

**CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DAS PROPRIEDADES DOS
MATERIAIS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS
DE VIDRO (*GLASS FIBRE REINFORCED CEMENT – GRC*)**

Rodrigo de Melo Lameiras

Porto Alegre
2007

RODRIGO DE MELO LAMEIRAS

**CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DAS PROPRIEDADES DOS
MATERIAIS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS
DE VIDRO (*GLASS FIBRE REINFORCED CEMENT – GRC*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em
Engenharia na modalidade Acadêmico

Porto Alegre

2007

L228c	<p>Lameiras, Rodrigo de Melo Contribuição ao estudo das propriedades dos materiais cimentícios reforçados com fibras de vidro (<i>Glass Fibre Reinforced Cement – GRC</i>) / Rodrigo de Melo Lameiras. – 2007.</p> <p>Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, BR-RS, 2007.</p> <p>Orientação: Prof^a.Dr^a. Ângela Borges Masuero e Prof^a. Dr^a. Denise Carpena Coitinho Dal Molin</p> <p>1. Fibra de vidro. 2. Materiais de construção. 3. Materiais cimentícios. I. Masuero, Ângela Borges, orient. II. Dal Molin, Denise Carpena Coitinho, orient. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU-691.32(043)</p>
-------	---

RODRIGO DE MELO LAMEIRAS

**CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DAS PROPRIEDADES DOS
MATERIAIS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS
DE VIDRO (*GLASS FIBRE REINFORCED CEMENT – GRC*)**

Porto Alegre, 27 de fevereiro de 2007

Prof.a. Angela Borges Masuero
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientadora

Prof.a. Denise Carpena Coitinho Dal Molin
Dr. pela Universidade de São Paulo
Orientadora

Prof. Fernando Schnaid
Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Hélio Adão Greven (ULBRA)
Dr.-Ing. pela Universität Hannover, Alemanha

Prof. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho (UFRGS)
PhD pela University of Leeds, Grã Bretanha

Prof. Marlova Piva Kulakowski (UNISINOS)
Dr pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Aos meus pais, Joaquim e Antônia
Às minhas irmãs Janine e Ivana

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e irmãs por todo o apoio e incentivo. Mesmo sabendo dos sacrifícios que tínhamos que fazer por estarmos tão distantes, sempre apoiaram a continuidade dos meus estudos.

Aos meus avós, primos e tios. Em especial ao meu tio Domingos e à tia Stela.

Aos meus grandes amigos de Maceió: André, Angela, Daniel e Marta, por todos os momentos que vivemos juntos, por sempre torcerem pelo meu sucesso e pela compreensão por todo o tempo que estive ausente para poder estar concluindo esta dissertação.

Aos meus colegas da graduação: Irene, Kátia, Thiago Oliveira, Taíse e, em especial, à turma do PEC: Jonathas, Eduardo Toledo, Gustavo Codá, Márcio, Jefferson e José Adeildo. Vivenciando outras experiências eu percebo que estávamos caminhando no rumo correto e o quão foi importante a nossa iniciativa, ousadia e coragem de iniciar este programa.

Aos meus mestres da UFAL, em especial ao Eduardo Nobre, Severino, Barbirato, José Adeildo e Roberaldo; tão importantes na minha formação e dos quais a dedicação à universidade, brilhantismo na arte de lecionar e na forma que conduzem as suas pesquisas e paixão pelo que fazem, acabaram por me influenciar na escolha de seguir a carreira acadêmica. Hoje vejo que, graças à dedicação de vocês o nosso curso é um exemplo de sucesso.

Aos meus orientadores de iniciação científica e professores: Dilze, Aline, Flávio, Paulo e Luciana. Vocês são meus exemplos de pesquisadores e responsáveis por boa parte da minha formação. Os admiro muito e só tenho a agradecer a todos vocês.

Aos meus amigos engenheiros pós-graduandos que moram/moravam em Porto Alegre, em especial ao Diogo, Chris, Nilson, Fernando e Ruberto, por me acolherem aqui assim que cheguei. Vocês foram muito importantes numa fase difícil de adaptação e mudanças. A vocês, muito obrigado mesmo.

À minha amiga Teresa por ter tolerado tanto minhas doidices, por nossas conversas na época sem TV, pelos jogos de basquete na redenção, pelos almoços no Barônia e por tantos outros momentos compartilhados. Te admiro muito e só tenho a te agradecer.

À minha família aqui em Porto Alegre: Lüiz, Cilene e Fabrício. Vocês são muito especiais para mim. Tenho muito a vos agradecer por todos os momentos compartilhados, pelo apoio, por terem tolerado todo meu estresse e pelo companheirismo nos momentos difíceis.

A todos meus amigos do NORIE: às minhas conterrâneas Adriana e Geilma; ao Éder, Airton, Alexandre, Ana Paula, Edna, Simone, Daniel, Ismael, Rodrigo Bortolazza, Nauíra, Eugênia, Carol Mendes, Carol Faccioli, Diego, Cristiano, Marcus, Lucília, Fernanda “vermelho” e Bernardo. Em especial agradeço ao Paulo, Francieli, Sheila, Fernanda baiana e à Simone Gusson.

Ao Fontes por toda a ajuda, dedicação, conversas e pelo exemplo de funcionário que é. Graças as suas contribuições e experiência é que este trabalho pôde se concretizar.

Aos meus mestres no NORIE: Bonin, por toda a atenção, dedicação e apoio; ao Formoso, pelo exemplo de mestre e orientador que se transformou para mim; ao Jairo, Satler e Carin pelo conhecimento.

Às minhas orientadoras Angela e Denise pela confiança, contribuição e aprendizado ao longo da construção desta dissertação.

À Geovana Gava e ao professor Luiz Carlos (bis) pelas contribuições e atenção.

À empresa Verdicon por ter viabilizado esta pesquisa. Em especial ao Giovani pela confiança, e aos funcionários Eugênio e Flávio por toda ajuda.

Aos órgãos de fomento à pesquisa CAPES e CNPQ pelo apoio financeiro.

A todas as pessoas que não foram citadas aqui, mas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

“Não sou jovem o suficiente para saber tudo”
(**Oscar Wilde**)

RESUMO

LAMEIRAS, R.M. **Contribuição ao Estudo das Propriedades dos Materiais Cimentícios Reforçados com Fibras de Vidro (*Glass Fibre Reinforced Cement – GRC*)**. 2007.

Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

Os materiais cimentícios são materiais frágeis que apresentam resistências à tração e capacidades de deformação muito baixas. Uma das formas de contornar a fragilidade destes materiais é a utilização de fibras curtas, descontínuas e dispersas. Um exemplo destes materiais cimentícios são os produzidos com fibras de vidro, comumente denominados pela sigla GRC. Apesar dos diversos avanços apresentados na tecnologia do GRC, ele ainda apresenta uma degradação significativa das suas propriedades ao longo do seu envelhecimento. Além disso, por ser um material que começou a ser produzido em escala industrial há pouco tempo no Brasil, há uma carência de pesquisas que caracterizem os GRCs produzidos com materiais locais. Portanto, esta pesquisa veio com o objetivo geral de avaliar o GRC produzido com fibras de vidro álcali-resistente (tipo AR) e com os materiais disponíveis comercialmente na cidade de Porto Alegre com relação as suas propriedades mecânicas e durabilidade. Mais especificamente, estudou-se a influência do tamanho das fibras (35mm e 17,5mm), da adição de sílica ativa (5%) e metacaulim (5%, 10% e 15%), da relação agregado/cimento (1,00 e 1,10) e da idade (28, 42, 49 e 56 dias). As propriedades estudadas foram: limite de proporcionalidade (PEL), módulo de ruptura (MOR), índices de tenacidade (I5, I10 e I30), módulo de elasticidade na flexão (MEF), absorção de água (ABS), massa específica (MES) e porosidade aparente (PAP). Além disso, utilizou-se um método acelerado de ataque em água a 50°C, em diversos períodos de ataque (14, 21 e 28 dias), para estudar o efeito do envelhecimento nas propriedades mecânicas do GRC. Os resultados mostraram que, enquanto algumas propriedades são majoritariamente dependentes da matriz, outras são fundamentalmente dependentes das propriedades do reforço. Apesar do aumento das fibras provocar melhorias na resistência última e na capacidade de absorção de energia do material, ele também gera perturbação naquelas propriedades que as características da matriz são mais relevantes devido ao fato das fibras dificultarem o adensamento do GRC. Com o uso de elevados teores de metacaulim, os compósitos produzidos com fibras curtas apresentaram MOR e índices de tenacidade elevados (também obtidos com fibras longas), mantendo o efeito benéfico do uso deste tamanho de fibras nas propriedades que dependem mais das matrizes. As propriedades majoritariamente dependentes das características das fibras (MOR, I5, I10 e I30) se mostraram muito sensíveis ao ataque. Ademais, o uso das adições pozolânicas não se mostrou capaz de reter tais propriedades para os tempos estudados.

Palavras-chave: GRC; fibra de vidro AR; materiais cimentícios reforçados com fibras, compósitos

ABSTRACT

LAMEIRAS, R.M. **Contribution to the Study of Properties of Glass Fibre Reinforced Cement - GRC**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

The cementitious materials are fragile materials that show low tensile strengths and low capacity of deformation. One way of dealing with the fragility of these materials is the utilization of short, discontinuous and disperse fibres. One of these cementitious materials is the one usually called by the term GRC. Despite the advances of the GRC technology, this material shows high degradation of its properties throughout the life cycle. Besides that, the fact of being a material which has recently been produced in Brazil on a industrial scale, there is an enormous lack on researches about GRC produced with local materials. Therefore, this research was envisioned with the main objective of evaluating the GRC properties produced with alkali-resistant glass fibres (AR type) and with materials commercially available in Porto Alegre, analyzing its mechanical properties and durability. Specifically, it studied the influence of fibre length (35 mm and 17,5 mm), of silica fume (5%) and metakaolin addition (5%, 10% and 15%), of aggregate/cement relation (1,00 and 1,10) and of the age (28, 42, 49 and 56 days). The measured properties were: proportional limit (PEL), modulus of rupture (MOR), toughness indexes (I5, I10 and I30), modulus of elasticity in bending (MEF), water absorption (ABS), bulk density (MES) and apparent porosity (PAP). In addition, the mechanicals properties of GRC under the effect of ageing (stored in water at 50°C to accelerate the ageing) were investigated where the test were carried out after 14, 21 and 28 days of the accelerated ageing. The results showed that while some properties are mainly influenced by the matrix properties (PEL, MEF, ABS, MES and PAP), others are basically dependent on the fiber reinforcement properties (MOR, I5, I10 and I30). Despite the fact that GRC produced with greater fibre length showed increases at MOR and in energy absorption capacity, it lead to losses of those properties that are mainly influenced by the matrix because it is more difficult to consolidate this GRC. Furthermore, the addition of high contents of metakaolin in composites produced with short fibres leads to MOR and toughness indexes to the higher levels found (gotten with long fibres), keeping the benefic effect of using short fibres at the properties that are basically function of the matrix properties. The MOR, I5, I10 and I30 decreased when the GRC suffer accelerated ageing. The results also showed that the use of pozzolanic additions wasn't able to retain the mechanical properties of GRC throughout time.

