | 0,57 | 0,81 | 1,44 | 1,65 | 1,73 | 3,14 |
| | 2 | 0,00 | 0,25 | 0,44 | 0,64 | 0,88 | 1,16 | 1,58 | 1,65 | 3,69 |
| | 3 | 0,00 | 0,24 | 0,41 | 0,61 | 0,85 | 1,30 | 1,62 | 1,69 | 3,41 |
| | 4 | 0,00 | 0,25 | 0,44 | 0,64 | 0,88 | 1,16 | 1,58 | 1,65 | 3,69 |
| MÉDIA | | 0,00 | 0,25 | 0,42 | 0,61 | 0,85 | 1,26 | 1,61 | 1,68 | 3,48 |
| DP | | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,10 | 0,02 | 0,03 | 0,21 |
| CV | | | 3,44% | 4,58% | 3,81% | 3,03% | 8,28% | 1,49% | 1,89% | 5,92% |

| TRAÇO | CP | Absorção To (g) | Absorção 10 min (g) | Absorção 90 min (g) | Absorção 3 h (g) | Absorção 6 h (g) | Absorção 12 h (g) | Absorção 24 h (g) | Absorção 72 h (g) | Coefficiente de Capilaridade |
|----------|----|-----------------|---------------------|---------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|
| 01:01:09 | 1 | 0,00 | 0,49 | 0,77 | 1,00 | 1,30 | 1,52 | 1,85 | 1,89 | 5,48 |
| | 2 | 0,00 | 0,32 | 0,51 | 0,73 | 1,06 | 1,66 | 1,96 | 1,86 | 3,64 |
| | 3 | 0,00 | 0,41 | 0,64 | 0,86 | 1,18 | 1,59 | 1,90 | 1,87 | 4,56 |
| | 4 | 0,00 | 0,32 | 0,51 | 0,73 | 1,06 | 1,66 | 1,96 | 1,86 | 3,64 |
| MÉDIA | | 0,00 | 0,39 | 0,61 | 0,83 | 1,15 | 1,61 | 1,92 | 1,87 | 4,33 |
| DP | | 0,00 | 0,06 | 0,10 | 0,10 | 0,09 | 0,05 | 0,04 | 0,01 | 0,69 |
| CV | | | 16,27% | 16,15% | 12,26% | 7,99% | 3,25% | 2,23% | 0,66% | 15,94% |

ABSORÇÃO POR CALIARIDADE - 210 mm

| TRAÇO | CP | Absorção To (g) | Absorção 10 min (g) | Absorção 90 min (g) | Absorção 3 h (g) | Absorção 6 h (g) | Absorção 12 h (g) | Absorção 24 h (g) | Absorção 72 h (g) | Coefficiente de Capilaridade |
|----------|----|-----------------|---------------------|---------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|
| 01:00:03 | 1 | 0,00 | 0,08 | 0,12 | 0,17 | 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,19 | 0,70 |
| | 2 | 0,00 | 0,09 | 0,12 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,20 | 0,65 |
| | 3 | 0,00 | 0,09 | 0,12 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,19 | 0,67 |
| | 4 | 0,00 | 0,09 | 0,12 | 0,14 | 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,20 | 0,65 |
| MÉDIA | | 0,00 | 0,09 | 0,12 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,19 | 0,67 |
| DP | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| CV | | | 2,53% | 1,04% | 6,09% | 0,67% | 0,99% | 0,11% | 0,17% | 2,80% |
| TRAÇO | CP | Absorção To (g) | Absorção 10 min (g) | Absorção 90 min (g) | Absorção 3 h (g) | Absorção 6 h (g) | Absorção 12 h (g) | Absorção 24 h (g) | Absorção 72 h (g) | Coefficiente de Capilaridade |
| 01:01:02 | 1 | 0,00 | 0,31 | 0,49 | 0,62 | 0,75 | 0,95 | 1,05 | 1,22 | 3,38 |
| | 2 | 0,00 | 0,24 | 0,39 | 0,52 | 0,65 | 0,96 | 1,02 | 1,04 | 2,91 |
| | 3 | 0,00 | 0,28 | 0,44 | 0,57 | 0,70 | 0,95 | 1,03 | 1,13 | 3,14 |
| | 4 | 0,00 | 0,24 | 0,39 | 0,52 | 0,65 | 0,96 | 1,02 | 1,04 | 2,91 |
| MÉDIA | | 0,00 | 0,27 | 0,43 | 0,55 | 0,69 | 0,95 | 1,03 | 1,11 | 3,09 |
| DP | | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 0,01 | 0,07 | 0,18 |
| CV | | | 9,70% | 8,17% | 6,78% | 5,45% | 0,39% | 0,99% | 6,39% | 5,71% |
| TRAÇO | CP | Absorção To (g) | Absorção 10 min (g) | Absorção 90 min (g) | Absorção 3 h (g) | Absorção 6 h (g) | Absorção 12 h (g) | Absorção 24 h (g) | Absorção 72 h (g) | Coefficiente de Capilaridade |
| 01:00:07 | 1 | 0,00 | 0,17 | 0,25 | 0,34 | 0,42 | 0,49 | 0,62 | 0,78 | 1,76 |
| | 2 | 0,00 | 0,13 | 0,17 | 0,21 | 0,26 | 0,35 | 0,42 | 0,55 | 0,90 |
| | 3 | 0,00 | 0,15 | 0,21 | 0,28 | 0,34 | 0,42 | 0,52 | 0,67 | 1,33 |
| | 4 | 0,00 | 0,13 | 0,17 | 0,21 | 0,26 | 0,35 | 0,42 | 0,55 | 0,90 |
| MÉDIA | | 0,00 | 0,14 | 0,20 | 0,26 | 0,32 | 0,40 | 0,49 | 0,64 | 1,22 |
| DP | | 0,00 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,07 | 0,09 | 0,32 |
| CV | | | 0,11 | 0,15 | 0,18 | 0,19 | 0,13 | 0,15 | 0,13 | 0,26 |

| TRAÇO | CP | Absorção To (g) | Absorção 10 min (g) | Absorção 90 min (g) | Absorção 3 h (g) | Absorção 6 h (g) | Absorção 12 h (g) | Absorção 24 h (g) | Absorção 72 h (g) | Coefficiente de Capilaridade |
|----------|----|-----------------|---------------------|---------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|
| 01:01:06 | 1 | 0,00 | 0,46 | 0,69 | 0,88 | 1,08 | 1,47 | 1,60 | 1,77 | 4,63 |
| | 2 | 0,00 | 0,37 | 0,56 | 0,74 | 0,89 | 1,32 | 1,50 | 1,85 | 3,90 |
| | 3 | 0,00 | 0,42 | 0,63 | 0,81 | 0,98 | 1,39 | 1,55 | 1,81 | 4,27 |
| | 4 | 0,00 | 0,37 | 0,56 | 0,74 | 0,89 | 1,32 | 1,50 | 1,85 | 3,90 |
| MÉDIA | | 0,00 | 0,41 | 0,61 | 0,79 | 0,96 | 1,37 | 1,54 | 1,82 | 4,17 |
| DP | | 0,00 | 0,03 | 0,05 | 0,05 | 0,07 | 0,06 | 0,04 | 0,03 | 0,27 |
| CV | | | 8,28% | 7,60% | 6,44% | 7,71% | 4,05% | 2,43% | 1,55% | 6,56% |

| TRAÇO | CP | Absorção To (g) | Absorção 10 min (g) | Absorção 90 min (g) | Absorção 3 h (g) | Absorção 6 h (g) | Absorção 12 h (g) | Absorção 24 h (g) | Absorção 72 h (g) | Coefficiente de Capilaridade |
|----------|----|-----------------|---------------------|---------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|
| 01:00:10 | 1 | 0,00 | 0,23 | 0,39 | 0,57 | 0,81 | 1,44 | 1,65 | 1,73 | 3,14 |
| | 2 | 0,00 | 0,25 | 0,44 | 0,64 | 0,88 | 1,16 | 1,58 | 1,65 | 3,69 |
| | 3 | 0,00 | 0,24 | 0,41 | 0,61 | 0,85 | 1,30 | 1,62 | 1,69 | 3,41 |
| | 4 | 0,00 | 0,25 | 0,44 | 0,64 | 0,88 | 1,16 | 1,58 | 1,65 | 3,69 |
| MÉDIA | | 0,00 | 0,25 | 0,42 | 0,61 | 0,85 | 1,26 | 1,61 | 1,68 | 3,48 |
| DP | | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,10 | 0,02 | 0,03 | 0,21 |
| CV | | | 3,44% | 4,58% | 3,81% | 3,03% | 8,28% | 1,49% | 1,89% | 5,92% |

| TRAÇO | CP | Absorção To (g) | Absorção 10 min (g) | Absorção 90 min (g) | Absorção 3 h (g) | Absorção 6 h (g) | Absorção 12 h (g) | Absorção 24 h (g) | Absorção 72 h (g) | Coefficiente de Capilaridade |
|----------|----|-----------------|---------------------|---------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|
| 01:01:09 | 1 | 0,00 | 0,49 | 0,77 | 1,00 | 1,30 | 1,52 | 1,85 | 1,89 | 5,48 |
| | 2 | 0,00 | 0,32 | 0,51 | 0,73 | 1,06 | 1,66 | 1,96 | 1,86 | 3,64 |
| | 3 | 0,00 | 0,41 | 0,64 | 0,86 | 1,18 | 1,59 | 1,90 | 1,87 | 4,56 |
| | 4 | 0,00 | 0,32 | 0,51 | 0,73 | 1,06 | 1,66 | 1,96 | 1,86 | 3,64 |
| MÉDIA | | 0,00 | 0,39 | 0,61 | 0,83 | 1,15 | 1,61 | 1,92 | 1,87 | 4,33 |
| DP | | 0,00 | 0,06 | 0,10 | 0,10 | 0,09 | 0,05 | 0,04 | 0,01 | 0,69 |
| CV | | | 16,27% | 16,15% | 12,26% | 7,99% | 3,25% | 2,23% | 0,66% | 15,94% |