Key-words: GRC; glass fibre; fibre reinforced cement, composites

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	12
LISTA DE TABELAS	15
SIGLAS E ABREVIATURAS	16
SÍMBOLOS	19
1 INTRODUÇÃO	20
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	20
1.2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS	23
1.3 LIMITAÇÕES DO TRABALHO	23
2 MATERIAIS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS	24
2.1 HISTÓRICO	25
2.2 FASES	27
2.2.1 Fase Fibra	27
2.2.2 Fase Matriz	29
2.2.3 Interações entre as Fases Fibra e Matriz	31
2.2.3.1 A Estrutura da Interface Fibra-Matriz	31
2.2.3.2 Transferência de Tensões nos Compósitos	31
2.3 MECÂNICA DOS MATERIAIS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS	33
2.4 FATORES QUE INFLUENCIAM NO COMPORTAMENTO DO COMPÓSITO .	36
2.4.1 Volume de Fibra	36
2.4.2 Comprimento das Fibras	38
2.4.3 Disposição das Fibras	39
3 MATERIAIS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS DE VIDRO (GRC – GLASS FIBRE REINFORCED CEMENT)	41
3.1 FIBRAS DE VIDRO	41
3.1.1 Propriedades Físicas, Químicas e Mecânicas	42
3.2 ASPECTOS HISTÓRICOS	44
3.3 MÉTODOS DE PRODUÇÃO	45
3.3.1 Métodos de Pré-Mistura (Premix)	45
3.3.2 Métodos de Projeção	47
3.3.2.1 Projetado-drenado (<i>spray-dewatering</i> ou <i>spray-suction</i>)	48
3.3.2.2 Projeção Manual (<i>spray-up</i>)	48
3.3.2.3 Projeção Mecanizada	50
3.4 CARACTERÍSTICAS DO GRC	50
3.4.1 Microestrutura	51

3.4.2 Resistência Mecânica	52
3.4.3 Tenacidade	54
3.4.4 Durabilidade	55
3.4.4.1 Mecanismos de Melhoria da Durabilidade	62
3.4.4.1.1 <i>Modificações da Fibra de Vidro</i>	62
3.4.4.1.2 <i>Modificações da Matriz Cimentícia</i>	63
3.4.4.1.3 <i>Processamentos Pós-Moldagem</i>	69
3.5 PANORAMA ATUAL DA UTILIZAÇÃO DO GRC	70
4 PROGRAMA EXPERIMENTAL	75
4.1 PROJETO EXPERIMENTAL	75
4.2 MATERIAIS EMPREGADOS	80
4.2.1 Agregado Miúdo	80
4.2.2 Cimento Portland	82
4.2.3 Adições Pozolânicas	82
4.2.4 Aditivo Superplastificante	83
4.2.5 Água	84
4.2.6 Fibra de Vidro	84
4.3 MOLDAGEM DOS COMPÓSITOS E CONSUMO DE MATERIAIS	84
4.4 MÉTODOS DE ENSAIO	92
4.4.1 Flexão	92
4.4.1.1 Aparato para Leitura das Deflexões	95
4.4.1.2 Arquivos de Aquisição e Processamento dos Dados	96
4.4.1.3 Índices de Tenacidade	99
4.4.1.4 Módulo de Elasticidade na Flexão	99
4.4.2 Absorção de Água, Massa Específica e Porosidade Aparente	101
4.4.3 Ensaio de Durabilidade com Ataque em Água Quente	101
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	103
5 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	104
5.1 ABSORÇÃO DE ÁGUA, MASSA ESPECÍFICA E POROSIDADE APARENTE	104
5.1.1 Influência do Tipo de Aglomerante na ABS, MES e PAP	107
5.1.2 Influência da Relação Agregado/Cimento na ABS, MES e PAP	108
5.1.3 Influência do Tamanho das Fibras na ABS, MES e PAP	110
5.2 LIMITE DE PROPORCIONALIDADE (PEL)	112
5.2.1 Influência do Processo de Envelhecimento Acelerado no PEL	114
5.2.2 Influência da Idade no PEL	115
5.2.3 Influência do Tipo de Aglomerante no PEL	116

5.2.4 Influência da Relação Agregado/Cimento no PEL	118
5.2.5 Influência do Tamanho das Fibras no PEL	119
5.3 MÓDULO DE RUPTURA (MOR)	122
5.3.1 Influência do Processo de Envelhecimento Acelerado no MOR	124
5.3.2 Influência da Idade no MOR	125
5.3.3 Influência do Tipo de Aglomerante no MOR	127
5.3.4 Influência da Relação Agregado/Cimento no MOR	129
5.3.5 Influência do Tamanho das Fibras no MOR	130
5.4 TENACIDADE	134
5.4.1 Influência do Processo de Envelhecimento Acelerado na Tenacidade	139
5.4.2 Influência da Idade na Tenacidade	141
5.4.3 Influência do Tipo de Aglomerante na Tenacidade	142
5.4.4 Influência da Relação Agregado/Cimento na Tenacidade	146
5.4.5 Influência do Tamanho das Fibras na Tenacidade	148
5.5 MÓDULO DE ELASTICIDADE NA FLEXÃO (MEF)	150
5.5.1 Influência do Processo de Envelhecimento Acelerado no MEF	152
5.5.2 Influência da Idade no MEF	152
5.5.3 Influência do Tipo de Aglomerante no MEF	153
5.5.4 Influência da Relação Agregado/Cimento no MEF	154
5.5.5 Influência do Tamanho das Fibras no MEF	156
5.6 COMPARAÇÃO ENTRE RESULTADOS	160
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	162
6.1 CONCLUSÕES	162
6.1.1 Com Relação à Influência do Processo de Envelhecimento Acelerado nas Propriedades em Análise	162
6.1.2 Com Relação à Influência da Idade nas Propriedades em Análise	163
6.1.3 Com Relação à Influência do Tipo de Aglomerante nas Propriedades em Análise	164
6.1.4 Com Relação à Influência da Relação Agregado/Cimento nas Propriedades em Análise	165
6.1.5 Com Relação à Influência do Tamanho das Fibras nas Propriedades em Análise	166
6.1.6 Considerações Finais Quanto aos Métodos Adotados	167
6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	168
REFERÊNCIAS	169
APÊNDICE A – Dados brutos, testes de comparação múltipla de médias e curvas tensão x deflexão	175

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: interação fibra-matriz	33
Figura 2.2: representação esquemática da curva tensão-deformação do material compósito	34
Figura 2.3: representação esquemática do processo de fissuração múltipla e da curva resultante em um compósito composto por uma matriz frágil reforçado por fibras	35
Figura 2.4: representação esquemática das curvas tensão-deformação materiais compósitos a depender do volume de fibras	37
Figura 2.5: definição de comprimento crítico	38
Figura 2.6: ilustração do efeito de fibras de diferentes tamanhos na costura das fissuras	39
Figura 2.7: fator de eficiência total como função do comprimento das fibras para o caso de transferência de tensões cisalhantes por fricção	40
Figura 3.1: representação esquemática	43
Figura 3.2: fluxograma típico de um processo de pré-mistura	47
Figura 3.3: fluxograma típico do processo de projeção manual	49
Figura 3.4: representação esquemática da definição das resistências de projeto	56
Figura 3.5: efeito do envelhecimento acelerado na resistência.....	57
Figura 3.6: curvas normalizadas de Arrhenius da resistência (resistência das fibras determinadas pelo 'SIC test' e resistência à flexão) de corpos-de-prova sob envelhecimento natural e acelerado	58
Figura 3.7: efeito da modificação das matrizes dos GRCs através do uso de diferentes polímeros	67
Figura 3.8: exemplos de edificações com fachadas constituídas de painéis pré-fabricados de GRC.....	70
Figura 3.9: painéis de GRC.....	71
Figura 3.10: utilização do GRC em objetos sujeitos ao vandalismo.....	72
Figura 3.11: utilização do GRC em elementos arquitetônicos.....	73
Figura 3.12: utilização do GRC em barreiras anti-ruídos.....	74
Figura 3.13: fôrmas permanentes de GRC	74
Figura 4.1: esquema experimental adotado	79
Figura 4.2: misturador de alta velocidade utilizado na produção das matrizes cimentícias.....	85
Figura 4.3: determinação da trabalhabilidade das matrizes.....	86
Figura 4.4: moldagem das placas de GRC.....	89
Figura 4.5: retirada dos corpos-de-prova da placa no estado fresco para a verificação do teor de fibras	90
Figura 4.6: representação esquemática do ensaio <i>wash-out test</i>	90

Figura 4.7: representação esquemática da extração dos corpos-de-prova a partir do corte da placa de GRC	92
Figura 4.8: representação esquemática do ensaio de flexão	93
Figura 4.9: aparatos de aplicação de carga e apoio utilizados no ensaio de flexão	93
Figura 4.10: configuração utilizada no ensaio de flexão	94
Figura 4.11: aparato utilizado para fixação dos LVDTs ao corpo-de-prova	96
Figura 4.12: determinação das resistências mecânicas características	98
Figura 4.13: determinação dos índices de tenacidade da ASTM C1018	99
Figura 4.14: determinação do módulo de elasticidade na flexão	100
Figura 4.15: exemplo de curva para determinação do módulo de elasticidade na flexão	100
Figura 5.1: efeitos isolados do tipo de aglomerante sobre a ABS, MES e PAP	107
Figura 5.2: efeitos isolados da relação agregado/cimento sobre a ABS e PAP	108
Figura 5.3: efeito da relação agregado/cimento e aglomerante sobre a ABS, MES e PAP	109
Figura 5.4: efeitos isolados do tamanho das fibras sobre a ABS e PAP	110
Figura 5.5: efeito da interação entre tamanho das fibras e tipo de aglomerante sobre a MES	111
Figura 5.6: efeitos da interação de segunda ordem entre o tamanho das fibras, tipo de aglomerante e relação agregado/cimento sobre a ABS e PAP	112
Figura 5.7: efeito da interação entre idade e ataque sobre o PEL	115
Figura 5.8: efeito da interação entre aglomerante e ataque sobre o PEL	116
Figura 5.9: efeito da interação entre aglomerante e idade sobre o PEL	117
Figura 5.10: efeito da interação entre agregado/cimento e idade sobre o PEL	118
Figura 5.11: efeito da interação entre agregado/cimento e tipo de aglomerante sobre o PEL	119
Figura 5.12: efeito da interação entre tamanho das fibras e ataque sobre o PEL	120
Figura 5.13: efeito da interação entre tamanho das fibras e tipo de aglomerante sobre o PEL	121
Figura 5.14: efeito da interação entre tamanho das fibras, tipo de aglomerante e agregado/cimento sobre o PEL	122
Figura 5.15: efeito isolado do ataque sobre o MOR	125
Figura 5.16: efeito da interação entre a idade e presença de ataque sobre o MOR	125
Figura 5.17: efeito da interação entre aglomerante e presença de ataque sobre o MOR	127
Figura 5.18: efeito da interação entre aglomerante, presença de ataque e idade sobre o MOR	128
Figura 5.19: efeito da interação entre agregado/cimento e aglomerante sobre o MOR	129
Figura 5.20: efeito da interação entre aglomerante, agregado/cimento e idade sobre o MOR	130
Figura 5.21: efeito isolado do tamanho das fibras sobre o MOR	130

Figura 5.22: efeito da interação entre tamanho das fibras e aglomerante sobre o MOR .	131
Figura 5.23: efeito da interação do tamanho das fibras, presença de ataque e agregado/cimento sobre o MOR	132
Figura 5.24: efeito da interação do tamanho das fibras, tipo de aglomerante e agregado/cimento sobre o MOR	133
Figura 5.25: efeito isolado do ataque sobre os índices de tenacidade	140
Figura 5.26: efeito da interação entre a idade e presença de ataque sobre os índices de tenacidade	141
Figura 5.27: efeito da interação entre aglomerante e presença de ataque sobre os índices de tenacidade	143
Figura 5.28: efeito da interação entre aglomerante, presença de ataque e idade sobre os índices de tenacidade	145
Figura 5.29: efeito da interação entre relação agregado/cimento, aglomerante e ataque sobre os índices de tenacidade	147
Figura 5.30: efeito do tamanho das fibras sobre os índices de tenacidade	148
Figura 5.31: efeito da interação entre tamanho das fibras e aglomerante sobre os índices de tenacidade	149
Figura 5.32: efeito isolado da idade sobre o MEF	152
Figura 5.33: efeito isolado do aglomerante sobre o MEF	153
Figura 5.34: efeito da interação entre aglomerante e idade sobre o MEF	154
Figura 5.35: efeito isolado da relação agregado/cimento sobre o MEF	154
Figura 5.36: efeito da interação entre relação agregado/cimento e idade sobre o MEF ..	155
Figura 5.37: efeito da interação entre relação agregado/cimento e tipo de aglomerante sobre o MEF	156
Figura 5.38: efeito isolado do tamanho das fibras sobre o MEF	157
Figura 5.39: efeito conjunto do tamanho das fibras e tipo de aglomerante sobre o MEF	157
Figura 5.40: efeito conjunto do tamanho das fibras e relação agregado/cimento sobre o MEF	158
Figura 5.41: efeito conjunto do tamanho das fibras, aglomerante e agregado/cimento sobre o MEF	159

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: propriedades das fibras e das matrizes cimentícias	28
Tabela 3.1: exemplo de composição química de fibras de vidro (em % da massa)	42
Tabela 3.2: exemplo de propriedades de alguns filamentos de vidro	43
Tabela 3.3: intervalo de resistências dos GRCs produzidos por diferentes métodos	52
Tabela 3.4: correlações entre um dia de exposição do GRC em água a diferentes temperaturas e o tempo equivalente de exposição natural na Grã-Bretanha	58
Tabela 3.5: correlações entre um dia de exposição do GRC produzido com fibras AR em água a 50°C e o tempo equivalente de exposição em diversos ambientes ...	59
Tabela 4.1: comparação entre o estudo preliminar e o estudo definitivo	80
Tabela 4.2: composições granulométricas das areias utilizadas	81
Tabela 4.3: massas específicas das areias utilizadas.....	82
Tabela 4.4: caracterização dos lotes de cimento utilizados	82
Tabela 4.5: resultados da caracterização física da sílica ativa e metacaulim	83
Tabela 4.6: propriedades do superplastificante utilizado	83
Tabela 4.7: propriedades da fibra utilizada	84
Tabela 4.8: composição química da fibra de vidro utilizada expressa em óxidos	84
Tabela 4.9: consumo de materiais empregados na confecção das matrizes	87
Tabela 4.10: consistências das matrizes cimentícias utilizadas na moldagem	88
Tabela 4.11: teores de fibra na calibração prévia do equipamento de projeção	88
Tabela 4.12: teores de fibra determinados através do ensaio <i>wash-out test</i>	91
Tabela 5.1: valores médios da ABS, MES e PAP e seus coeficientes de variação	105
Tabela 5.2: resumo da ANOVA da ABS	106
Tabela 5.3: resumo da ANOVA da MES	106
Tabela 5.4: resumo da ANOVA da PAP	106
Tabela 5.5: valores médios do PEL e seus coeficientes de variação	113
Tabela 5.6: resumo da ANOVA do PEL	114
Tabela 5.7: valores médios do MOR e seus coeficientes de variação	123
Tabela 5.8: resumo da ANOVA do MOR	124
Tabela 5.9: valores médios do I5 e seus coeficientes de variação	134
Tabela 5.10: valores médios do I10 e seus coeficientes de variação	135
Tabela 5.11: valores médios do I30 e seus coeficientes de variação	136
Tabela 5.12: resumo da ANOVA do I5	137
Tabela 5.13: resumo da ANOVA do I10	138
Tabela 5.14: resumo da ANOVA do I30	139
Tabela 5.15: valores médios do MEF e seus coeficientes de variação	150
Tabela 5.16: resumo da ANOVA do MEF	151

SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABS: absorção de água

AC: relação agregado/cimento

ACI: *American Concrete Institute*

AG: tipo de aglomerante

Al₂O₃: óxido de alumínio

ANOVA: Análise de Variância

AR: álcali-resistente

ASTM: *American Society for Testing and Materials*

AT: ataque

B₂O₃: óxido de boro

BOP: *bend over point*

BRE: *United Kingdom Building Research Establishment*

CaCO₃: carbonato de cálcio

CaO: óxido de cálcio

Ca(OH)₂: hidróxido de cálcio

CeO₂: óxido de cério

CPB: cimento Portland branco

Cr₂O₃: óxido de cromo

C-S-H: silicato de cálcio hidratado

DIM: dimensões do corpo-de-prova

DIS: disposição do corpo-de-prova no momento do ensaio

F₂: molécula de flúor

Fe₂O₃: óxido de ferro

FRC: *fiber reinforced cementitious material* (material cimentício reforçado com fibras)

GRC: *glass fibre reinforced cement* (cimento reforçado com fibra de vidro)

GRCA: *Glassfibre Reinforced Concrete Association*

I5: índice de tenacidade 5

I10: índice de tenacidade 10

I30: índice de tenacidade 30

ID: idade

IPC: *inorganic phosphate cement*

K: Kelvin

K₂O: óxido de potássio

KOH: hidróxido de potássio

La₂O₃: óxido de lantânio

LACER: Laboratório de Cerâmica

Li₂O: óxido de lítio

LVDT: *linear variable differential transducers* (transformador linear de tensão variável)

MEF: módulo de elasticidade na flexão

MES: massa específica

MgO: óxido de magnésio

MK: metacaulim

MnO: óxido de manganês

MOR: *modulus of rupture* (módulo de ruptura)

Na₂CO₃: barilha

Na₂O: óxido de sódio

NaOH: hidróxido de sódio

NBR: Norma Brasileira Regularizada

NEG: *Nippon Electric Glass Company*

NORIE: Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação

OH: íon hidroxila

PAP: porosidade aparente

PEL: *proportional elastic limit* (limite de elasticidade ou limite de proporcionalidade)

pH: potencial de hidrogênio

SA: sílica ativa

scCO₂: dióxido de carbono super-crítico

SnO₂: óxido de estanho

SIC: *strand in cement*

SiO₂: óxido de silício

T: temperatura

TEF: teor de fibras

TF: tamanho das fibras

ThO₂: óxido de tório

TiO₂: óxido de titânio

TRB: trabalhabilidade

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UK: *United Kingdom*

US: *United States*

UTS: *ultimate tensile strength* (resistência última à tração)

ZnO: óxido de zinco

Zr: zircônio

ZrO₂: óxido de zircônio (zircônia)

SÍMBOLOS

A_f : área da seção transversal das fibras

b : largura do corpo-de-prova

d : espessura do corpo-de-prova

E_c : módulo de elasticidade da matriz

E_f : módulo de elasticidade da fibra

P : carga aplicada

K_0 : constante que leva em consideração a orientação das fibras

L : vão livre entre apoios no ensaio de flexão

L_c : comprimento crítico das fibras

l_f : comprimento das fibras

p_f : perímetro da fibra ou do feixe de fibras

V_f : volume de fibras

V_{fcf} : volume de fibras crítico

ϵ_m : deformação última da matriz

σ_f : resistência à tração da fibra

σ_{mc} : tensão de fissuração da matriz

τ : resistência de aderência entre fibra e matriz

η_0 : fator de eficiência do reforço com relação à direção

η_1 : fator de eficiência do reforço com relação à direção

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Os materiais cimentícios são materiais frágeis que apresentam resistência à tração e capacidade de deformação muito baixas. Tradicionalmente, para corrigir estas deficiências eles são empregados em conjunto com barras de aço, constituindo os materiais compósitos amplamente utilizados na construção civil, denominados concreto armado e argamassa armada. No entanto, a utilização dessas armaduras de aço é inconveniente ou mesmo impossível em determinadas aplicações, como é o caso dos elementos de pequenas espessuras, sendo necessário buscar-se soluções alternativas para a fragilidade dos materiais.

De acordo com o ACI Committee 544 (1996), a utilização de fibras como reforço de materiais frágeis é uma técnica utilizada há muito tempo pelo ser humano. O capim era utilizado para reforçar blocos cerâmicos secos ao sol e os cabelos dos cavalos eram utilizados para reforçar argamassas e pastas. Posteriormente, tem-se como exemplo o uso comercial em larga escala das fibras de amianto como reforço de uma matriz constituída por pasta de cimento, que teve início em 1898. A partir de então, muitos estudos foram realizados procurando solucionar as deficiências dos materiais cimentícios através do desenvolvimento de fibras que funcionassem como um reforço não mais concentrado nas zonas tracionadas, mas disperso por toda a peça.