ABSORÇÃO POR IMERSÃO, PELO MÉTODO DO CACHIMBO, MASSA ESPECÍFICA (SECA E SATUARDA) E ÍNDICE DE VAZIO – 180 mm

| TRAÇO | CP | Massa Seca (g) | Massa 4 h (g) | Massa 8 h (g) | Massa 24 h (g) | Massa 48 h (g) | Massa 72 h (g) | Absorção por imersão (%) | Índice de vazios (%) | Massa Específica Seca (kg/l) | Massa Específica Saturada (kg/l) | Absorção pelo Met. do Cachimbo | | |
|----------|----|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|
| | | | | | | | | | | | | Massa 5 min (g) | Massa 10 min (g) | Massa 15 min (g) |
| 01:00:03 | 1 | 437,64 | 458,66 | 471,96 | 481,05 | 481,39 | 481,89 | 10,11 | 22,00 | 2,18 | 2,40 | 1,30 | 2,30 | 2,80 |
| | 2 | 439,82 | 461,14 | 474,90 | 483,26 | 483,69 | 484,17 | 10,34 | 22,22 | 2,43 | 2,65 | 1,40 | 2,20 | 2,60 |
| | 3 | 439,32 | 460,64 | 474,40 | 482,76 | 483,19 | 483,67 | 9,84 | 21,72 | 1,93 | 2,15 | 1,37 | 2,23 | 2,67 |
| | 4 | 441,50 | 463,12 | 477,34 | 484,97 | 485,49 | 485,94 | 10,07 | 21,94 | 2,18 | 2,40 | 1,40 | 2,20 | 2,60 |
| MÉDIA | | 439,57 | 460,89 | 474,65 | 483,01 | 483,44 | 483,92 | 10,09 | 21,97 | 2,18 | 2,40 | 1,37 | 2,23 | 2,67 |
| DP | | 1,09 | 1,24 | 1,47 | 1,11 | 1,15 | 1,14 | 0,14 | 0,14 | 0,13 | 0,13 | 0,03 | 0,03 | 0,07 |
| CV | | 0,25% | 0,27% | 0,31% | 0,23% | 0,24% | 0,24% | 1,35% | 0,64% | 5,78% | 5,24% | 2,44% | 1,49% | 2,50% |
| TRAÇO | CP | Massa Seca (g) | Massa 4 h (g) | Massa 8 h (g) | Massa 24 h (g) | Massa 48 h (g) | Massa 72 h (g) | Absorção por imersão (%) | Índice de vazios (%) | Massa Específica Seca (kg/l) | Massa Específica Saturada (kg/l) | Absorção pelo Met. do Cachimbo | | |
| | | | | | | | | | | | | Massa 5 min (g) | Massa 10 min (g) | Massa 15 min (g) |
| 01:01:02 | 1 | 310,50 | 338,23 | 353,24 | 370,71 | 372,08 | 373,29 | 20,22 | 33,84 | 1,67 | 2,01 | 1,50 | 2,40 | 2,90 |
| | 2 | 316,14 | 349,09 | 370,99 | 381,13 | 382,11 | 383,09 | 21,43 | 35,50 | 1,91 | 2,27 | 1,55 | 2,46 | 2,80 |
| | 3 | 315,64 | 348,59 | 370,49 | 380,63 | 381,61 | 382,59 | 20,93 | 35,00 | 1,41 | 1,77 | 1,53 | 2,44 | 2,83 |
| | 4 | 321,27 | 359,44 | 388,24 | 391,04 | 391,63 | 392,39 | 22,14 | 36,66 | 1,66 | 2,02 | 1,55 | 2,46 | 2,80 |
| MÉDIA | | 315,89 | 348,84 | 370,74 | 380,88 | 381,86 | 382,84 | 21,18 | 35,25 | 1,66 | 2,02 | 1,53 | 2,44 | 2,83 |
| DP | | 2,82 | 5,43 | 8,88 | 5,21 | 5,01 | 4,90 | 0,60 | 0,83 | 0,13 | 0,13 | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| CV | | 0,89% | 1,56% | 2,39% | 1,37% | 1,31% | 1,28% | 2,85% | 2,36% | 7,77% | 6,33% | 1,09% | 0,82% | 1,18% |
| TRAÇO | CP | Massa Seca (g) | Massa 4 h (g) | Massa 8 h (g) | Massa 24 h (g) | Massa 48 h (g) | Massa 72 h (g) | Absorção por imersão (%) | Índice de vazios (%) | Massa Específica Seca (kg/l) | Massa Específica Saturada (kg/l) | Absorção pelo Met. do Cachimbo | | |
| | | | | | | | | | | | | Massa 5 min (g) | Massa 10 min (g) | Massa 15 min (g) |
| 01:00:07 | 1 | 418,42 | 441,77 | 460,74 | 461,79 | 462,23 | 462,81 | 10,61 | 22,86 | 2,15 | 2,38 | 1,1 | 2,0 | 2,7 |
| | 2 | 422,15 | 444,32 | 463,32 | 464,68 | 465,14 | 465,73 | 10,58 | 22,59 | 2,41 | 2,64 | 1,3 | 2,1 | 2,8 |
| | 3 | 421,65 | 443,82 | 462,82 | 464,18 | 464,64 | 465,23 | 10,08 | 22,09 | 1,91 | 2,14 | 1,23 | 2,07 | 2,77 |
| | 4 | 425,37 | 446,37 | 465,39 | 467,07 | 467,55 | 468,15 | 10,06 | 21,83 | 2,17 | 2,39 | 1,3 | 2,1 | 2,8 |
| MÉDIA | | 421,90 | 444,07 | 463,07 | 464,43 | 464,89 | 465,48 | 10,33 | 22,34 | 2,16 | 2,39 | 1,23 | 2,07 | 2,77 |
| DP | | 1,86 | 1,28 | 1,29 | 1,44 | 1,45 | 1,46 | 0,26 | 0,38 | 0,13 | 0,13 | 0,07 | 0,03 | 0,03 |
| CV | | 0,44% | 0,29% | 0,28% | 0,31% | 0,31% | 0,31% | 2,54% | 1,71% | 5,96% | 5,30% | 5,41% | 1,61% | 1,20% |

| TRAÇO | CP | Massa Seca (g) | Massa 4 h (g) | Massa 8 h (g) | Massa 24 h (g) | Massa 48 h (g) | Massa 72 h (g) | Absorção por imersão (%) | Índice de vazios (%) | Massa Específica Seca (kg/l) | Massa Específica Saturada (kg/l) | Absorção pelo Met. do Cachimbo | | |
|----------|----|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|
| | | | | | | | | | | | | Massa 5 min (g) | Massa 10 min (g) | Massa 15 min (g) |
| 01:01:06 | 1 | 391,61 | 426,55 | 445,46 | 446,72 | 447,07 | 447,55 | 14,28 | 27,30 | 1,91 | 2,18 | 1,60 | 2,40 | 3,50 |
| | 2 | 390,40 | 425,25 | 443,82 | 445,38 | 445,80 | 446,31 | 14,58 | 27,67 | 2,16 | 2,44 | 1,70 | 2,50 | 3,60 |
| | 3 | 389,90 | 424,75 | 443,32 | 444,88 | 445,30 | 445,81 | 14,08 | 27,17 | 1,66 | 1,94 | 1,67 | 2,47 | 3,57 |
| | 4 | 388,69 | 423,45 | 441,67 | 443,53 | 444,03 | 444,56 | 14,37 | 27,54 | 1,92 | 2,19 | 1,70 | 2,50 | 3,60 |
| MÉDIA | | 390,15 | 425,00 | 443,57 | 445,13 | 445,55 | 446,06 | 14,33 | 27,42 | 1,91 | 2,19 | 1,67 | 2,47 | 3,57 |
| DP | | 0,85 | 0,90 | 1,07 | 0,92 | 0,89 | 0,87 | 0,15 | 0,18 | 0,13 | 0,13 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| CV | | 0,22% | 0,21% | 0,24% | 0,21% | 0,20% | 0,20% | 1,03% | 0,67% | 6,60% | 5,80% | 2,00% | 1,35% | 0,93% |
| TRAÇO | CP | Massa Seca (g) | Massa 4 h (g) | Massa 8 h (g) | Massa 24 h (g) | Massa 48 h (g) | Massa 72 h (g) | Absorção por imersão (%) | Índice de vazios (%) | Massa Específica Seca (kg/l) | Massa Específica Saturada (kg/l) | Absorção pelo Met. do Cachimbo | | |
| | | | | | | | | | | | | Massa 5 min (g) | Massa 10 min (g) | Massa 15 min (g) |
| 01:00:10 | 1 | 424,65 | 464,39 | 469,32 | 470,22 | 470,92 | 471,59 | 11,05 | 23,24 | 2,10 | 2,33 | 1,70 | 3,10 | 3,80 |
| | 2 | 424,63 | 464,33 | 468,76 | 469,64 | 470,19 | 470,90 | 11,15 | 23,29 | 2,36 | 2,59 | 1,60 | 3,00 | 3,70 |
| | 3 | 424,13 | 463,83 | 468,26 | 469,14 | 469,69 | 470,40 | 10,65 | 22,79 | 1,86 | 2,09 | 1,63 | 3,03 | 3,73 |
| | 4 | 424,11 | 463,77 | 467,69 | 468,55 | 468,96 | 469,70 | 10,75 | 22,84 | 2,12 | 2,35 | 1,60 | 3,00 | 3,70 |
| MÉDIA | | 424,38 | 464,08 | 468,51 | 469,39 | 469,94 | 470,65 | 10,90 | 23,04 | 2,11 | 2,34 | 1,63 | 3,03 | 3,73 |
| DP | | 0,26 | 0,28 | 0,53 | 0,54 | 0,62 | 0,60 | 0,20 | 0,22 | 0,13 | 0,13 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| CV | | 0,06% | 0,06% | 0,11% | 0,12% | 0,13% | 0,13% | 1,84% | 0,97% | 6,18% | 5,53% | 0,02 | 0,01 | 0,01 |
| TRAÇO | CP | Massa Seca (g) | Massa 4 h (g) | Massa 8 h (g) | Massa 24 h (g) | Massa 48 h (g) | Massa 72 h (g) | Absorção por imersão (%) | Índice de vazios (%) | Massa Específica Seca (kg/l) | Massa Específica Saturada (kg/l) | Absorção pelo Met. do Cachimbo | | |
| | | | | | | | | | | | | Massa 5 min (g) | Massa 10 min (g) | Massa 15 min (g) |
| 01:01:09 | 1 | 378,65 | 382,26 | 394,32 | 411,11 | 414,83 | 417,00 | 10,13 | 20,05 | 1,98 | 2,18 | 1,20 | 2,00 | 2,80 |
| | 2 | 382,94 | 386,81 | 403,94 | 415,96 | 418,60 | 420,54 | 10,08 | 19,79 | 2,24 | 2,43 | 1,20 | 2,10 | 2,90 |
| | 3 | 382,44 | 386,31 | 403,44 | 415,46 | 418,10 | 420,04 | 9,58 | 19,29 | 1,74 | 1,93 | 1,20 | 2,07 | 2,87 |
| | 4 | 386,73 | 390,86 | 413,06 | 420,30 | 421,86 | 423,58 | 9,53 | 19,02 | 2,00 | 2,19 | 1,20 | 2,10 | 2,90 |
| MÉDIA | | 382,69 | 386,56 | 403,69 | 415,71 | 418,35 | 420,29 | 9,83 | 19,54 | 1,99 | 2,18 | 1,20 | 2,07 | 2,87 |
| DP | | 2,15 | 2,28 | 4,81 | 2,42 | 1,88 | 1,77 | 0,27 | 0,38 | 0,13 | 0,13 | 0,00 | 0,03 | 0,03 |
| CV | | 0,56% | 0,59% | 1,19% | 0,58% | 0,45% | 0,42% | 2,80% | 1,95% | 6,50% | 5,80% | 0,00% | 1,61% | 1,16% |