Nestes materiais compósitos à base de cimento Portland, a principal contribuição das fibras consiste no reforço da matriz cimentícia, controlando a fissuração do compósito e alterando o seu comportamento após a fissuração da matriz. As fibras retardam o surgimento da primeira fissura e distribuem as tensões de forma a originar um maior número de fissuras menos visíveis (BENTUR e MINDESS, 1990). Sendo assim, além de provocar um aumento da resistência do compósito, as fibras também proporcionam melhorias da tenacidade à flexão (energia total absorvida ao ser rompido um corpo-de-prova à flexão), provocando um aumento significativo na deformação até a ruptura, resistência a impactos e também contribuem na resistência à fadiga (solicitações cíclicas) (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

São diversos os tipos de fibras utilizadas como reforço de matriz cimentícias, podendo citar-se as fibras metálicas (aço), plásticas (polipropileno), vegetais (capim, fibra de côco, bagaço de cana-de-açúcar, sisal, fibra de bambu, dentre outras) e minerais (asbesto e vidro). Dentre estas fibras, destaca-se a fibra de vidro, pelo fato desta ser incombustível, flexível, possuir

excelentes propriedades mecânicas, além de ser produzida de modo econômico e a partir de materiais facilmente disponíveis em todo o mundo (HANNANT, 1978).

Internacionalmente, o material compósito à base de cimento Portland reforçado com fibras de vidro é designado pela sigla GRC. Ainda que as fibras de vidro também tenham sido utilizadas como reforço das peças de concreto, a principal aplicação destas fibras é em compósitos de GRC majoritariamente utilizados em componentes de espessura reduzida, tendo como matriz uma argamassa. Este material vem sendo muito usado na confecção de painéis pré-fabricados para fachada, fôrmas permanentes, canalizações, mobiliário urbano, revestimentos decorativos, reprodução de ornamentos arquitetônicos, dentre outras aplicações.

Segundo Majumdar e Laws (1991), os estudos pioneiros da utilização das fibras de vidro como reforço de materiais cimentícios remontam à década de 50 na Europa, subseqüentes à expansão da indústria de polímeros (década de 30) e ao aprimoramento de técnicas de produção de filamentos contínuos de vidro tipo borossilicato. Ainda segundo os mesmos autores, no início da década de 60, Biryukovich publicou resultados dos primeiros estudos sistêmicos sobre o reforço de matrizes frágeis com fibras de vidro, que envolviam a determinação de propriedades e descrição de métodos de fabricação de compósitos reforçados com fibras de vidro comum (tipo E).

Desta época até os dias de hoje diversas pesquisas foram realizadas com o intuito de otimizar a produção deste compósito, melhorando suas propriedades mecânicas e de durabilidade através da modificação tanto das fibras quanto da matriz cimentícia. Atualmente, ainda se verifica um grande esforço da comunidade acadêmica em buscar melhorias da durabilidade deste material (PARADELA e AGUILA, 1992; MAGALHÃES et al., 1996; MARIKUNTE et al., 1997; PURNELL et al., 2001b; CUYPERS et al., 2006). Isso se deve ao fato de se ter conhecimento de que, em ambientes úmidos, num período de 10 a 20 anos de idade, até mesmo o GRC produzido com fibras de vidro álcali-resistente (tipo AR) perde uma proporção significativa da sua resistência e tenacidade (BENTUR e MINDESS, 1990; MAJUMDAR e LAWS, 1991).

Uma das soluções encontradas para amenizar os mecanismos de degradação do GRC é a utilização de adições pozolânicas na matriz. Segundo a bibliografia, estas provocam uma diminuição do pH das soluções dos poros, ao reduzir ou eliminar os cristais de hidróxido de cálcio formados durante a hidratação do cimento (BENTUR e MINDESS, 1990). Porém, de acordo com um trabalho desenvolvido por Marikunte et al. (1997), a capacidade destas adições melhorarem a durabilidade do GRC depende muito do tipo de adição utilizado.

Apesar de já ser utilizado mundialmente há cerca de 30 anos, no Brasil o GRC começou a ser produzido, em escala industrial, recentemente. Como consequência deste recente interesse do mercado brasileiro por este material, há uma grande carência no meio acadêmico nacional de bibliografia relacionada ao assunto. Uma das poucas pesquisas experimentais que se tem conhecimento sobre o compósito é o projeto intitulado ‘Painéis de cimentos de escória reforçados com fibra de vidro E (E-GRS)’, do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (OLIVEIRA e ANTUNES, 2000).

Por outro lado, devido às características locais dos materiais constituintes do GRC utilizados nas diferentes cidades brasileiras, principalmente do cimento Portland e das adições minerais (escórias de alto-forno, cinzas volantes, cinzas da casca de arroz, metacaulins, sílicas ativas, dentre outros), há a necessidade de que sejam desenvolvidas pesquisas de caráter local com o intuito de se conhecer o comportamento do compósito, possibilitando a otimização do GRC com relação ao tipo e proporcionamento dos materiais constituintes.

Então, apesar do GRC apresentar um bom desempenho mecânico e proporcionar vantagens construtivas sobre os sistemas com os quais concorre, o sucesso da inserção deste material no mercado brasileiro dependerá da garantia de que o material apresentará capacidade de retenção das suas propriedades ao longo da sua vida útil. Além disso, é preciso que se conheçam as propriedades deste material ao longo do tempo, em função dos diferentes tipos de insumos que o compõe e do sistema utilizado para produzi-lo.

Somente assim, com dados que permitam dimensionar com maior precisão e confiabilidade as peças de GRC (permitindo assim a ampliação do leque de aplicação do material) e havendo uma maior previsibilidade das mudanças que podem ocorrer nas propriedades do material com o seu envelhecimento, é que o GRC poderá ganhar a confiança dos engenheiros e arquitetos que têm o poder de especificar os sistemas/materiais a serem utilizados, permitindo que se quebre com maior facilidade a resistência existente na construção civil de inovar-se, e assim, conquistar mais espaço no competitivo/lucrativo mercado dos materiais de construção (no qual o GRC compete com diversos outros materiais/sistemas mais tradicionais e, portanto, mais conhecidos dos profissionais da área).

Diante do cenário exposto anteriormente e desconhecendo a existência de pesquisas experimentais relacionadas aos GRCs produzidos com fibras AR no país, esta pesquisa vem com o intuito de suprir esta demanda, contribuindo assim para o desenvolvimento da cadeia produtiva da Construção Civil local.

1.2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

A presente pesquisa tem como objetivo geral avaliar as propriedades físicas, mecânicas e de durabilidade dos materiais cimentícios reforçados com fibras de vidro (GRC) produzidos a partir de materiais disponíveis comercialmente na cidade de Porto Alegre.

Os objetivos específicos da pesquisa são:

- avaliar a influência da idade dos GRCs nas principais propriedades físicas (absorção de água - ABS, massa específica - MES e porosidade aparente - PAP) e mecânicas dos GRCs, quais sejam: limite de proporcionalidade (PEL), módulo de ruptura (MOR), tenacidade (I5, I10 e I30) e módulo de elasticidade na flexão (MEF);
- avaliar a influência da adição de diferentes teores de metacaulim e da adição de sílica ativa nas propriedades físicas e mecânicas dos GRCs (ABS, MES, PAP, PEL, MOR, I5, I10, I30 e MEF);
- avaliar a influência de diferentes relações agregado/cimento nas propriedades físicas e mecânicas dos GRCs (ABS, MES, PAP, PEL, MOR, I5, I10, I30 e MEF);
- avaliar a influência dos diferentes tamanhos de fibra nas propriedades físicas e mecânicas dos GRCs (ABS, MES, PAP, PEL, MOR, I5, I10, I30 e MEF);
- avaliar a influência do processo de envelhecimento acelerado (ataque em água quente) e do tempo de ataque nas propriedades mecânicas dos GRCs (PEL, MOR, I5, I10, I30 e MEF);
- avaliar o efeito das interações entre as variáveis de estudo listadas acima nas propriedades em análise dos GRCs.

1.3 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

As principais limitações da pesquisa estão relacionadas à parceria firmada com uma empresa de Canoas/RS, que viabilizou a realização do estudo através da doação dos materiais e da disponibilização dos equipamentos de moldagem usados na sua linha de produção. Sendo assim, os materiais e o método de produção utilizados estão limitados aos empregados por esta empresa.

2 MATERIAIS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS

A combinação das melhores propriedades de diferentes materiais, gerando os materiais denominados de compósitos, tem sido a base de grandes avanços obtidos pela engenharia moderna. Muitos destes materiais são compostos por apenas duas fases; uma chamada de matriz, é contínua e envolve a outra fase, chamada freqüentemente de fase dispersa. Tecnicamente, os compósitos mais importantes são aqueles em que a fase dispersa encontra-se na forma de fibras, sendo que os objetivos de projeto destes materiais incluem, com freqüência, elevada resistência mecânica e/ou rigidez em relação a sua massa. As propriedades destes materiais compósitos reforçados por fibras são funções das propriedades das fases constituintes, das suas quantidades relativas e da geometria da fase dispersa (forma, tamanho, distribuição e orientação) (CALLISTER JR, 2002).

Um dos materiais compósitos com matriz cerâmica mais utilizados é o material à base de cimento Portland reforçado com fibras. A fase considerada como sendo a matriz destes materiais compósitos é constituída por agregados ligados uns aos outros pela pasta de cimento Portland hidratada.

A literatura técnica costuma denominar estes materiais cimentícios pela sigla FRC (*'fibre reinforced cement'* ou *'fibre reinforced concrete'*). Bentur e Mindess (1990) definem *'fibre reinforced cement'* como sendo os materiais à base de um cimento hidráulico e fibras descontínuas e discretas, porém que não contêm agregados. Para os mesmos autores, o termo *'fibre reinforced concrete'* se refere aos materiais produzidos com cimentos hidráulicos, agregados de vários tamanhos (miúdos e/ou graúdos), que incorporam fibras discretas e descontínuas. No entanto, é comum encontrar na literatura o uso inadequado dos termos, sendo mais apropriado utilizar a sigla FRC, oriunda do termo *'fibre reinforced cementitious material'*, proposto por Bentur e Mindess (1990) para referenciar ambos os materiais.

Os materiais cimentícios convencionais, não reforçados, são caracterizados como materiais frágeis, devido às suas baixas resistências à tração e reduzidas capacidades de deformação quando solicitados. Por isso eles necessitam de reforço, para viabilizar sua utilização em grande parte das aplicações como materiais de construção. Historicamente, esse reforço tem sido introduzido na forma de barras contínuas, as quais podem ser utilizadas em determinadas posições da estrutura, para suportarem os esforços de tração e cisalhante. As fibras, por outro lado, são descontínuas, e dispersas por toda a matriz cimentícia. Portanto, elas não são tão eficientes para suportarem as tensões de tração. No entanto, devido ao fato dos materiais cimentícios reforçados por fibras apresentarem espaçamentos menores entre os elementos de

reforço do que os convencionalmente reforçados, eles são melhores no controle da fissuração da matriz (BENTUR e MINDESS, 1990).

Devido a estas diferenças, existem certas aplicações nas quais o reforço com fibras é melhor do que as barras convencionalmente utilizadas, dentre as quais podem ser citadas (BENTUR e MINDESS, 1990):

- elementos de pequena espessura, onde as fibras atuam como reforço principal, elevando a resistência e a ductilidade do compósito;
- componentes projetados para suportarem grandes cargas ou deformações, tais como os revestimentos de túneis, estruturas resistentes a explosões ou pilares pré-fabricados que serão cravados por percussão no solo;
- componentes onde as fibras são adicionadas com o intuito principal de promover o controle da fissuração induzida pelas variações de umidade ou temperatura, tais como em lajes, telhados ou elementos de pavimentação.

Contudo, é importante salientar que, em geral, o reforço através do uso de fibras não é substituto do reforço convencional com barras contínuas, a não ser no caso das peças de pequenas espessuras, onde as fibras são utilizadas para elevar a resistência mecânica do material cimentício.

2.1 HISTÓRICO

A palavra ‘compósito’ tem um contexto moderno, porém, o uso de fibras de alta resistência para elevar a resistência e deformabilidade de matrizes de baixo custo é, provavelmente, tão antigo quanto a roda. Na Babilônia eram utilizados entrançados de palha para reforçar matrizes betuminosas. Já a palha e o cabelo de cavalo foram utilizados para reforçar tijolos de barro há pelo menos 5000 anos (ASHBY e JONES, 1998). Também há evidências de que as fibras de amianto foram usadas para reforçar postes de argila há aproximadamente o mesmo tempo (MEHTA e MONTEIRO, 1994). Provavelmente, todas estas utilizações das fibras como reforço tenham sido consequência da observação da natureza pelo homem. Mehta e Monteiro (1994) citam, como exemplo de compósito que ocorre na natureza, os ninhos de barro reforçados com palha, produzidos pelos pássaros popularmente conhecidos como João-de-barro (*furnarius rufus*).

No entanto, a utilização de fibras em escala comercial só se deu a partir de 1898, com a invenção do processo Hatshek para aplicação das fibras de amianto em uma pasta de cimento

(ACI COMMITTEE 544, 1996). Em pouco tempo os componentes da construção produzidos com materiais cimentícios reforçados com fibras de amianto dominaram o mercado mundial de telhas, tubulações e outras peças de pequena espessura, atingindo um consumo de aproximadamente 20 milhões de toneladas de fibras na indústria de fibro-cimento na década de 70 (KRENCHER, 1974).

Devido às preocupações com as reservas naturais da fibra e, principalmente, aos problemas de saúde associados às fibras de amianto, diversas pesquisas foram realizadas com o intuito de encontrar substitutos potenciais para tal reforço. Surgem então, na década de 1960 e 1970, as primeiras fibras alternativas às fibras de amianto (ACI COMMITTEE 544, 1996). Porém, nenhuma destas fibras foi tão atrativa com relação aos aspectos econômicos e tecnológicos, simultaneamente, quanto as fibras de amianto. Estas fibras alternativas acabaram por dominar nichos de mercado específicos onde cada uma delas proporciona maior vantagem.

Ao longo dos anos, o interesse da indústria e o mercado potencial impulsionaram o desenvolvimento de diversos processos de produção específicos para a fabricação dos materiais cimentícios reforçados com fibras e a realização de inúmeras pesquisas que proporcionaram a viabilização das utilizações de vários tipos de fibras e muitas melhorias com relação ao desempenho mecânico e de durabilidade destes materiais. Diversas pesquisas continuam sendo realizadas em todo o mundo em busca de novos tipos de fibras, de melhorias nas propriedades das fibras já comercializadas e de uma melhor interação entre as fibras e a matriz cimentícia.

Atualmente, os materiais cimentícios reforçados com fibras são utilizados em diversas aplicações onde é importante a utilização de materiais com boas resistências à tração estática ou dinâmica e que tenham elevadas capacidades de absorver energia. Em muitas aplicações o concreto já não é mais produzido sem a incorporação de fibras à matriz, como é o caso dos pavimentos de concreto para aeroportos, revestimentos de túneis, tubulões, telhas de concreto, dentre outras. Em outros casos as fibras possibilitaram que as peças de concreto se tornassem mais competitivas com relação às outras tecnologias disponíveis, como é o caso dos painéis pré-fabricados para fachadas e dos mobiliários urbanos; ou ainda, as fibras fizeram com que surgissem novos mercados para os materiais cimentícios, como é o caso dos elementos decorativos e das peças para reprodução e ornamentos arquitetônicos, muito utilizados na restauração de edifícios de valor histórico.

2.2 FASES

2.2.1 Fase Fibra

As fibras podem ser consideradas materiais que possuem uma dimensão muito superior às outras duas, ou seja, comprimento muito superior às dimensões da sua seção transversal (ACI COMMITTEE 544, 1996). Um parâmetro numérico conveniente que caracteriza os materiais fibrosos é o fator de forma, definido como sendo a razão entre o comprimento da fibra e o seu diâmetro equivalente (diâmetro de um círculo cuja área é igual à área da seção transversal da fibra). Valores típicos dos fatores de forma das fibras variam num intervalo de 40 a 1000, sendo inferiores a 300, para fibras com comprimentos de 0,10 a 7,62 cm (ZOLLO, 1997).

Segundo Callister Jr (2002), as fibras podem ser classificadas por diferentes aspectos: dimensão, natureza, módulo de elasticidade e configuração.

Quanto ao diâmetro, as fibras podem se enquadrar em três classificações distintas, são elas: *whiskers*, fibras propriamente ditas e arames. Os primeiros consistem em monocristais muito finos que possuem razões entre comprimento e diâmetro equivalente extremamente grandes (sendo comum encontrar *whiskers* com diâmetros de décimos de micrômetro). Como consequência de suas pequenas dimensões, eles possuem um elevado grau de perfeição cristalina e são virtualmente isentos de defeitos, o que é responsável por suas resistências excepcionalmente elevadas. Já os materiais que são classificados como fibras são os que possuem diâmetros intermediários. Os materiais fibrosos são geralmente as aramidas poliméricas, o vidro, o carbono, o boro, o óxido de alumínio e o carbetto de silício. Já os arames possuem diâmetros relativamente grandes (geralmente com diâmetros superiores a 0,15 mm). Dentre os materiais típicos das fibras que compõem essa classe estão incluídos o aço, o molibdênio e o tungstênio (CALLISTER JR, 2002). Ao longo deste trabalho o termo 'fibra' será utilizado para designar qualquer uma destas três classes.

Quanto à natureza, o Comitê 544 do *American Concrete Institute* (ACI) classifica as fibras em 4 categorias principais, que são: as fibras de aço, as fibras de vidro, as fibras sintéticas e as fibras naturais. As fibras de aço incluem fibras de diversas formas e que são muito utilizadas no mercado mundial. As fibras de vidro são fibras cerâmicas que poderiam se enquadrar na categoria das fibras sintéticas, mas devido à sua importância no mercado e características particulares, são classificadas separadamente. Já as fibras sintéticas são aquelas produzidas pelo homem, e que geralmente possuem fatores de forma muito menores do que fibras metálicas. Dentre elas podem ser citadas as fibras de polipropileno, polietileno, náilon, carbono e aramida. Já as fibras naturais são aquelas encontradas normalmente na natureza e que podem ser utilizadas como reforço nos materiais cimentícios com ou sem processamento

prévio. Dentre as fibras naturais mais utilizadas pode-se citar: amianto, bambú, sisal, juta e fibra de côco. As principais propriedades de algumas destas fibras podem ser vistas reunidas na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: propriedades das fibras e das matrizes cimentícias
(HANNANT, 1978; ZOLLO, 1997)

	Material	Diâmetro Equivalente (μm)	Massa Específica (g/cm^3)	Resistência à Tração (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)	Deformação na Ruptura (%)
Fibra	Amianto	0,1 - 20	1,90	1800	380	$\approx 0,5$
	Acrílico	12,7 - 104,1	1,16 - 1,18	268,9 - 999,8	13,8 - 19,3	-
	Aço	10 - 330	7,86	2100	160	$\approx 3,0$
	Aramida I	11,9	1,44	2930,4	62,1	-
	Aramida II	10,2	1,44	2344,3	117,2	-
	Carbono I	7,6	1,90	1723,7	379,9	-
	Carbono II	8,9	1,90	2620,1	230,3	$\approx 1,0$
	Nylon	22,9	1,14	965,3	5,2	$\approx 13,5$
	Poliéster	19,8	1,34 - 1,39	227,5 - 1103,2	17,2	-
	Polietileno	25,4 - 1016	0,92 - 0,96	75,8 - 586,1	50,0 - 117,2	-
	Polopropileno	-	0,90 - 0,91	137,9 - 689,5	3,4 - 4,8	-
	Vidro – AR	-	2,70 - 2,74	2447,7 - 2482,2	78,6 - 80,0	$\approx 3,6$
	Vidro - E	-	2,46 - 2,54	3102,7 - 3447,5	64,8 - 71,7	$\approx 3,6$
	Côco	101,6 - 406,4	1,12 - 1,15	120,0 - 200,0	19,0 - 26,0	-
	Sisal	-	-	275,8 - 568,1	13,0 - 26,0	-
Bagaço de Cana	203,2 - 406,4	1,20 - 1,30	183,7 - 289,6	15,0 - 19,0	-	
Matriz	Pasta de Cimento	-	2,00 - 2,20	3 - 6	10 - 25	$\approx 0,01 - 0,05$
	Argamassa	-	2,20 - 2,30	2 - 4	25 - 35	$\approx 0,005 - 0,015$
	Concreto	-	2,30 - 2,45	1 - 4	30 - 40	$\approx 0,005 - 0,015$

Como pode ser observado na Tabela 2.1, o alongamento na ruptura de todas as fibras é cerca de duas a três ordens de magnitude maior do que a deformação na falha da matriz cimentícia. Conseqüentemente, nos compósitos, a matriz fatura muito antes da resistência da fibra ser atingida (HANNANT, 1978).