ABSORÇÃO POR IMERSÃO, PELO MÉTODO DO CACHIMBO, MASSA ESPECÍFICA (SECA E SATUARDA) E ÍNDICE DE VAZIO – 210 mm

| TRAÇO | CP | Massa Seca (g) | Massa 4 h (g) | Massa 8 h (g) | Massa 24 h (g) | Massa 48 h (g) | Massa 72 h (g) | Absorção por imersão (%) | Índice de vazios (%) | Massa Específica Seca (kg/l) | Massa Específica Saturada (kg/l) | Absorção pelo Met. do Cachimbo | | |
|----------|----|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|
| | | | | | | | | | | | | Massa 5 min (g) | Massa 10 min (g) | Massa 15 min (g) |
| 01:00:03 | 1 | 435,60 | 452,69 | 459,93 | 470,09 | 470,48 | 470,92 | 8,11 | 17,63 | 2,17 | 2,35 | 1,0 | 1,6 | 2,1 |
| | 2 | 425,68 | 442,68 | 450,15 | 460,70 | 460,70 | 461,09 | 8,32 | 17,94 | 2,16 | 2,34 | 0,8 | 1,5 | 2,1 |
| | 3 | 430,64 | 447,69 | 455,04 | 465,40 | 465,59 | 466,01 | 8,21 | 17,79 | 2,17 | 2,34 | 0,9 | 1,6 | 2,1 |
| | 4 | 425,68 | 442,68 | 450,15 | 460,70 | 460,70 | 461,09 | 8,32 | 17,94 | 2,16 | 2,34 | 0,8 | 1,5 | 2,1 |
| MÉDIA | | 429,40 | 446,43 | 453,82 | 464,22 | 464,37 | 464,78 | 8,24 | 17,83 | 2,16 | 2,34 | 0,88 | 1,54 | 2,10 |
| DP | | 3,72 | 3,75 | 3,67 | 3,52 | 3,67 | 3,69 | 0,08 | 0,11 | 0,01 | 0,01 | 0,08 | 0,04 | 0,00 |
| CV | | 0,87% | 0,84% | 0,81% | 0,76% | 0,79% | 0,79% | 0,96% | 0,64% | 0,32% | 0,24% | 8,57% | 2,44% | 0,00% |
| TRAÇO | CP | Massa Seca (g) | Massa 4 h (g) | Massa 8 h (g) | Massa 24 h (g) | Massa 48 h (g) | Massa 72 h (g) | Absorção por imersão (%) | Índice de vazios (%) | Massa Específica Seca (kg/l) | Massa Específica Saturada (kg/l) | Absorção pelo Met. do Cachimbo | | |
| | | | | | | | | | | | | Massa 5 min (g) | Massa 10 min (g) | Massa 15 min (g) |
| 01:01:02 | 1 | 306,94 | 351,26 | 368,97 | 374,90 | 375,91 | 376,30 | 22,60 | 35,46 | 1,57 | 1,92 | 1,2 | 1,8 | 2,3 |
| | 2 | 311,89 | 354,22 | 368,15 | 379,16 | 380,50 | 380,50 | 22,00 | 34,58 | 1,57 | 1,92 | 1,1 | 1,7 | 2,3 |
| | 3 | 309,42 | 352,74 | 368,56 | 377,03 | 378,21 | 378,40 | 22,30 | 35,02 | 1,57 | 1,92 | 1,2 | 1,8 | 2,3 |
| | 4 | 311,89 | 354,22 | 368,15 | 379,16 | 380,50 | 380,50 | 22,00 | 34,58 | 1,57 | 1,92 | 1,1 | 1,7 | 2,3 |
| MÉDIA | | 310,03 | 353,11 | 368,46 | 377,56 | 378,78 | 378,93 | 22,22 | 34,91 | 1,57 | 1,92 | 1,14 | 1,74 | 2,30 |
| DP | | 1,86 | 1,11 | 0,31 | 1,60 | 1,72 | 1,58 | 0,22 | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,04 | 0,00 |
| CV | | 0,60% | 0,31% | 0,08% | 0,42% | 0,45% | 0,42% | 1,01% | 0,94% | 0,07% | 0,12% | 3,30% | 2,16% | 0,00% |
| TRAÇO | CP | Massa Seca (g) | Massa 4 h (g) | Massa 8 h (g) | Massa 24 h (g) | Massa 48 h (g) | Massa 72 h (g) | Absorção por imersão (%) | Índice de vazios (%) | Massa Específica Seca (kg/l) | Massa Específica Saturada (kg/l) | Absorção pelo Met. do Cachimbo | | |
| | | | | | | | | | | | | Massa 5 min (g) | Massa 10 min (g) | Massa 15 min (g) |
| 01:00:07 | 1 | 431,83 | 465,50 | 476,78 | 476,20 | 477,20 | 477,74 | 10,63 | 22,59 | 2,12 | 2,35 | 1,00 | 1,5000 | 1,9000 |
| | 2 | 439,29 | 470,86 | 483,05 | 483,48 | 483,48 | 484,06 | 10,19 | 21,83 | 2,14 | 2,36 | 1,0 | 1,5 | 1,9 |
| | 3 | 435,56 | 468,18 | 479,92 | 479,84 | 480,34 | 480,90 | 10,41 | 22,21 | 2,13 | 2,36 | 1,0 | 1,5 | 1,9 |
| | 4 | 439,29 | 470,86 | 483,05 | 483,48 | 483,48 | 484,06 | 10,19 | 21,83 | 2,14 | 2,36 | 1,0 | 1,5 | 1,9 |
| MÉDIA | | 436,49 | 468,85 | 480,70 | 480,75 | 481,13 | 481,69 | 10,36 | 22,11 | 2,14 | 2,36 | 1,00 | 1,50 | 1,90 |
| DP | | 2,80 | 2,01 | 2,35 | 2,73 | 2,36 | 2,37 | 0,17 | 0,28 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| CV | | 0,64% | 0,43% | 0,49% | 0,57% | 0,49% | 0,49% | 1,59% | 1,29% | 0,30% | 0,15% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |

| TRAÇO | CP | Massa Seca (g) | Massa 4 h (g) | Massa 8 h (g) | Massa 24 h (g) | Massa 48 h (g) | Massa 72 h (g) | Absorção por imersão (%) | Índice de vazios (%) | Massa Específica Seca (kg/l) | Massa Específica Saturada (kg/l) | Absorção pelo Met. do Cachimbo | | |
|----------|----|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|
| | | | | | | | | | | | | Massa 5 min (g) | Massa 10 min (g) | Massa 15 min (g) |
| 01:01:06 | 1 | 368,39 | 417,35 | 425,14 | 425,66 | 425,95 | 426,32 | 15,73 | 29,37 | 1,87 | 2,16 | 0,9 | | 1,8 |
| | 2 | 368,15 | 414,97 | 424,22 | 424,82 | 425,05 | 425,40 | 15,55 | 29,06 | 1,87 | 2,16 | 1,3 | 1,6 | 1,8 |
| | 3 | 368,27 | 416,16 | 424,68 | 425,24 | 425,50 | 425,86 | 15,64 | 29,22 | 1,87 | 2,16 | 1,1 | 1,6 | 1,8 |
| | 4 | 368,15 | 414,97 | 424,22 | 424,82 | 425,05 | 425,40 | 15,55 | 29,06 | 1,87 | 2,16 | 1,3 | 1,6 | 1,8 |
| MÉDIA | | 368,24 | 415,86 | 424,57 | 425,14 | 425,39 | 425,75 | 15,62 | 29,18 | 1,87 | 2,16 | 1,15 | 1,60 | 1,80 |
| DP | | 0,09 | 0,89 | 0,34 | 0,32 | 0,34 | 0,35 | 0,07 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 0,00 |
| CV | | 0,02% | 0,21% | 0,08% | 0,07% | 0,08% | 0,08% | 0,42% | 0,40% | 0,02% | 0,04% | 13,04% | 0,00% | 0,00% |
| TRAÇO | CP | Massa Seca (g) | Massa 4 h (g) | Massa 8 h (g) | Massa 24 h (g) | Massa 48 h (g) | Massa 72 h (g) | Absorção por imersão (%) | Índice de vazios (%) | Massa Específica Seca (kg/l) | Massa Específica Saturada (kg/l) | Absorção pelo Met. do Cachimbo | | |
| | | | | | | | | | | | | Massa 5 min (g) | Massa 10 min (g) | Massa 15 min (g) |
| 01:00:10 | 1 | 420,38 | 452,94 | 457,84 | 458,60 | 459,04 | 459,44 | 9,29 | 20,24 | 2,18 | 2,38 | 1,5 | 2,4 | 3,0 |
| | 2 | 405,65 | 445,22 | 445,85 | 446,72 | 446,92 | 447,50 | 10,32 | 22,09 | 2,14 | 2,36 | 1,4 | 2,3 | 3,0 |
| | 3 | 413,02 | 449,08 | 451,85 | 452,66 | 452,98 | 453,47 | 9,80 | 21,17 | 2,16 | 2,37 | 1,5 | 2,4 | 3,0 |
| | 4 | 405,65 | 445,22 | 445,85 | 446,72 | 446,92 | 447,50 | 10,32 | 22,09 | 2,14 | 2,36 | 1,4 | 2,3 | 3,0 |
| MÉDIA | | 411,17 | 448,12 | 450,35 | 451,18 | 451,47 | 451,98 | 9,93 | 21,40 | 2,16 | 2,37 | 1,44 | 2,34 | 3,00 |
| DP | | 5,52 | 2,90 | 4,50 | 4,46 | 4,55 | 4,48 | 0,38 | 0,69 | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,04 | 0,00 |
| CV | | 1,34% | 0,65% | 1,00% | 0,99% | 1,01% | 0,99% | 3,87% | 3,24% | 0,65% | 0,30% | 2,61% | 1,60% | 0,00% |
| TRAÇO | CP | Massa Seca (g) | Massa 4 h (g) | Massa 8 h (g) | Massa 24 h (g) | Massa 48 h (g) | Massa 72 h (g) | Absorção por imersão (%) | Índice de vazios (%) | Massa Específica Seca (kg/l) | Massa Específica Saturada (kg/l) | Absorção pelo Met. do Cachimbo | | |
| | | | | | | | | | | | | Massa 5 min (g) | Massa 10 min (g) | Massa 15 min (g) |
| 01:01:09 | 1 | 401,07 | 451,69 | 452,50 | 452,95 | 453,18 | 453,49 | 13,07 | 26,13 | 2,00 | 2,26 | 1,6 | 2,7 | 3,9 |
| | 2 | 379,90 | 419,31 | 425,67 | 426,36 | 416,59 | 426,89 | 12,37 | 24,86 | 2,01 | 2,26 | 1,6 | 2,7 | 3,9 |
| | 3 | 390,49 | 435,50 | 439,09 | 439,66 | 434,89 | 440,19 | 12,72 | 25,50 | 2,00 | 2,26 | 1,6 | 2,7 | 3,9 |
| | 4 | 379,90 | 419,31 | 425,67 | 426,36 | 416,59 | 426,89 | 12,37 | 24,86 | 2,01 | 2,26 | 1,6 | 2,7 | 3,9 |
| MÉDIA | | 387,84 | 431,45 | 435,73 | 436,33 | 430,31 | 436,87 | 12,63 | 25,34 | 2,01 | 2,26 | 1,60 | 2,70 | 3,90 |
| DP | | 7,94 | 12,14 | 10,06 | 9,97 | 13,72 | 9,98 | 0,26 | 0,47 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| CV | | 2,05% | 2,81% | 2,31% | 2,29% | 3,19% | 2,28% | 2,08% | 1,87% | 0,21% | 0,02% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |

RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR ADERÊNCIA – ARRANCAMENTO – 180 mm e 210 mm

| TRAÇO | CP | 180 mm | | | 210 mm | | |
|----------|----|----------------|------------|--------------|----------------|------------|--------------|
| | | PULL OFF (Mpa) | ÁREA APROX | TIPO RUPTURA | PULL OFF (Mpa) | ÁREA APROX | TIPO RUPTURA |
| 01:00:03 | 1 | 2,92 | LOCAL | ARG. | 2,79 | LOCAL | ARG. |
| | 2 | 2,93 | LOCAL | ARG. | 2,77 | LOCAL | ARG. |
| | 3 | 2,93 | LOCAL | ARG. | 2,78 | LOCAL | ARG. |
| | 4 | 2,93 | LOCAL | ARG. | 2,77 | LOCAL | ARG. |
| MÉDIA | | 2,93 | | | 2,78 | | |
| DP | | 0,00 | | | 0,01 | | |
| CV | | 0,11% | | | 0,36% | | |
| TRAÇO | CP | 180 mm | | | 210 mm | | |
| | | PULL OFF (Mpa) | ÁREA APROX | TIPO RUPTURA | PULL OFF (Mpa) | ÁREA APROX | TIPO RUPTURA |
| 01:01:02 | 1 | 2,50 | LOCAL | ARG. | 1,35 | LOCAL | ARG. |
| | 2 | 2,4 | LOCAL | ARG. | 1,32 | LOCAL | ARG. |
| | 3 | 2,43 | LOCAL | ARG. | 1,37 | LOCAL | ARG. |
| | 4 | 2,40 | LOCAL | ARG. | 1,34 | LOCAL | ARG. |
| MÉDIA | | 2,43 | | | 1,35 | | |
| DP | | 0,03 | | | 0,02 | | |
| CV | | 1,37% | | | 1,12% | | |
| TRAÇO | CP | 180 mm | | | 210 mm | | |
| | | PULL OFF (Mpa) | ÁREA APROX | TIPO RUPTURA | PULL OFF (Mpa) | ÁREA APROX | TIPO RUPTURA |
| 01:00:07 | 1 | 1,06 | LOCAL | ARG. | 1,60 | LOCAL | ARG. |
| | 2 | 1,12 | LOCAL | ARG. | 1,61 | LOCAL | ARG. |
| | 3 | 1,10 | LOCAL | ARG. | 1,59 | LOCAL | ARG. |
| | 4 | 1,12 | LOCAL | ARG. | 1,58 | LOCAL | ARG. |
| MÉDIA | | 1,10 | | | 1,60 | | |
| DP | | 0,02 | | | 0,01 | | |
| CV | | 1,82% | | | 0,63% | | |