De acordo com os seus módulos de elasticidade as fibras podem ser divididas em dois grupos. Um onde as fibras possuem módulo de elasticidade menor do que a matriz cimentícia, tais como as fibras de celulose, náilon e polipropileno; e outro constituído por fibras com módulos elevados, como é o caso das fibras de amianto, vidro, aço, carbono e aramida.

Os compósitos produzidos com as fibras de baixo módulo de elasticidade geralmente não são utilizados para suportarem cargas permanentes elevadas, pois com presença de microfissuras na matriz estas fibras tendem a sofrer alongamentos ou deflexões consideráveis ao longo do tempo. Por isso é mais comum que tais fibras sejam utilizadas em situações onde não se espera que a fissuração da matriz ocorra, mas que há a presença de sobrecargas transitórias,

tais como sob tensões de manipulação da peça, impactos ou cargas de vento. Outro problema correlacionado a estas fibras consiste nos seus valores elevados do coeficiente de Poisson, que combinado com os baixos módulos de elasticidade, implicam em contrações muito maiores do que as verificadas com o uso de outras fibras quando são solicitadas ao longo do seu eixo. Isso acaba por levar a altas tensões de tração laterais na interface fibra-matriz, o que acaba provocando um descolamento prévio da fibra e arrancamento da mesma (*pull-out*) (HANNANT, 1978).

Já com relação à configuração das fibras individuais, as fibras comumente utilizadas como reforço em matrizes à base de cimento Portland são subdivididas em dois grupos: monofilamentos discretos separados uns dos outros e combinações de filamentos de fibras, geralmente constituídos de feixes. A estrutura na forma de feixe é típica de muitas das fibras produzidas pelo homem, sejam inorgânicas (vidro) ou orgânicas (carbono e aramida), e esta também é a configuração típica de algumas das fibras naturais, como é o caso das fibras de amianto. Esta configuração geralmente é mantida dentro dos compósitos, não sendo dispersas em monofilamentos discretos. Já as fibras constituídas por monofilamentos discretos raramente assumem a forma cilíndrica, mas são deformadas em várias configurações para melhorarem a interação entre a fibra e a matriz com relação à ancoragem mecânica (BENTUR e MINDESS, 1990).

2.2.2 Fase Matriz

Nos materiais compósitos reforçados com fibras, a matriz atua como meio através do qual uma tensão aplicada externamente é transmitida e distribuída para as fibras, sendo que apenas uma proporção muito pequena da carga aplicada é suportada pela fase matriz. A matriz também tem como função proteger as fibras individuais contra danos superficiais, como resultado da abrasão mecânica ou de reações químicas com o ambiente. Além disso, a matriz separa as fibras uma das outras e previne a propagação de fissuras de uma fibra para a outra, o que, por sua vez, poderia resultar em uma falha brusca (CALLISTER JR, 2002). No entanto, no caso das matrizes cimentícias, a fissuração é iniciada na própria matriz, mais especificamente na interface entre os agregados e a pasta de cimento Portland.

As matrizes cimentícias podem ser divididas em função do tamanho do agregado que contém: pasta (cimento e água), argamassa (cimento, agregado miúdo e água) e concreto (cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água). As pastas e argamassas reforçadas com fibras são geralmente aplicadas em componentes de pequena espessura. Nessas aplicações as fibras atuam como reforço principal e são incorporadas em teores na faixa de 5 a 20% do volume do compósito. Nos concretos reforçados com fibras, o volume de fibra utilizado é muito menor

(menor do que 2% em relação ao volume do compósito), e as fibras atuam como reforço secundário, com a finalidade de controlar a fissuração da matriz (BENTUR e MINDESS, 1990).

Os principais compostos encontrados na pasta endurecida são os compostos provenientes da hidratação do cimento, que são: silicato de cálcio hidratado (C-S-H), hidróxido de cálcio e sulfoaluminatos de cálcio; e os grãos de clínquer não hidratado. A fase correspondente ao C-S-H constitui cerca de 50 a 60% do volume de sólidos da pasta de cimento Portland completamente hidratada e é, conseqüentemente, a mais importante na determinação das propriedades da pasta. Já o hidróxido de cálcio, Ca(OH)_2 , corresponde de 20 a 25% do volume de sólidos na pasta hidratada. Ele tende a formar cristais grandes, com forma de prismas hexagonais distintos. Porém, a morfologia dos seus cristais varia bastante, apresentando desde formas não definidas até pilhas de placas geometricamente bem definidas a depender do espaço disponível, da temperatura de hidratação e das impurezas presentes no sistema. Os sulfoaluminatos de cálcio ocupam cerca de 15 a 20% do volume de sólidos na pasta endurecida e, conseqüentemente, desempenham um papel menor nas relações estrutura-propriedade. Já os grãos de clínquer não hidratados geralmente estão presentes na pasta de cimento, mesmo após longos períodos de hidratação, em proporções que variam com o tamanho das partículas de cimento anidro e do grau de hidratação (MEHTA e MONTEIRO, 1994), bem como da relação água/cimento utilizada.

Além das fases sólidas da matriz, esta contém diferentes tipos de vazios, os quais têm uma influência importante em suas propriedades. Os principais tipos de vazios na pasta endurecida são os vazios interlamelares no C-S-H, os vazios capilares e o ar incorporado ou aprisionado (MEHTA e MONTEIRO, 1994). A quantidade de vazios e a distribuição dos tamanhos destes são influenciadas principalmente pela relação água/cimento, grau de adensamento e tipos e quantidades dos materiais constituintes.

Como a matriz constitui a parcela majoritária do compósito, com parcela geralmente superior a 95% em volume do material, ela determina o seu comportamento face a solicitações de compressão e cisalhamento interlamelar, entre outras propriedades (CEM-FIL, 1997). Porém, a porcentagem do compósito correspondente a esta fase, e sua dosagem, variam de acordo com o método de produção a ser utilizado, quantidade de fibra a ser adicionada, dentre outros fatores intervenientes. Ao dosar o material cimentício devem ser feitas compensações de forma a se atingir, no estado fresco, a trabalhabilidade necessária para o método de produção a ser utilizado e, no estado endurecido, atingir as propriedades mecânicas e de durabilidade necessárias.

Para alcançar propriedades específicas para o compósito é comum que sejam realizadas modificações da matriz cimentícia, utilizando-se adições pozolânicas, fileres, superplasticantes e/ou polímeros.

2.2.3 Interações entre as Fases Fibra e Matriz

Os materiais compósitos de matriz cimentícia são caracterizados por uma zona de transição nas vizinhanças do reforço, na qual a microestrutura da pasta é consideravelmente diferente da parte restante. Juntamente com as propriedades individuais das duas fases principais constituintes do compósito, fibras e matriz, esta fase é constituída pela interação entre essas duas e é responsável por definir as principais propriedades dos materiais compósitos (BENTUR e MINDESS, 1990).

É essencial que haja uma compatibilidade física e química entre a matriz e as fibras de forma que as forças de ligações adesivas entre estes materiais sejam grandes, e fazendo com que haja uma minimização da extração das fibras. De fato, a força de ligação é uma consideração importante na escolha de uma combinação matriz-fibra. A resistência final do compósito depende em grande parte da magnitude dessa ligação, sendo que uma ligação adequada é essencial para maximizar a transmissão da tensão de uma matriz fraca para as fibras mais fortes (CALLISTER JR, 2002).

2.2.3.1 A Estrutura da Interface Fibra-Matriz

A microestrutura especial da zona de transição nos compósitos cimentícios está intimamente correlacionada com a natureza da matriz e ocorre tanto na interface agregado-pasta, como na interface fibra-matriz. A natureza particulada da mistura no estado fresco exerce uma influência importante na zona de transição, uma vez que ela leva à formação de uma região porosa ao redor das fibras devido a dois efeitos: o escoamento e aprisionamento de água ao redor do reforço disperso na matriz, e o empacotamento ineficiente dos grãos de cimento de aproximadamente 10 μm na zona de transição de aproximadamente 20 a 40 μm (BENTUR e MINDESS, 1990).

2.2.3.2 Transferência de Tensões nos Compósitos

A eficiência das fibras com relação à melhoria das propriedades mecânicas da frágil matriz cimentícia é controlada pelos processos pelos quais o carregamento é transferido da matriz para as fibras e pelo efeito das fibras costurarem as fissuras que se abrem na matriz, o que ocorre em um estágio mais avançado do carregamento. A compreensão destes mecanismos permite que sejam previstos os modos de fratura do compósito (frágil ou dúctil) e servem

também como base para o desenvolvimento de compósitos com desempenhos melhorados através da modificação da interação entre as fases constituintes.

Há basicamente dois tipos de mecanismo de transferência de tensões entre a matriz e as fibras (BENTUR e MINDESS, 1990):

- transferência de tensões elástica – é o mecanismo dominante antes de ocorrer qualquer tipo de fissuração na matriz. Nesta etapa, os deslocamentos longitudinais da fibra e da matriz na interface são geometricamente compatíveis. A tensão que se desenvolve na interface é uma tensão cisalhante a qual é requerida para distribuir o carregamento externo entre as fibras e a matriz (uma vez que eles possuem módulos de elasticidade diferentes), então as deformações destes dois componentes na interface permanecem as mesmas. Esse processo de transferência de tensões cisalhantes é o mecanismo que influencia na tensão de surgimento da primeira fissura do compósito;
- transferência de tensões por fricção devido ao deslizamento – ocorre em estágios mais avançados de carregamento, quando começa a ocorrer o descolamento ao longo da interface fibra-matriz. Neste caso ocorrem deslocamentos relativos entre a fibra e a matriz. É este modo de transferência de tensões que controla as resistências e deformações últimas do compósito.

A transição da transferência de tensões elástica para a transferência de tensões por fricção ocorre quando a tensão cisalhante da interface devido ao carregamento externo ultrapassa a resistência de aderência entre estes dois materiais. Assim que esta tensão é ultrapassada, o descolamento da interface fibra-matriz é iniciado, e a tensão de cisalhamento friccional começa a atuar ao longo da interface da zona descolada. Este processo de transição entre a transferência de tensões elástica, descolamento, até a transferência de tensões por fricção depois do descolamento é um processo gradual, durante o qual ambos os tipos de mecanismo estão atuando (BENTUR e MINDESS, 1990).

A ocorrência de cada uma das etapas de transferência de tensões depende da resistência de aderência entre a fibra e a matriz e da resistência à tração da matriz. Se a resistência à tração da matriz for elevada, espera-se que ocorra um descolamento na interface entre a fibra e a matriz quando a tensão de cisalhamento elástica ultrapassar a resistência de aderência entre os dois materiais, anteriormente à fissuração da matriz. Já nos compósitos constituídos de matrizes com baixas resistências à tração, a fissuração precede o descolamento da fibra com relação à matriz. Neste caso, o arrancamento da fibra se dá como resultado do avanço de uma fissura em sua direção (BENTUR e MINDESS, 1990).

Na prática, o maior efeito das fibras dos compósitos ocorre na etapa de pós-fissuração da matriz, onde as fibras atuam costurando as microfissuras que se propagam pela matriz frágil e, portanto, aumentando a tenacidade do material compósito e prevenindo falhas repentinas. Enquanto os mecanismos de transferência de tensões descritos anteriormente controlam a curva tensão-deformação do compósito antes da fissuração, o mecanismo de transferência de tensões pós-fissuração da matriz influencia a resistência última do compósito e propriedades correlacionadas com as deformações do compósito, além de definir a sua forma de falha (BENTUR e MINDESS, 1990).

O mecanismo de aderência que ocorre durante o arrancamento das fibras ou a costura das fissuras no compósito são essencialmente os mesmos que ocorrem na matriz não fissurada: transferência de tensões elástica e por fricção devido ao deslizamento. A diferença principal é que ao invés da tensão cisalhante máxima ocorrer nas extremidades das fibras, como ocorria no caso da matriz não fissurada, nos compósitos fissurados tais tensões máximas ocorrem no ponto em que as fibras penetram na matriz (BENTUR e MINDESS, 1990).

Resumidamente, as fibras atuam absorvendo energia e controlando o crescimento das fissuras da matriz através do mecanismo apresentado na Figura 2.1. Da direita para a esquerda tem-se: o processo de fissuração da matriz, propagação destas fissuras em direção às fibras e conseqüente descolamento da interface matriz-fibra, costura das fissuras promovida pelas fibras, deslizamento das fibras e falha das fibras.

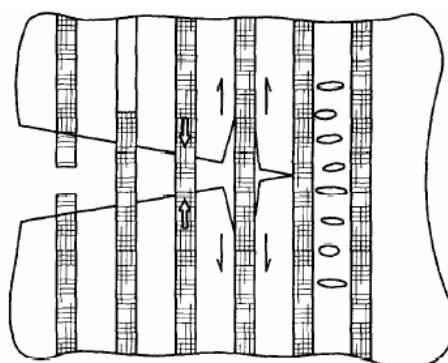


Figura 2.1: interação fibra-matriz (ANDERSON, 1991 apud ZOLLO, 1997)

2.3 MECÂNICA DOS MATERIAIS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS

Um modelo simples que ajuda a compreender o comportamento mecânico dos materiais cimentícios reforçados com fibras curtas e dispersas em uma matriz frágil é o modelo ACK,

proposto por Aveston et al. (1971 apud HANNANT, 1978; LAWS, 1983; BENTUR e MINDESS, 1990; MAJUNDAR e LAWS, 1991).

Segundo este modelo, o comportamento mecânico do compósito composto por uma matriz cimentícia reforçada por fibras pode ser descrito em termos de três estágios da curva tensão-deformação: intervalo elástico, fissuração múltipla e estágio pós-fissuração múltipla (Figura 2.2).

O estágio elástico corresponde ao intervalo antes do aparecimento da primeira fissura, onde a fibra e a matriz cimentícia trabalham juntas.

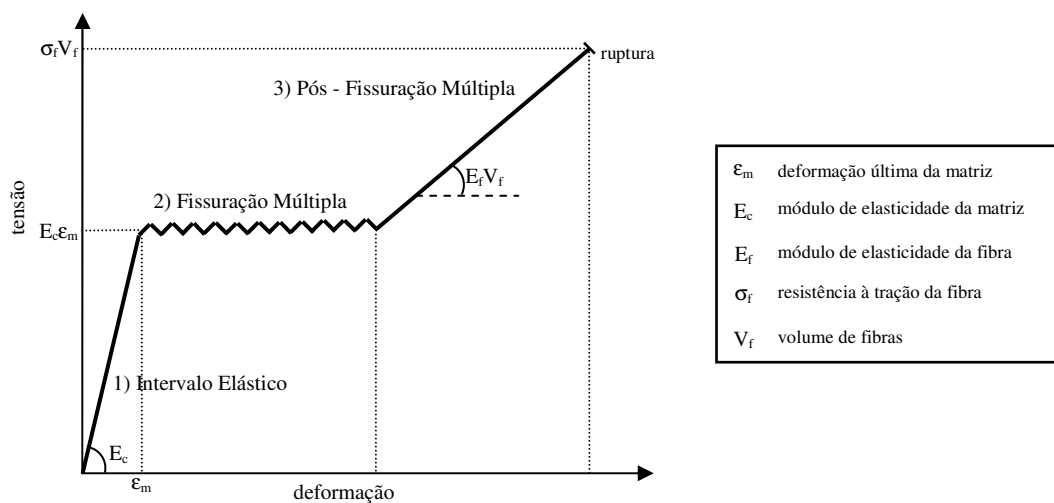


Figura 2.2: representação esquemática da curva tensão-deformação do material compósito (AVESTON et al., 1971 apud HANNANT, 1978; BENTUR e MINDESS, 1990; MAJUNDAR e LAWS, 1991)

Já a fissuração múltipla inicia-se assim que a fissuração ocorre na matriz frágil e a carga é transferida para as fibras. Porém esta etapa só ocorre caso a capacidade de carga das fibras ($\sigma_f \cdot V_f$, onde σ_f é a tensão última da fibras e V_f é o volume de fibras do compósito, para o caso de fibras alinhadas e contínuas) seja maior do que a carga no compósito quando surge a primeira fissura na matriz (isto ocorre, por exemplo, quando o volume de fibras for suficientemente grande). Sendo assim a primeira fissura que ocorre no compósito não leva a uma falha brusca, mas resulta em uma redistribuição do carregamento entre a matriz e as fibras. Ao serem aplicadas cargas adicionais, novas fissuras são abertas, até que a matriz se encontre dividida em um certo número de segmentos separado por fissuras. Esta região da curva tensão-deformação é aproximadamente horizontal ou levemente ascendente, parecendo-se com o comportamento plástico. Porém, este comportamento é muitas vezes denominado de ‘pseudo-plástico’. Isto se deve ao fato deste comportamento estar associado à fissuração

sucessiva da matriz, não mantendo a continuidade ao longo do compósito. Este processo de fissuração múltipla é extremamente importante, uma vez que ele controla a capacidade de absorção de energia do material (tenacidade). Cada nova fissura aberta provoca uma deformação plástica do compósito seguida de um enrijecimento que resulta em um módulo de elasticidade inferior ao da configuração anterior, conforme mostrado na Figura 2.3. O controle do espaçamento das fissuras e da abertura destas neste estágio também tem uma influência considerável na servicibilidade do material (BENTUR e MINDESS, 1990).

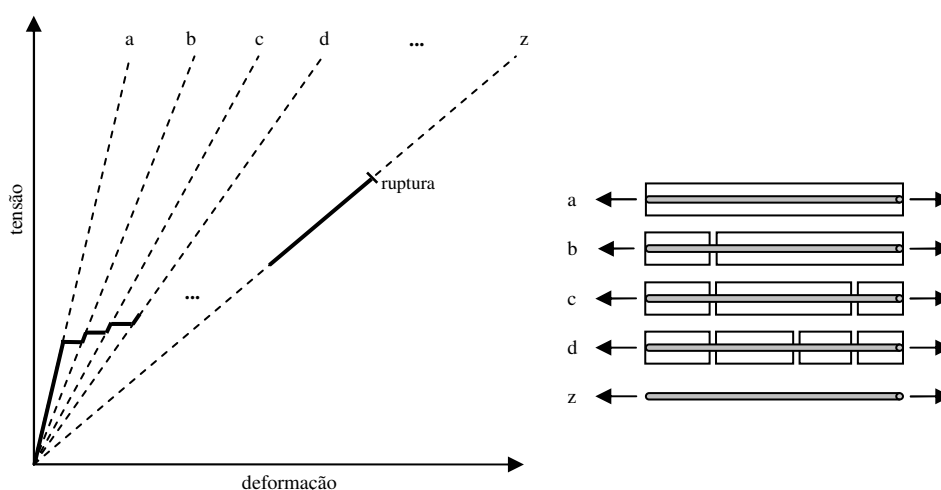


Figura 2.3: representação esquemática do processo de fissuração múltipla e da curva resultante em um compósito composto por uma matriz frágil reforçado por fibras (ALLEN, 1971 apud BENTUR e MINDESS, 1990)

Quando não há mais a ocorrência de fissuração múltipla e a matriz está dividida por fissuras paralelas, qualquer incremento de tensão adicional provoca sollicitação nas fibras ou deslizamento das mesmas. Nestas condições surge o tramo ascendente da curva tensão-deformação após a zona de fissuração múltipla. Caso o compósito seja confeccionado com fibras alinhadas e contínuas, as quais são sollicitadas sob carregamento, a inclinação neste estágio é dado pelo produto entre o módulo de elasticidade das fibras e o volume de fibras ($E_f \cdot V_f$), e a falha irá ocorrer quando as fibras alcançarem sua capacidade de carga última ou for superada a tensão de aderência (LAWS, 1983).

Na prática, embora algumas das fibras individuais possam eventualmente falhar, a fratura total do compósito não irá ocorrer até que um grande número de fibras adjacentes, ao falhar, forme uma zona fragilizada com dimensões críticas (CALLISTER JR, 2002).

A literatura (MAJUMDAR e LAWS, 1991; ACI COMMITTEE 544, 1996) costuma denominar as tensões correspondentes ao final do trecho elástico pelas siglas BOP (*bend over*

point) e PEL (*proportional elastic limit*), respectivamente, para os ensaios de tração direta e flexão. Já as resistências máximas alcançadas pelo compósito para os mesmos casos são comumente denominadas, respectivamente, pelos termos UTS (*ultimate tensile strength*) e MOR (*modulus of rupture*).

2.4 FATORES QUE INFLUENCIAM NO COMPORTAMENTO DO COMPÓSITO

As características e o desempenho dos materiais cimentícios reforçados com fibras, além de variarem com a formulação da matriz e com o tipo de fibra, também são influenciados pela geometria, distribuição, orientação e volume de fibras no compósito (ZOLLO, 1997).

2.4.1 Volume de Fibra

O número necessário de fibras num determinado volume de matriz, para se ter um reforço eficiente, está diretamente relacionado com a probabilidade estatística das fissuras formadas na matriz frágil encontrarem as fibras (ZOLLO, 1997). Sendo assim, teoricamente, quanto maior for o volume de fibra no compósito, melhor será o seu desempenho mecânico.