| TRAÇO | CP | 180 mm | | | 210 mm | | |
|----------|----|----------------|------------|--------------|----------------|------------|--------------|
| | | PULL OFF (Mpa) | ÁREA APROX | TIPO RUPTURA | PULL OFF (Mpa) | ÁREA APROX | TIPO RUPTURA |
| 01:01:06 | 1 | 0,95 | LOCAL | ARG. | 1,16 | LOCAL | ARG. |
| | 2 | 1,54 | LOCAL | ARG. | 1,15 | LOCAL | ARG. |
| | 3 | 1,34 | LOCAL | ARG. | 1,16 | LOCAL | ARG. |
| | 4 | 1,54 | EXPANDIDA | ARG. | 1,17 | LOCAL | ARG. |
| MÉDIA | | 1,34 | | | 1,16 | | |
| DP | | 0,20 | | | 0,01 | | |
| CV | | 14,64% | | | 0,54% | | |

| TRAÇO | CP | 180 mm | | | 210 mm | | |
|----------|----|----------------|------------|--------------|----------------|------------|--------------|
| | | PULL OFF (Mpa) | ÁREA APROX | TIPO RUPTURA | PULL OFF (Mpa) | ÁREA APROX | TIPO RUPTURA |
| 01:00:10 | 1 | 0,65 | LOCAL | ARG. | 0,80 | LOCAL | ARG. |
| | 2 | 0,72 | LOCAL | ARG. | 0,76 | LOCAL | ARG. |
| | 3 | 0,70 | LOCAL | ARG. | 0,78 | LOCAL | ARG. |
| | 4 | 0,72 | LOCAL | ARG. | 0,85 | LOCAL | ARG. |
| MÉDIA | | 0,70 | | | 0,80 | | |
| DP | | 0,02 | | | 0,04 | | |
| CV | | 3,35% | | | 4,46% | | |

| TRAÇO | CP | 180 mm | | | 210 mm | | |
|----------|----|----------------|------------|--------------|----------------|------------|--------------|
| | | PULL OFF (Mpa) | ÁREA APROX | TIPO RUPTURA | PULL OFF (Mpa) | ÁREA APROX | TIPO RUPTURA |
| 01:01:09 | 1 | 0,70 | LOCAL | ARG | 0,90 | LOCAL | ARG |
| | 2 | 0,68 | LOCAL | ARG. | 0,85 | LOCAL | ARG |
| | 3 | 0,69 | LOCAL | ARG. | 0,95 | LOCAL | ARG |
| | 4 | 0,68 | LOCAL | ARG | 0,91 | LOCAL | ARG |
| MÉDIA | | 0,69 | | | 0,90 | | |
| DP | | 0,01 | | | 0,03 | | |
| CV | | 0,97% | | | 0,00% | 0,00% | 19,64% |

MÓDULO DE ELASTICIDADE ESTÁTICO - 180 mm

| TRAÇO | CP | Diâmetro (cm) | Lo (cm) | tc 28 (MPa) | Fc 28 (Tf) | 30 % x tc 28 (MPa) | 30 % x Fc 28 (Tf) | 0,5 MPa (Tf) | Deslocamento a - (mm) | Deslocamento b - (mm) | Deformação a | Deformação b | ECI (GPa) |
|----------|----|---------------|---------|-------------|------------|--------------------|-------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------|--------------|-----------|
| 01:00:03 | 1 | 10 | 7,77 | 25,85 | 20,70 | 7,76 | 6,21 | 0,40 | 0,003000 | 0,046000 | 0,000039 | 0,000592 | 13,11 |
| | 2 | 10 | 7,77 | 25,85 | 20,70 | 7,76 | 6,21 | 0,40 | 0,003000 | 0,046000 | 0,000039 | 0,000592 | 13,11 |
| | 3 | 10 | 7,77 | 25,85 | 20,70 | 7,76 | 6,21 | 0,40 | 0,002667 | 0,045167 | 0,000034 | 0,000581 | 13,27 |
| | 4 | 10 | 7,77 | 25,85 | 20,70 | 7,76 | 6,21 | 0,40 | 0,002000 | 0,043500 | 0,000026 | 0,000560 | 13,58 |
| MÉDIA | | 10 | 7,77 | 25,85 | 20,70 | 7,76 | 6,21 | 0,40 | 0,002667 | 0,045167 | 0,000034 | 0,000581 | 13,27 |
| DP | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000333 | 0,000833 | 0,000004 | 0,000011 | 0,16 |
| CV | | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 12,50% | 1,85% | 12,50% | 1,85% | 1,19% |

| TRAÇO | CP | Diâmetro (cm) | Lo (cm) | tc 28 (MPa) | Fc 28 (Tf) | 30 % x tc 28 (MPa) | 30 % x Fc 28 (Tf) | 0,5 MPa (Tf) | Deslocamento a - (mm) | Deslocamento b - (mm) | Deformação a | Deformação b | ECI (GPa) |
|----------|----|---------------|---------|-------------|------------|--------------------|-------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------|--------------|-----------|
| 01:01:02 | 1 | 10 | 7,77 | 10,06 | 8,06 | 3,02 | 2,42 | 0,40 | 0,0155 | 0,0960 | 0,000199 | 0,001236 | 2,43 |
| | 2 | 10 | 7,77 | 10,06 | 8,06 | 3,02 | 2,42 | 0,40 | 0,0155 | 0,0960 | 0,000199 | 0,001236 | 2,43 |
| | 3 | 10 | 7,77 | 10,06 | 8,06 | 3,02 | 2,42 | 0,40 | 0,0178 | 0,0922 | 0,000230 | 0,001186 | 2,67 |
| | 4 | 10 | 7,77 | 10,06 | 8,06 | 3,02 | 2,42 | 0,40 | 0,0225 | 0,0845 | 0,000290 | 0,001088 | 3,16 |
| MÉDIA | | 10 | 7,77 | 10,06 | 8,06 | 3,02 | 2,42 | 0,40 | 0,017833 | 0,092167 | 0,000230 | 0,001186 | 2,67 |
| DP | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,002333 | 0,003833 | 0,000030 | 0,000049 | 0,24 |
| CV | | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 13,08% | 4,16% | 13,08% | 4,16% | 9,05% |

| TRAÇO | CP | Diâmetro (cm) | Lo (cm) | tc 28 (MPa) | Fc 28 (Tf) | 30 % x tc 28 (MPa) | 30 % x Fc 28 (Tf) | 0,5 MPa (Tf) | Deslocamento a - (mm) | Deslocamento b - (mm) | Deformação a | Deformação b | ECI (GPa) |
|----------|----|---------------|---------|-------------|------------|--------------------|-------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------|--------------|-----------|
| 01:00:07 | 1 | 10 | 7,77 | 11,54 | 9,24 | 3,46 | 2,77 | 0,40 | 0,0020 | 0,0200 | 0,000026 | 0,000257 | 12,78 |
| | 2 | 10 | 7,77 | 11,54 | 9,24 | 3,46 | 2,77 | 0,40 | 0,0020 | 0,0200 | 0,000026 | 0,000257 | 12,78 |
| | 3 | 10 | 7,77 | 11,54 | 9,24 | 3,46 | 2,77 | 0,40 | 0,0027 | 0,0203 | 0,000034 | 0,000262 | 13,03 |
| | 4 | 10 | 7,77 | 11,54 | 9,24 | 3,46 | 2,77 | 0,40 | 0,0040 | 0,0210 | 0,000051 | 0,000270 | 13,53 |
| MÉDIA | | 10 | 7,77 | 11,54 | 9,24 | 3,46 | 2,77 | 0,40 | 0,002667 | 0,020333 | 0,000034 | 0,000262 | 13,03 |
| DP | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000667 | 0,000333 | 0,000009 | 0,000004 | 0,25 |
| CV | | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 25,00% | 1,64% | 25,00% | 1,64% | 1,92% |

| TRAÇO | CP | Diâmetro (cm) | Lo (cm) | tc 28 (MPa) | Fc 28 (Tf) | 30 % x tc 28 (MPa) | 30 % x Fc 28 (Tf) | 0,5 MPa (Tf) | Deslocamento a - (mm) | Deslocamento b - (mm) | Deformação a | Deformação b | ECl (GPa) |
|----------|----|---------------|---------|-------------|------------|--------------------|-------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------|--------------|-----------|
| 01:01:06 | 1 | 10 | 7,77 | 8,65 | 6,93 | 2,60 | 2,08 | 0,40 | 0,0135 | 0,0395 | 0,000174 | 0,000508 | 6,26 |
| | 2 | 10 | 7,77 | 8,65 | 6,93 | 2,60 | 2,08 | 0,40 | 0,0135 | 0,0395 | 0,000174 | 0,000508 | 6,26 |
| | 3 | 10 | 7,77 | 8,65 | 6,93 | 2,60 | 2,08 | 0,40 | 0,0132 | 0,0392 | 0,000169 | 0,000504 | 6,26 |
| | 4 | 10 | 7,77 | 8,65 | 6,93 | 2,60 | 2,08 | 0,40 | 0,0125 | 0,0385 | 0,000161 | 0,000495 | 6,26 |
| MÉDIA | | 10 | 7,77 | 8,65 | 6,93 | 2,60 | 2,08 | 0,40 | 0,013167 | 0,039167 | 0,000169 | 0,000504 | 6,26 |
| DP | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000333 | 0,000333 | 0,000004 | 0,000004 | 0,00 |
| CV | | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 2,53% | 0,85% | 2,53% | 0,85% | 0,00% |

| TRAÇO | CP | Diâmetro (cm) | Lo (cm) | tc 28 (MPa) | Fc 28 (Tf) | 30 % x tc 28 (MPa) | 30 % x Fc 28 (Tf) | 0,5 MPa (Tf) | Deslocamento a - (mm) | Deslocamento b - (mm) | Deformação a | Deformação b | ECl (GPa) |
|----------|----|---------------|---------|-------------|------------|--------------------|-------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------|--------------|-----------|
| 01:00:10 | 1 | 10 | 7,77 | 6,28 | 5,03 | 1,88 | 1,51 | 0,40 | 0,0185 | 0,0760 | 0,000238 | 0,000978 | 1,87 |
| | 2 | 10 | 7,77 | 6,28 | 5,03 | 1,88 | 1,51 | 0,40 | 0,0185 | 0,0760 | 0,000238 | 0,000978 | 1,87 |
| | 3 | 10 | 7,77 | 6,28 | 5,03 | 1,88 | 1,51 | 0,40 | 0,0192 | 0,0703 | 0,000247 | 0,000905 | 2,18 |
| | 4 | 10 | 7,77 | 6,28 | 5,03 | 1,88 | 1,51 | 0,40 | 0,0205 | 0,0590 | 0,000264 | 0,000759 | 2,79 |
| MÉDIA | | 10 | 7,77 | 6,28 | 5,03 | 1,88 | 1,51 | 0,40 | 0,019167 | 0,070333 | 0,000247 | 0,000905 | 2,18 |
| DP | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000667 | 0,005667 | 0,000009 | 0,000073 | 0,31 |
| CV | | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 3,48% | 8,06% | 3,48% | 8,06% | 14,13% |

| TRAÇO | CP | Diâmetro (cm) | Lo (cm) | tc 28 (MPa) | Fc 28 (Tf) | 30 % x tc 28 (MPa) | 30 % x Fc 28 (Tf) | 0,5 MPa (Tf) | Deslocamento a - (mm) | Deslocamento b - (mm) | Deformação a | Deformação b | ECl (GPa) |
|----------|----|---------------|---------|-------------|------------|--------------------|-------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------|--------------|-----------|
| 01:01:09 | 1 | 10 | 7,77 | 7,13 | 5,71 | 2,14 | 1,71 | 0,40 | 0,0420 | 0,0860 | 0,000541 | 0,001107 | 2,90 |
| | 2 | 10 | 7,77 | 7,13 | 5,71 | 2,14 | 1,71 | 0,40 | 0,0420 | 0,0860 | 0,000541 | 0,001107 | 2,90 |
| | 3 | 10 | 7,77 | 7,13 | 5,71 | 2,14 | 1,71 | 0,40 | 0,0433 | 0,0840 | 0,000558 | 0,001081 | 3,18 |
| | 4 | 10 | 7,77 | 7,13 | 5,71 | 2,14 | 1,71 | 0,40 | 0,0460 | 0,0800 | 0,000592 | 0,001030 | 3,75 |
| MÉDIA | | 10 | 7,77 | 7,13 | 5,71 | 2,14 | 1,71 | 0,40 | 0,043333 | 0,084000 | 0,000558 | 0,001081 | 3,18 |
| DP | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,001333 | 0,002000 | 0,000017 | 0,000026 | 0,28 |
| CV | | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 3,08% | 2,38% | 3,08% | 2,38% | 8,93% |

MÓDULO DE ELASTICIDADE ESTÁTICO - 210 mm

| TRAÇO | CP | Diâmetro (cm) | Lo (cm) | tc 28 (MPa) | Fc 28 (Tf) | 30 % x tc 28 (MPa) | 30 % x Fc 28 (Tf) | 0,5 MPa (Tf) | Deslocamento a - (mm) | Deslocamento b - (mm) | Deformação a | Deformação b | ECI (GPa) |
|----------|----|---------------|---------|-------------|------------|--------------------|-------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------|--------------|-----------|
| 01:00:03 | 1 | 10 | 7,77 | 25,85 | 20,70 | 7,76 | 6,21 | 0,40 | 0,0040 | 0,0470 | 0,000051 | 0,000605 | 13,11 |
| | 2 | 10 | 7,77 | 25,85 | 20,70 | 7,76 | 6,21 | 0,40 | 0,0050 | 0,0400 | 0,000064 | 0,000515 | 16,11 |
| | 3 | 10 | 7,77 | 25,85 | 20,70 | 7,76 | 6,21 | 0,40 | 0,0045 | 0,0435 | 0,000058 | 0,000560 | 14,61 |
| | 2 | 10 | 7,77 | 25,85 | 20,70 | 7,76 | 6,21 | 0,40 | 0,0050 | 0,0400 | 0,000064 | 0,000515 | 16,11 |
| MÉDIA | | 10 | 7,77 | 25,9 | 20,70 | 7,76 | 6,21 | 0,40 | 0,0046 | 0,0426 | 0,000060 | 0,000549 | 15,0 |
| DP | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0004 | 0,0026 | 0,000005 | 0,000034 | 1,12 |
| CV | | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 8,11% | 6,16% | 0,00% | 6,16% | 7,50% |

| TRAÇO | CP | Diâmetro (cm) | Lo (cm) | tc 28 (MPa) | Fc 28 (Tf) | 30 % x tc 28 (MPa) | 30 % x Fc 28 (Tf) | 0,5 MPa (Tf) | Deslocamento a - (mm) | Deslocamento b - (mm) | Deformação a | Deformação b | ECI (GPa) |
|----------|----|---------------|---------|-------------|------------|--------------------|-------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------|--------------|-----------|
| 01:01:02 | 1 | 10 | 7,77 | 10,06 | 8,06 | 3,02 | 2,42 | 0,40 | 0,0155 | 0,0640 | 0,000199 | 0,000824 | 4,03 |
| | 2 | 10 | 7,77 | 10,06 | 8,06 | 3,02 | 2,42 | 0,40 | 0,0180 | 0,0620 | 0,000232 | 0,000798 | 4,45 |
| | 3 | 10 | 7,77 | 10,06 | 8,06 | 3,02 | 2,42 | 0,40 | 0,0168 | 0,0630 | 0,000216 | 0,000811 | 4,24 |
| | 2 | 10 | 7,77 | 10,06 | 8,06 | 3,02 | 2,42 | 0,40 | 0,0180 | 0,0620 | 0,000232 | 0,000798 | 4,45 |
| MÉDIA | | 10 | 7,77 | 10,1 | 8,06 | 3,02 | 2,42 | 0,40 | 0,0171 | 0,0628 | 0,000220 | 0,000808 | 4,3 |
| DP | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0009 | 0,0008 | 0,000012 | 0,000010 | 0,15 |
| CV | | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 5,49% | 1,20% | 0,00% | 1,20% | 3,60% |

| TRAÇO | CP | Diâmetro (cm) | Lo (cm) | tc 28 (MPa) | Fc 28 (Tf) | 30 % x tc 28 (MPa) | 30 % x Fc 28 (Tf) | 0,5 MPa (Tf) | Deslocamento a - (mm) | Deslocamento b - (mm) | Deformação a | Deformação b | ECI (GPa) |
|----------|----|---------------|---------|-------------|------------|--------------------|-------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------|--------------|-----------|
| 01:00:07 | 1 | 10 | 7,77 | 11,54 | 9,24 | 3,46 | 2,77 | 0,40 | 0,0085 | 0,0415 | 0,000110 | 0,000534 | 6,98 |
| | 2 | 10 | 7,77 | 11,54 | 9,24 | 3,46 | 2,77 | 0,40 | 0,0070 | 0,0455 | 0,000090 | 0,000586 | 5,98 |
| | 3 | 10 | 7,77 | 11,54 | 9,24 | 3,46 | 2,77 | 0,40 | 0,0078 | 0,0435 | 0,000100 | 0,000560 | 6,48 |
| | 2 | 10 | 7,77 | 11,54 | 9,24 | 3,46 | 2,77 | 0,40 | 0,0070 | 0,0455 | 0,000090 | 0,000586 | 5,98 |
| MÉDIA | | 10 | 7,77 | 11,5 | 9,24 | 3,46 | 2,77 | 0,40 | 0,0076 | 0,0440 | 0,000097 | 0,000566 | 6,4 |
| DP | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0006 | 0,0015 | 0,000007 | 0,000019 | 0,38 |
| CV | | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 7,53% | 3,41% | 0,00% | 3,41% | 5,91% |

| TRAÇO | CP | Diâmetro (cm) | Lo (cm) | tc 28 (MPa) | Fc 28 (Tf) | 30 % x tc 28 (MPa) | 30 % x Fc 28 (Tf) | 0,5 MPa (Tf) | Deslocamento a - (mm) | Deslocamento b - (mm) | Deformação a | Deformação b | ECI (GPa) |
|----------|----|---------------|---------|-------------|------------|--------------------|-------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------|--------------|-----------|
| 01:01:06 | 1 | 10 | 7,77 | 8,65 | 6,93 | 2,60 | 2,08 | 0,40 | 0,0070 | 0,0225 | 0,000090 | 0,000290 | 10,51 |
| | 2 | 10 | 7,77 | 8,65 | 6,93 | 2,60 | 2,08 | 0,40 | 0,0020 | 0,0185 | 0,000026 | 0,000238 | 9,87 |
| | 3 | 10 | 7,77 | 8,65 | 6,93 | 2,60 | 2,08 | 0,40 | 0,0045 | 0,0205 | 0,000058 | 0,000264 | 10,19 |
| | 2 | 10 | 7,77 | 8,65 | 6,93 | 2,60 | 2,08 | 0,40 | 0,0020 | 0,0185 | 0,000026 | 0,000238 | 9,87 |
| MÉDIA | | 10 | 7,77 | 8,7 | 6,93 | 2,60 | 2,08 | 0,40 | 0,0039 | 0,0200 | 0,000050 | 0,000257 | 10,1 |
| DP | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0019 | 0,0015 | 0,000024 | 0,000019 | 0,24 |
| CV | | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 48,39% | 7,50% | 0,00% | 7,50% | 2,36% |
| TRAÇO | CP | Diâmetro (cm) | Lo (cm) | tc 28 (MPa) | Fc 28 (Tf) | 30 % x tc 28 (MPa) | 30 % x Fc 28 (Tf) | 0,5 MPa (Tf) | Deslocamento a - (mm) | Deslocamento b - (mm) | Deformação a | Deformação b | ECI (GPa) |
| 01:00:10 | 1 | 10 | 7,77 | 6,28 | 5,03 | 1,88 | 1,51 | 0,40 | 0,0025 | 0,0185 | 0,000032 | 0,000238 | 6,72 |
| | 2 | 10 | 7,77 | 6,28 | 5,03 | 1,88 | 1,51 | 0,40 | 0,0010 | 0,0165 | 0,000013 | 0,000212 | 6,94 |
| | 3 | 10 | 7,77 | 6,28 | 5,03 | 1,88 | 1,51 | 0,40 | 0,0018 | 0,0175 | 0,000023 | 0,000225 | 6,83 |
| | 2 | 10 | 7,77 | 6,28 | 5,03 | 1,88 | 1,51 | 0,40 | 0,0010 | 0,0165 | 0,000013 | 0,000212 | 6,94 |
| MÉDIA | | 10 | 7,77 | 6,3 | 5,03 | 1,88 | 1,51 | 0,40 | 0,0016 | 0,0173 | 0,000020 | 0,000222 | 6,9 |
| DP | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0006 | 0,0008 | 0,000007 | 0,000010 | 0,08 |
| CV | | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 36,00% | 4,35% | 0,00% | 4,35% | 1,19% |
| TRAÇO | CP | Diâmetro (cm) | Lo (cm) | tc 28 (MPa) | Fc 28 (Tf) | 30 % x tc 28 (MPa) | 30 % x Fc 28 (Tf) | 0,5 MPa (Tf) | Deslocamento a - (mm) | Deslocamento b - (mm) | Deformação a | Deformação b | ECI (GPa) |
| 01:01:09 | 1 | 10 | 7,77 | 7,13 | 5,71 | 2,14 | 1,71 | 0,40 | 0,0060 | 0,0170 | 0,000077 | 0,000219 | 11,58 |
| | 2 | 10 | 7,77 | 7,13 | 5,71 | 2,14 | 1,71 | 0,40 | 0,0095 | 0,0205 | 0,000122 | 0,000264 | 11,58 |
| | 3 | 10 | 7,77 | 7,13 | 5,71 | 2,14 | 1,71 | 0,40 | 0,0078 | 0,0188 | 0,000100 | 0,000241 | 11,58 |
| | 2 | 10 | 7,77 | 7,13 | 5,71 | 2,14 | 1,71 | 0,40 | 0,0095 | 0,0205 | 0,000122 | 0,000264 | 11,58 |
| MÉDIA | | 10 | 7,77 | 7,1 | 5,71 | 2,14 | 1,71 | 0,40 | 0,0082 | 0,0192 | 0,000105 | 0,000247 | 11,6 |
| DP | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0013 | 0,0013 | 0,000017 | 0,000017 | 0,00 |
| CV | | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 16,03% | 6,84% | 0,00% | 6,84% | 0,00% |

RETRAÇÃO TÉRMICA - 180 mm

| | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| CP 1 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 15,63 | 0,00000 | -0,01919 | -0,01919 | -0,01919 | -0,01919 | -0,02559 | -0,02559 | -0,02559 | -0,02559 | -0,01919 | -0,01919 |
| 01:00:03 | (mm) | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias |
| | -0,01919 | -0,01919 | -0,01919 | -0,01280 | -0,01280 | -0,01280 | -0,01280 | -0,00640 | -0,00640 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00640 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | 0,00640 | 0,01280 | 0,01280 | 0,01280 | 0,01280 | 0,01280 | 0,01280 | 0,01280 | 0,01280 | 0,01280 | 0,01280 | 0,01280 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| | 0,01280 | 0,01280 | 0,01280 | 0,01280 | 0,01280 | 0,01280 | 0,01280 | 0,01280 | 0,01280 | 0,01280 | 0,01280 | 0,01280 |
| CP 1 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 11,14 | 0,00000 | 0,03199 | 0,06398 | 0,09597 | 0,12156 | 0,14715 | 0,15355 | 0,15995 | 0,15995 | 0,16635 | 0,17274 |
| 01:01:02 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | -0,17914 | -0,18554 | -0,22393 | -0,22393 | -0,22393 | -0,22393 | -0,22393 | -0,22393 | -0,22393 | -0,22393 | -0,23033 | -0,24312 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,24952 | -0,25592 | -0,26871 | -0,28151 | -0,28791 | -0,29431 | -0,30070 | -0,30710 | -0,30710 | -0,30710 | -0,31350 | -0,31990 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| | -0,33269 | -0,33909 | -0,34549 | -0,35829 | -0,35829 | -0,35829 | -0,35829 | -0,35829 | -0,35829 | -0,35829 | -0,35829 | -0,35829 |
| CP 1 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 11,14 | 0,00000 | -0,01919 | 0,13795 | 0,14243 | 0,14533 | 0,14986 | 0,15444 | 0,15444 | 0,15444 | 0,15736 | 0,15947 |
| 01:00:10 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | -0,00960 | -0,00960 | -0,00960 | -0,00960 | -0,00960 | -0,00960 | -0,00960 | -0,00960 | -0,00960 | -0,00960 | -0,00960 | -0,00640 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,00640 | -0,00320 | 0,00320 | 0,00640 | 0,01280 | 0,01280 | 0,01919 | 0,02559 | 0,02559 | 0,02559 | 0,02559 | 0,02239 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| | 0,02239 | 0,02047 | 0,02559 | 0,01983 | 0,03199 | 0,03199 | 0,03199 | 0,03199 | 0,03199 | 0,03199 | 0,03199 | 0,03199 |
| CP 1 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 11,18 | 0,00000 | 0,03839 | 0,06398 | 0,08317 | 0,09597 | 0,12156 | 0,12796 | 0,12796 | 0,12796 | 0,12156 | 0,12796 |
| 01:01:09 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | -0,12156 | -0,12156 | -0,12156 | -0,12156 | -0,12156 | -0,12156 | -0,12156 | -0,12156 | -0,12156 | -0,11516 | -0,11516 | -0,11516 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,11516 | -0,11516 | -0,11516 | -0,11516 | -0,11516 | -0,11516 | -0,11516 | -0,11516 | -0,11516 | -0,11516 | -0,11516 | -0,11516 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| | -0,11516 | -0,11516 | -0,11516 | -0,11516 | -0,11516 | -0,11516 | -0,11516 | -0,11516 | -0,11516 | -0,11516 | -0,11516 | -0,11516 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| CP 2 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 15,63 | 0,00000 | -0,01939 | -0,01939 | -0,01939 | -0,01939 | -0,02585 | -0,02585 | -0,02585 | -0,02585 | -0,01939 | -0,01939 |
| 01:00:03 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | -0,01939 | -0,01939 | -0,01939 | -0,01292 | -0,01292 | -0,01292 | -0,01292 | -0,00646 | -0,00646 | 0,00000 | 0,00000 | 0,00646 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | 0,00646 | 0,01292 | 0,01292 | 0,01292 | 0,01292 | 0,01292 | 0,01292 | 0,01292 | 0,01292 | 0,01292 | 0,01292 | 0,01292 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| 0,01292 | 0,01292 | 0,01292 | 0,01292 | 0,01292 | 0,01292 | 0,01292 | 0,01292 | 0,01292 | 0,01292 | 0,01292 | 0,01292 | 0,01292 |
| CP 2 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 11,14 | 0,00000 | 0,03231 | 0,06462 | 0,09693 | 0,12278 | 0,14862 | 0,15509 | 0,16155 | 0,16155 | 0,16801 | 0,17447 |
| 01:01:02 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | -0,18093 | -0,18740 | -0,22617 | -0,22617 | -0,22617 | -0,22617 | -0,22617 | -0,22617 | -0,22617 | -0,22617 | -0,23263 | -0,24555 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,25202 | -0,25848 | -0,27140 | -0,28433 | -0,29079 | -0,29725 | -0,30371 | -0,31017 | -0,31017 | -0,31017 | -0,31663 | -0,32310 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| -0,33602 | -0,34248 | -0,34894 | -0,36187 | -0,36187 | -0,36187 | -0,36187 | -0,36187 | -0,36187 | -0,36187 | -0,36187 | -0,36187 | |
| CP 2 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 11,14 | 0,00000 | -0,01939 | 0,13933 | 0,14385 | 0,14679 | 0,15136 | 0,15598 | 0,15598 | 0,15598 | 0,15893 | 0,16106 |
| 01:00:10 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | -0,00969 | -0,00969 | -0,00969 | -0,00969 | -0,00969 | -0,00969 | -0,00969 | -0,00969 | -0,00969 | -0,00969 | -0,00969 | -0,00646 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,00646 | -0,00323 | 0,00323 | 0,00646 | 0,01292 | 0,01292 | 0,01939 | 0,02585 | 0,02585 | 0,02585 | 0,02585 | 0,02262 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| 0,02262 | 0,02068 | 0,02585 | 0,02003 | 0,03231 | 0,03231 | 0,03231 | 0,03231 | 0,03231 | 0,03231 | 0,03231 | 0,03231 | |
| CP 2 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 11,18 | 0,00000 | 0,03877 | 0,06462 | 0,08401 | 0,09693 | 0,12278 | 0,12924 | 0,12924 | 0,12924 | 0,12278 | 0,12924 |
| 01:01:09 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | -0,12278 | -0,12278 | -0,12278 | -0,12278 | -0,12278 | -0,12278 | -0,12278 | -0,12278 | -0,12278 | -0,11631 | -0,11631 | -0,11631 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,11631 | -0,11631 | -0,11631 | -0,11631 | -0,11631 | -0,11631 | -0,11631 | -0,11631 | -0,11631 | -0,11631 | -0,11631 | -0,11631 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| -0,11631 | -0,11631 | -0,11631 | -0,11631 | -0,11631 | -0,11631 | -0,11631 | -0,11631 | -0,11631 | -0,11631 | -0,11631 | -0,11631 | |

| | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| CP 3 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 15,63 | 0,00000 | -0,01939 | -0,01939 | -0,01939 | -0,01939 | -0,02582 | -0,02582 | -0,02582 | -0,02582 | -0,01939 | -0,01939 |
| 01:00:03 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | -0,01939 | -0,01939 | -0,01939 | -0,01296 | -0,01296 | -0,01296 | -0,01296 | -0,00653 | -0,00653 | -0,00010 | -0,00010 | 0,00633 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | 0,00633 | 0,01276 | 0,01276 | 0,01276 | 0,01276 | 0,01276 | 0,01276 | 0,01276 | 0,01276 | 0,01276 | 0,01276 | 0,01276 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| 0,01276 | 0,01276 | 0,01276 | 0,01276 | 0,01276 | 0,01276 | 0,01276 | 0,01276 | 0,01276 | 0,01276 | 0,01276 | 0,01276 | 0,01276 |
| CP 3 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 11,14 | 0,00000 | 0,03205 | 0,06420 | 0,09634 | 0,12206 | 0,14778 | 0,15421 | 0,16064 | 0,16064 | 0,16707 | 0,17350 |
| 01:01:02 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | -0,18013 | -0,18656 | -0,22514 | -0,22514 | -0,22514 | -0,22514 | -0,22514 | -0,22514 | -0,22514 | -0,22514 | -0,23157 | -0,24443 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,25086 | -0,25728 | -0,27014 | -0,28300 | -0,28943 | -0,29586 | -0,30229 | -0,30872 | -0,30872 | -0,30872 | -0,31515 | -0,32158 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| -0,33444 | -0,34087 | -0,34730 | -0,36016 | -0,36016 | -0,36016 | -0,36016 | -0,36016 | -0,36016 | -0,36016 | -0,36016 | -0,36016 | -0,36016 |
| CP 3 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 11,14 | 0,00000 | -0,01939 | 0,13854 | 0,14303 | 0,14595 | 0,15051 | 0,15510 | 0,15510 | 0,15510 | 0,15804 | 0,16015 |
| 01:00:10 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | -0,00974 | -0,00974 | -0,00974 | -0,00974 | -0,00974 | -0,00974 | -0,00974 | -0,00974 | -0,00974 | -0,00974 | -0,00974 | -0,00653 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,00653 | -0,00331 | 0,00311 | 0,00633 | 0,01276 | 0,01276 | 0,01919 | 0,02562 | 0,02562 | 0,02562 | 0,02562 | 0,02240 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| 0,02240 | 0,02047 | 0,02562 | 0,01983 | 0,03205 | 0,03205 | 0,03205 | 0,03205 | 0,03205 | 0,03205 | 0,03205 | 0,03205 | 0,03205 |
| CP 3 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 11,18 | 0,00000 | 0,03848 | 0,06420 | 0,08349 | 0,09634 | 0,12206 | 0,12849 | 0,12849 | 0,12849 | 0,12206 | 0,12849 |
| 01:01:09 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | -0,12226 | -0,12226 | -0,12226 | -0,12226 | -0,12226 | -0,12226 | -0,12226 | -0,12226 | -0,12226 | -0,11583 | -0,11583 | -0,11583 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,11583 | -0,11583 | -0,11583 | -0,11583 | -0,11583 | -0,11583 | -0,11583 | -0,11583 | -0,11583 | -0,11583 | -0,11583 | -0,11583 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| -0,11583 | -0,11583 | -0,11583 | -0,11583 | -0,11583 | -0,11583 | -0,11583 | -0,11583 | -0,11583 | -0,11583 | -0,11583 | -0,11583 | -0,11583 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| CP 4 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 15,63 | 0,00000 | -0,01812 | -0,01812 | -0,01812 | -0,01812 | -0,02423 | -0,02423 | -0,02423 | -0,02423 | -0,01812 | -0,01812 |
| 01:00:03 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | -0,01812 | -0,01812 | -0,01812 | -0,01201 | -0,01201 | -0,01201 | -0,01201 | -0,00590 | -0,00590 | 0,00021 | 0,00021 | 0,00631 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | 0,00631 | 0,01242 | 0,01242 | 0,01242 | 0,01242 | 0,01242 | 0,01242 | 0,01242 | 0,01242 | 0,01242 | 0,01242 | 0,01242 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| 0,01242 | 0,01242 | 0,01242 | 0,01242 | 0,01242 | 0,01242 | 0,01242 | 0,01242 | 0,01242 | 0,01242 | 0,01242 | 0,01242 | |
| CP/dias | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 11,14 | 0,00000 | 0,03075 | 0,06129 | 0,09183 | 0,11626 | 0,14069 | 0,14680 | 0,15291 | 0,15291 | 0,15902 | 0,16512 |
| 01:01:02 | (mm) | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias |
| | -0,17082 | -0,17693 | -0,21358 | -0,21358 | -0,21358 | -0,21358 | -0,21358 | -0,21358 | -0,21358 | -0,21358 | -0,21969 | -0,23190 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,23801 | -0,24412 | -0,25634 | -0,26855 | -0,27466 | -0,28077 | -0,28688 | -0,29299 | -0,29299 | -0,29299 | -0,29909 | -0,30520 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| -0,31742 | -0,32353 | -0,32963 | -0,34185 | -0,34185 | -0,34185 | -0,34185 | -0,34185 | -0,34185 | -0,34185 | -0,34185 | -0,34185 | |
| CP/dias | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 11,14 | 0,00000 | -0,01812 | 0,13191 | 0,13618 | 0,13896 | 0,14328 | 0,14765 | 0,14765 | 0,14765 | 0,15044 | 0,15245 |
| 01:00:10 | (mm) | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias |
| | -0,00896 | -0,00896 | -0,00896 | -0,00896 | -0,00896 | -0,00896 | -0,00896 | -0,00896 | -0,00896 | -0,00896 | -0,00896 | -0,00590 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,00590 | -0,00285 | 0,00326 | 0,00631 | 0,01242 | 0,01242 | 0,01853 | 0,02464 | 0,02464 | 0,02464 | 0,02464 | 0,02158 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| 0,02158 | 0,01975 | 0,02464 | 0,01914 | 0,03075 | 0,03075 | 0,03075 | 0,03075 | 0,03075 | 0,03075 | 0,03075 | 0,03075 | |
| CP/dias | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 11,18 | 0,00000 | 0,03685 | 0,06129 | 0,07961 | 0,09183 | 0,11626 | 0,12237 | 0,12237 | 0,12237 | 0,11626 | 0,12237 |
| 01:01:09 | (mm) | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias |
| | -0,11585 | -0,11585 | -0,11585 | -0,11585 | -0,11585 | -0,11585 | -0,11585 | -0,11585 | -0,11585 | -0,10974 | -0,10974 | -0,10974 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,10974 | -0,10974 | -0,10974 | -0,10974 | -0,10974 | -0,10974 | -0,10974 | -0,10974 | -0,10974 | -0,10974 | -0,10974 | -0,10974 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| -0,10974 | -0,10974 | -0,10974 | -0,10974 | -0,10974 | -0,10974 | -0,10974 | -0,10974 | -0,10974 | -0,10974 | -0,10974 | -0,10974 | |

| | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| MÉDIA | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 0 | 0 | -0,01902 | -0,01902 | -0,01902 | -0,01902 | -0,02537 | -0,02537 | -0,02537 | -0,02537 | -0,01902 | -0,01902 |
| 01:00:03 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | -0,01902 | -0,01902 | -0,01902 | -0,01267 | -0,01267 | -0,01267 | -0,01267 | -0,00632 | -0,00632 | 0,00003 | 0,00003 | 0,00638 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | 0,00638 | 0,01273 | 0,01273 | 0,01273 | 0,01273 | 0,01273 | 0,01273 | 0,01273 | 0,01273 | 0,01273 | 0,01273 | 0,01273 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| 0,01273 | 0,01273 | 0,01273 | 0,01273 | 0,01273 | 0,01273 | 0,01273 | 0,01273 | 0,01273 | 0,01273 | 0,01273 | 0,01273 | |
| MÉDIA | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 0 | 0 | 0,03177 | 0,06352 | 0,09527 | 0,12067 | 0,14606 | 0,15241 | 0,15876 | 0,15876 | 0,16511 | 0,17146 |
| 01:01:02 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | -0,17776 | -0,18411 | -0,22220 | -0,22220 | -0,22220 | -0,22220 | -0,22220 | -0,22220 | -0,22220 | -0,22220 | -0,22855 | -0,24125 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,24760 | -0,25395 | -0,26665 | -0,27935 | -0,28570 | -0,29205 | -0,29840 | -0,30475 | -0,30475 | -0,30475 | -0,31109 | -0,31744 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| -0,33014 | -0,33649 | -0,34284 | -0,35554 | -0,35554 | -0,35554 | -0,35554 | -0,35554 | -0,35554 | -0,35554 | -0,35554 | -0,35554 | |
| MÉDIA | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 0 | 0 | -0,01902 | 0,13693 | 0,14137 | 0,14426 | 0,14875 | 0,15329 | 0,15329 | 0,15329 | 0,15619 | 0,15828 |
| 01:00:10 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | -0,00950 | -0,00950 | -0,00950 | -0,00950 | -0,00950 | -0,00950 | -0,00950 | -0,00950 | -0,00950 | -0,00950 | -0,00950 | -0,00632 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,00632 | -0,00315 | 0,00320 | 0,00638 | 0,01273 | 0,01273 | 0,01907 | 0,02542 | 0,02542 | 0,02542 | 0,02542 | 0,02225 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| 0,02225 | 0,02034 | 0,02542 | 0,01971 | 0,03177 | 0,03177 | 0,03177 | 0,03177 | 0,03177 | 0,03177 | 0,03177 | 0,03177 | |
| MÉDIA | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 0 | 0 | 0,03812 | 0,06352 | 0,08257 | 0,09527 | 0,12067 | 0,12701 | 0,12701 | 0,12701 | 0,12067 | 0,12701 |
| 01:01:09 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | -0,12061 | -0,12061 | -0,12061 | -0,12061 | -0,12061 | -0,12061 | -0,12061 | -0,12061 | -0,12061 | -0,11426 | -0,11426 | -0,11426 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,11426 | -0,11426 | -0,11426 | -0,11426 | -0,11426 | -0,11426 | -0,11426 | -0,11426 | -0,11426 | -0,11426 | -0,11426 | -0,11426 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| -0,11426 | -0,11426 | -0,11426 | -0,11426 | -0,11426 | -0,11426 | -0,11426 | -0,11426 | -0,11426 | -0,11426 | -0,11426 | -0,11426 | |

RETRAÇÃO TÉRMICA - 210 mm

| | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| CP 1 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 11,22 | 0,00000 | -0,00891 | -0,00891 | -0,04456 | -0,05348 | -0,05348 | -0,05348 | -0,05348 | -0,05348 | -0,05348 | -0,08913 |
| 01:00:03 | (mm) | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias |
| | -0,09804 | -0,11586 | -0,13369 | -0,16043 | -0,16043 | -0,16043 | -0,17825 | -0,20499 | -0,22282 | -0,22282 | -0,22282 | -0,23173 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,23173 | -0,24955 | -0,24955 | -0,24955 | -0,24955 | -0,24955 | -0,24955 | -0,24955 | -0,24955 | -0,24955 | -0,24955 | -0,24955 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| -0,24955 | -0,24955 | -0,24955 | -0,24955 | -0,24955 | -0,24955 | -0,24955 | -0,24955 | -0,24955 | -0,24955 | -0,24955 | -0,24955 | -0,24955 |
| CP 1 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 11,345 | 0,00000 | 0,00446 | 0,00446 | 0,01872 | 0,02496 | 0,02585 | 0,02674 | 0,02674 | 0,00891 | -0,01159 | -0,05615 |
| 01:01:02 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | 0,07130 | 0,08200 | 0,10695 | 0,12478 | 0,17825 | 0,20499 | 0,22282 | 0,23173 | 0,24955 | 0,28520 | 0,31194 | 0,31194 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | 0,31194 | 0,40107 | 0,41889 | 0,41889 | 0,41889 | 0,43672 | 0,45455 | 0,48128 | 0,49911 | 0,50802 | 0,51693 | 0,52585 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| 0,52585 | 0,52585 | 0,52585 | 0,52585 | 0,52585 | 0,52585 | 0,52585 | 0,52585 | 0,52585 | 0,52585 | 0,52585 | 0,52585 | |
| CP 1 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 11,525 | 0,00000 | -0,00891 | 0,28975 | 0,28975 | 0,29706 | 0,30446 | 0,31570 | 0,32328 | 0,32710 | 0,33093 | 0,33478 |
| 01:00:10 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | -0,00891 | -0,00891 | -0,00891 | -0,01783 | -0,01783 | -0,01783 | -0,03565 | -0,05348 | -0,07130 | -0,07130 | -0,07130 | -0,07130 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,07130 | -0,07130 | -0,07130 | -0,07130 | -0,07130 | -0,07130 | -0,07130 | -0,07130 | -0,07130 | -0,07130 | -0,07130 | -0,07130 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| -0,07130 | -0,07130 | -0,07130 | -0,07130 | -0,07130 | -0,07130 | -0,07130 | -0,07130 | -0,07130 | -0,07130 | -0,07130 | -0,07130 | |
| CP 1 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 15,76 | 0,00000 | 0,01783 | 0,01783 | 0,01783 | 0,01783 | 0,01783 | 0,01783 | 0,01783 | 0,00891 | 0,00000 | -0,02674 |
| 01:01:09 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | 0,03565 | 0,03565 | 0,05348 | 0,08021 | 0,08021 | 0,09804 | 0,10695 | 0,11586 | 0,12478 | 0,14260 | 0,16043 | 0,16043 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | 0,16043 | 0,16043 | 0,16043 | 0,16043 | 0,16043 | 0,16043 | 0,16043 | 0,16043 | 0,16043 | 0,16043 | 0,16043 | 0,16043 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| 0,16043 | 0,16043 | 0,16043 | 0,16043 | 0,16043 | 0,16043 | 0,16043 | 0,16043 | 0,16043 | 0,16043 | 0,16043 | 0,16043 | |

| | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| CP 2 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 11,22 | 0,00000 | -0,00900 | -0,00900 | -0,04501 | -0,05401 | -0,05401 | -0,05401 | -0,05401 | -0,05401 | -0,05401 | -0,09002 |
| 01:00:03 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | -0,09902 | -0,11702 | -0,13503 | -0,16203 | -0,16203 | -0,16203 | -0,18004 | -0,20704 | -0,22504 | -0,22504 | -0,22504 | -0,23405 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,23405 | -0,25205 | -0,25205 | -0,25205 | -0,25205 | -0,25205 | -0,25205 | -0,25205 | -0,25205 | -0,25205 | -0,25205 | -0,25205 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| -0,25205 | -0,25205 | -0,25205 | -0,25205 | -0,25205 | -0,25205 | -0,25205 | -0,25205 | -0,25205 | -0,25205 | -0,25205 | -0,25205 | -0,25205 |
| CP 2 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 11,345 | 0,00000 | 0,00450 | 0,00450 | 0,01890 | 0,02520 | 0,02611 | 0,02701 | 0,02701 | 0,00900 | -0,01170 | -0,05671 |
| 01:01:02 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | 0,07201 | 0,08282 | 0,10802 | 0,12602 | 0,18004 | 0,20704 | 0,22504 | 0,23405 | 0,25205 | 0,28806 | 0,31506 | 0,31506 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | 0,31506 | 0,40508 | 0,42308 | 0,42308 | 0,42308 | 0,44109 | 0,45909 | 0,48610 | 0,50410 | 0,51310 | 0,52210 | 0,53111 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| 0,53111 | 0,53111 | 0,53111 | 0,53111 | 0,53111 | 0,53111 | 0,53111 | 0,53111 | 0,53111 | 0,53111 | 0,53111 | 0,53111 | 0,53111 |
| CP 2 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 11,525 | 0,00000 | -0,00900 | 0,29265 | 0,29265 | 0,30003 | 0,30750 | 0,31885 | 0,32651 | 0,33037 | 0,33424 | 0,33813 |
| 01:00:10 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | -0,00900 | -0,00900 | -0,00900 | -0,01800 | -0,01800 | -0,01800 | -0,03601 | -0,05401 | -0,07201 | -0,07201 | -0,07201 | -0,07201 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,07201 | -0,07201 | -0,07201 | -0,07201 | -0,07201 | -0,07201 | -0,07201 | -0,07201 | -0,07201 | -0,07201 | -0,07201 | -0,07201 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| -0,07201 | -0,07201 | -0,07201 | -0,07201 | -0,07201 | -0,07201 | -0,07201 | -0,07201 | -0,07201 | -0,07201 | -0,07201 | -0,07201 | -0,07201 |
| CP 2 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 15,76 | 0,00000 | 0,01800 | 0,01800 | 0,01800 | 0,01800 | 0,01800 | 0,01800 | 0,01800 | 0,00900 | 0,00000 | -0,02701 |
| 01:01:09 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | 0,03601 | 0,03601 | 0,05401 | 0,08102 | 0,08102 | 0,09902 | 0,10802 | 0,11702 | 0,12602 | 0,14403 | 0,16203 | 0,16203 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | 0,16203 | 0,16203 | 0,16203 | 0,16203 | 0,16203 | 0,16203 | 0,16203 | 0,16203 | 0,16203 | 0,16203 | 0,16203 | 0,16203 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| 0,16203 | 0,16203 | 0,16203 | 0,16203 | 0,16203 | 0,16203 | 0,16203 | 0,16203 | 0,16203 | 0,16203 | 0,16203 | 0,16203 | 0,16203 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| CP 3 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 11,22 | 0,00000 | -0,00906 | -0,00906 | -0,04488 | -0,05384 | -0,05384 | -0,05384 | -0,05384 | -0,05384 | -0,05384 | -0,08967 |
| 01:00:03 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | -0,09862 | -0,11654 | -0,13445 | -0,16132 | -0,16132 | -0,16132 | -0,17924 | -0,20611 | -0,22402 | -0,22402 | -0,22402 | -0,23298 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,23298 | -0,25089 | -0,25089 | -0,25089 | -0,25089 | -0,25089 | -0,25089 | -0,25089 | -0,25089 | -0,25089 | -0,25089 | -0,25089 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| -0,25089 | -0,25089 | -0,25089 | -0,25089 | -0,25089 | -0,25089 | -0,25089 | -0,25089 | -0,25089 | -0,25089 | -0,25089 | -0,25089 | |
| CP 3 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 11,345 | 0,00000 | 0,00438 | 0,00438 | 0,01871 | 0,02498 | 0,02587 | 0,02677 | 0,02677 | 0,00886 | -0,01174 | -0,05653 |
| 01:01:02 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | 0,07155 | 0,08230 | 0,10738 | 0,12529 | 0,17904 | 0,20591 | 0,22382 | 0,23278 | 0,25069 | 0,28652 | 0,31339 | 0,31339 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | 0,31339 | 0,40295 | 0,42087 | 0,42087 | 0,42087 | 0,43878 | 0,45670 | 0,48357 | 0,50148 | 0,51044 | 0,51939 | 0,52835 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| 0,52835 | 0,52835 | 0,52835 | 0,52835 | 0,52835 | 0,52835 | 0,52835 | 0,52835 | 0,52835 | 0,52835 | 0,52835 | 0,52835 | |
| CP 3 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 11,525 | 0,00000 | -0,00906 | 0,29109 | 0,29109 | 0,29843 | 0,30586 | 0,31716 | 0,32478 | 0,32862 | 0,33247 | 0,33634 |
| 01:00:10 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | -0,00906 | -0,00906 | -0,00906 | -0,01801 | -0,01801 | -0,01801 | -0,03593 | -0,05384 | -0,07175 | -0,07175 | -0,07175 | -0,07175 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,07175 | -0,07175 | -0,07175 | -0,07175 | -0,07175 | -0,07175 | -0,07175 | -0,07175 | -0,07175 | -0,07175 | -0,07175 | -0,07175 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| -0,07175 | -0,07175 | -0,07175 | -0,07175 | -0,07175 | -0,07175 | -0,07175 | -0,07175 | -0,07175 | -0,07175 | -0,07175 | -0,07175 | |
| CP 3 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 15,76 | 0,00000 | 0,01781 | 0,01781 | 0,01781 | 0,01781 | 0,01781 | 0,01781 | 0,01781 | 0,00886 | -0,00010 | -0,02697 |
| 01:01:09 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | 0,03573 | 0,03573 | 0,05364 | 0,08051 | 0,08051 | 0,09842 | 0,10738 | 0,11634 | 0,12529 | 0,14321 | 0,16112 | 0,16112 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | 0,16112 | 0,16112 | 0,16112 | 0,16112 | 0,16112 | 0,16112 | 0,16112 | 0,16112 | 0,16112 | 0,16112 | 0,16112 | 0,16112 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| 0,16112 | 0,16112 | 0,16112 | 0,16112 | 0,16112 | 0,16112 | 0,16112 | 0,16112 | 0,16112 | 0,16112 | 0,16112 | 0,16112 | |

| | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| CP 4 | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 11,22 | 0,00000 | -0,00830 | -0,00830 | -0,04234 | -0,05085 | -0,05085 | -0,05085 | -0,05085 | -0,05085 | -0,05085 | -0,08488 |
| 01:00:03 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | -0,09339 | -0,11041 | -0,12743 | -0,15296 | -0,15296 | -0,15296 | -0,16997 | -0,19550 | -0,21252 | -0,21252 | -0,21252 | -0,22103 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,22103 | -0,23805 | -0,23805 | -0,23805 | -0,23805 | -0,23805 | -0,23805 | -0,23805 | -0,23805 | -0,23805 | -0,23805 | -0,23805 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| -0,23805 | -0,23805 | -0,23805 | -0,23805 | -0,23805 | -0,23805 | -0,23805 | -0,23805 | -0,23805 | -0,23805 | -0,23805 | -0,23805 | -0,23805 |
| CP/dias | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 11,345 | 0,00000 | 0,00446 | 0,00446 | 0,01807 | 0,02403 | 0,02488 | 0,02573 | 0,02573 | 0,00871 | -0,01086 | -0,05340 |
| 01:01:02 | (mm) | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias |
| | 0,06828 | 0,07849 | 0,10231 | 0,11933 | 0,17038 | 0,19591 | 0,21293 | 0,22144 | 0,23846 | 0,27249 | 0,29802 | 0,29802 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | 0,29802 | 0,38311 | 0,40012 | 0,40012 | 0,40012 | 0,41714 | 0,43416 | 0,45969 | 0,47671 | 0,48521 | 0,49372 | 0,50223 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| 0,50223 | 0,50223 | 0,50223 | 0,50223 | 0,50223 | 0,50223 | 0,50223 | 0,50223 | 0,50223 | 0,50223 | 0,50223 | 0,50223 | 0,50223 |
| CP/dias | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 11,525 | 0,00000 | -0,00830 | 0,27683 | 0,27683 | 0,28381 | 0,29087 | 0,30160 | 0,30884 | 0,31249 | 0,31615 | 0,31982 |
| 01:00:10 | (mm) | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias |
| | -0,00830 | -0,00830 | -0,00830 | -0,01681 | -0,01681 | -0,01681 | -0,03383 | -0,05085 | -0,06787 | -0,06787 | -0,06787 | -0,06787 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,06787 | -0,06787 | -0,06787 | -0,06787 | -0,06787 | -0,06787 | -0,06787 | -0,06787 | -0,06787 | -0,06787 | -0,06787 | -0,06787 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| -0,06787 | -0,06787 | -0,06787 | -0,06787 | -0,06787 | -0,06787 | -0,06787 | -0,06787 | -0,06787 | -0,06787 | -0,06787 | -0,06787 | -0,06787 |
| CP/dias | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 15,76 | 0,00000 | 0,01722 | 0,01722 | 0,01722 | 0,01722 | 0,01722 | 0,01722 | 0,01722 | 0,00871 | 0,00021 | -0,02532 |
| 01:01:09 | (mm) | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias | dias |
| | 0,03424 | 0,03424 | 0,05126 | 0,07679 | 0,07679 | 0,09380 | 0,10231 | 0,11082 | 0,11933 | 0,13635 | 0,15337 | 0,15337 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | 0,15337 | 0,15337 | 0,15337 | 0,15337 | 0,15337 | 0,15337 | 0,15337 | 0,15337 | 0,15337 | 0,15337 | 0,15337 | 0,15337 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| 0,15337 | 0,15337 | 0,15337 | 0,15337 | 0,15337 | 0,15337 | 0,15337 | 0,15337 | 0,15337 | 0,15337 | 0,15337 | 0,15337 | 0,15337 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| MÉDIA | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 0 | 0 | -0,00882 | -0,00882 | -0,04420 | -0,05304 | -0,05304 | -0,05304 | -0,05304 | -0,05304 | -0,05304 | -0,08842 |
| 01:00:03 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | -0,09727 | -0,11496 | -0,13265 | -0,15918 | -0,15918 | -0,15918 | -0,17687 | -0,20341 | -0,22110 | -0,22110 | -0,22110 | -0,22994 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,22994 | -0,24763 | -0,24763 | -0,24763 | -0,24763 | -0,24763 | -0,24763 | -0,24763 | -0,24763 | -0,24763 | -0,24763 | -0,24763 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| -0,24763 | -0,24763 | -0,24763 | -0,24763 | -0,24763 | -0,24763 | -0,24763 | -0,24763 | -0,24763 | -0,24763 | -0,24763 | -0,24763 | -0,24763 |
| MÉDIA | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 0 | 0 | 0,00445 | 0,00445 | 0,01860 | 0,02479 | 0,02568 | 0,02656 | 0,02656 | 0,00887 | -0,01147 | -0,05570 |
| 01:01:02 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | 0,07079 | 0,08140 | 0,10617 | 0,12386 | 0,17693 | 0,20346 | 0,22115 | 0,23000 | 0,24769 | 0,28307 | 0,30960 | 0,30960 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | 0,30960 | 0,39805 | 0,41574 | 0,41574 | 0,41574 | 0,43343 | 0,45112 | 0,47766 | 0,49535 | 0,50419 | 0,51304 | 0,52188 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| 0,52188 | 0,52188 | 0,52188 | 0,52188 | 0,52188 | 0,52188 | 0,52188 | 0,52188 | 0,52188 | 0,52188 | 0,52188 | 0,52188 | 0,52188 |
| MÉDIA | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 0 | 0 | -0,00882 | 0,28758 | 0,28758 | 0,29484 | 0,30217 | 0,31333 | 0,32085 | 0,32464 | 0,32845 | 0,33227 |
| 01:00:10 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | -0,00882 | -0,00882 | -0,00882 | -0,01766 | -0,01766 | -0,01766 | -0,03535 | -0,05304 | -0,07073 | -0,07073 | -0,07073 | -0,07073 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | -0,07073 | -0,07073 | -0,07073 | -0,07073 | -0,07073 | -0,07073 | -0,07073 | -0,07073 | -0,07073 | -0,07073 | -0,07073 | -0,07073 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| -0,07073 | -0,07073 | -0,07073 | -0,07073 | -0,07073 | -0,07073 | -0,07073 | -0,07073 | -0,07073 | -0,07073 | -0,07073 | -0,07073 | -0,07073 |
| MÉDIA | L0 | dia 0 | dia 1 | dia 2 | dia 3 | dia 4 | dia 5 | dia 6 | dia 7 | dia 8 | dia 9 | dia 10 |
| TRAÇOS | 0 | 0 | 0,01772 | 0,01772 | 0,01772 | 0,01772 | 0,01772 | 0,01772 | 0,01772 | 0,00887 | 0,00003 | -0,02651 |
| 01:01:09 | dias 11 | dias 12 | dias 13 | dias 14 | dias 15 | dias 16 | dias 17 | dias 18 | dias 19 | dias 20 | dias 21 | dias 22 |
| | 0,03541 | 0,03541 | 0,05310 | 0,07963 | 0,07963 | 0,09732 | 0,10617 | 0,11501 | 0,12386 | 0,14155 | 0,15924 | 0,15924 |
| | dia 23 | dia 24 | dia 25 | dia 26 | dia 27 | dia 28 | dia 29 | dia 30 | dia 31 | dia 32 | dia 33 | dia 34 |
| | 0,15924 | 0,15924 | 0,15924 | 0,15924 | 0,15924 | 0,15924 | 0,15924 | 0,15924 | 0,15924 | 0,15924 | 0,15924 | 0,15924 |
| | dia 35 | dia 36 | dia 37 | dia 38 | dia 39 | dia 40 | dia 41 | dia 42 | dia 43 | dia 44 | dia 45 | dia 46 |
| 0,15924 | 0,15924 | 0,15924 | 0,15924 | 0,15924 | 0,15924 | 0,15924 | 0,15924 | 0,15924 | 0,15924 | 0,15924 | 0,15924 | 0,15924 |