As fibras só contribuirão significativamente com a resistência do compósito quando o volume for maior do que um volume mínimo (V_{fer}). Este volume crítico é definido como o volume necessário para que as inequações das Fórmulas 1 e 2 sejam atendidas (PROCTOR, 1990).

$$K_0 \cdot \sigma_f \cdot V_f > \sigma_{mc} \quad (\text{Fórmula 2.1})$$

$$K_0 \cdot \left(\frac{V_f}{4} \right) \cdot \left(\frac{l_f}{A_f} \right) \cdot \tau \cdot p_f > \sigma_{mc} \quad (\text{Fórmula 2.2})$$

Onde K_0 é uma constante que leva em consideração a orientação das fibras na matriz, σ_{mc} é a tensão de fissuração da matriz, l_f é o comprimento das fibras, A_f é a área da seção transversal das fibras, τ é a resistência de aderência entre as fibras e a matriz e p_f é o perímetro da fibra ou do feixe de fibras.

Segundo Proctor (1990), caso o volume de fibras no compósito seja tal que a inequação da Fórmula 2.1 não seja atendida, assim que surgir a primeira fissura na matriz haverá uma ruptura brusca do compósito, provocada pela propagação de uma única fissura (conforme

trecho 'a' da Figura 2.4). Já caso o critério da Fórmula 2.1 seja atendido, mas o reforço seja constituído de fibras curtas e com volume de fibras tal que a inequação da Fórmula 2.2 não seja atendida, então haverá uma falha de uma maneira relativamente controlada do compósito devido ao deslizamento das fibras (*pull-out*), ocorrendo neste caso uma certa contribuição das fibras para aumentar a capacidade de absorção de energia do compósito (conforme trecho 'b' da Figura 2.4). E, somente caso o volume de fibras seja tal que as duas inequações sejam atendidas é que, quando a tensão de fissuração da matriz for atingida, todo o carregamento será transferido para as fibras que estarão costurando as fissuras da matriz, fazendo com que o compósito apresente um processo de fissuração múltipla e de enrijecimento pós-fissuração múltipla (conforme trechos 'c' e 'd' da Figura 2.4).

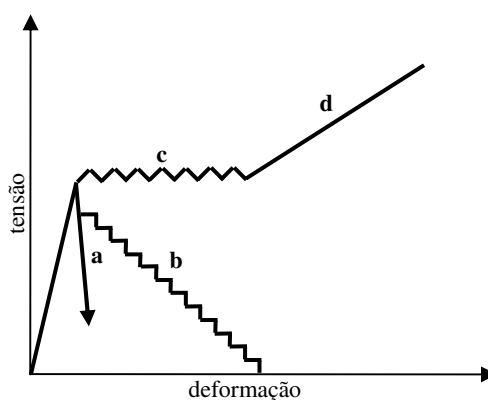


Figura 2.4: representação esquemática das curvas tensão-deformação materiais compósitos a depender do volume de fibras (PROCTOR, 1990)

Valores típicos do volume crítico de fibras para as fibras de aço, vidro e polipropileno variam entre 0,3% e 0,8%. No entanto, estes valores são válidos para o caso das fibras contínuas e alinhadas. Se levar em consideração a eficiência com relação à orientação e ao comprimento do reforço, o volume crítico de fibras vai ser consideravelmente maior. Para o caso dos reforços com fibras orientadas aleatoriamente em 2 e 3 dimensões, se espera, respectivamente, um aumento de 3 a 6 vezes no valor do volume crítico de fibras. Portanto, na prática, o volume crítico de fibras comumente se situa na faixa de 1 a 3%. Esse intervalo coincide com o limite dos procedimentos convencionais de mistura de fibras à matriz cimentícia por questões de trabalhabilidade. Conseqüentemente, em muitos materiais cimentícios reforçados com fibras a presença das mesmas resulta em alguma melhoria da ductilidade do trecho pós-fissuração do material, mas não no aumento da capacidade de carga pós-fissuração do compósito (BENTUR e MINDESS, 1990).

2.4.2 Comprimento das Fibras

A transferência do carregamento da matriz para as fibras faz com que a tensão de tração na fibra alcance o valor máximo no meio desta. Se este valor exceder a resistência à tração da fibra, ela romperá (ASHBY e JONES, 1998). Um comprimento crítico das fibras pode ser definido como o comprimento mínimo requerido (L_c) para que a fibra do compósito seja solicitada com uma tensão de tração igual a sua resistência sem que ocorra arrancamento, conforme está sendo mostrado na Figura 2.5.

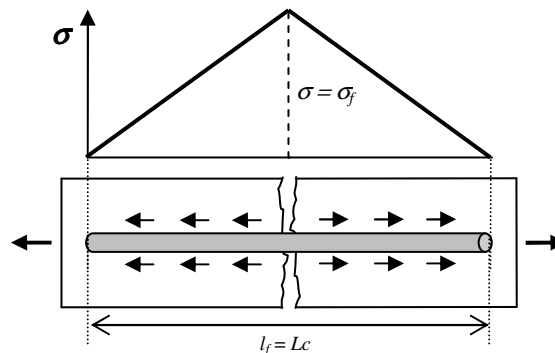


Figura 2.5: definição de comprimento crítico (ASHBY e JONES, 1998)

Quando os comprimentos das fibras são inferiores a L_c , não há fibra aderida à matriz suficiente para gerar uma tensão igual à resistência da fibra, e a falha do compósito na zona de pós-fissuração ocorre preferencialmente pelo deslizamento da fibra. Isto acontece em função da inexistência de zona de contato suficiente entre a fibra e a matriz de forma a permitir que ocorra uma transferência de tensões suficiente para que haja uma falha por rompimento da fibra. Somente se o comprimento da fibra for consideravelmente superior a L_c as tensões ao longo da maior parte das fibras alcançam as suas tensões de escoamento ou resistências à tração (BENTUR e MINDESS, 1990).

Porém, segundo Betterman et al. (1995), considerando dois compósitos constituídos por uma mesma matriz com volumes iguais de fibras, mas reforçados com fibras de diferentes tamanhos (macro e microfibras), para os volumes de fibra normalmente utilizados, quando fibras relativamente grandes são utilizadas somente um pequeno aumento da resistência à tração é observado. Segundo os autores isto provavelmente ocorre devido ao fato da fissuração da matriz ocorrer primeiramente em um nível microestrutural. E se as fibras encontram-se longe destas microfissuras, elas não têm a capacidade de prendê-las. No entanto, uma vez que estas microfissuras se condensam em macrofissuras, elas podem inibir a propagação das mesmas e aumentar a tenacidade do compósito (Figura 2.6).

De acordo com os mesmos autores, as microfibras têm a capacidade de promover a costura das microfissuras uma vez que para um determinado volume de fibras estas microfibras estão muito menos espaçadas umas das outras do que no caso das fibras maiores. Por isso estas fibras acabam por elevar mais a resistência à tração do compósito. Porém, pelo fato das fibras serem mais curtas, elas provavelmente serão arrancadas da matriz antes que sejam formadas as microfissuras, fazendo com que apenas pequenos incrementos de tenacidade sejam observados quando são utilizadas tais fibras (Figura 2.6).

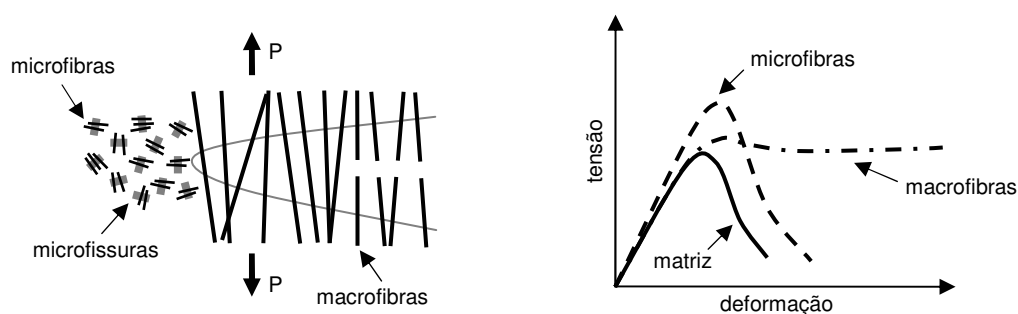


Figura 2.6: ilustração do efeito de fibras de diferentes tamanhos na costura das fissuras (BETTERMAN et al., 1995)

Já com relação à influência do comprimento das fibras na tenacidade do compósito, Kelly (1973 apud BENTUR e MINDESS, 1990) ressalta que o aumento do tamanho das fibras implica em crescimento conjunto da capacidade de absorção de energia do compósito devido ao trabalho decorrente do arrancamento das fibras (trabalho de *pull-out*). Mas esta relação só ocorre até um determinado comprimento de fibra limite. Esta dimensão limite é a correspondente à que leva a uma tensão de aderência igual à tensão de ruptura das fibras. A partir deste comprimento cada vez mais fibras irão falhar antes de começarem a ser arrancadas da matriz, provocando assim uma mudança da forma de ruptura do compósito, reduzindo a capacidade de absorção de energia (tenacidade) do material.

2.4.3 Disposição das Fibras

A orientação das fibras com relação à direção do carregamento também exerce grande influência nas propriedades mecânicas do compósito.

Apesar dos reforços com fibras longas e alinhadas serem mais bem aproveitados, por razões de praticidade de execução do reforço, os compósitos usualmente são reforçados por fibras pequenas e dispersas na matriz, das quais muitas estão dispostas formando um ângulo com respeito à orientação da sollicitação.

Esta orientação das fibras é função do método de produção e do fator de forma das fibras. Este último fator exerce influência na orientação do reforço uma vez que a depender do fator de forma das fibras, há uma tendência destas se posicionarem sob uma orientação preferencial (como exemplo pode ser citado o caso das fibras mais longas que normalmente apresentam um grande grau de orientação, porque estas tendem a se alinhar na direção maior). Dependendo do método de produção do compósito, as fibras também podem estar orientadas aleatoriamente (tridimensionalmente), deitadas (bidimensionalmente) ou ainda alinhadas (unidirecionalmente) (como exemplos podem ser citados o caso do alinhamento das fibras metálicas devido ao processo de vibração, a tendência de se obter um arranjo bidimensional devido ao processo de produção por projeção ou a tendência de se obter um arranjo aleatório das fibras quando são adotados métodos de produção onde as fibras são misturadas à matriz diretamente na betoneira) (MAJUMDAR e LAWS, 1991, CALLISTER JR, 2002).

A influência conjunta da orientação das fibras e dos seus comprimentos na eficiência do reforço foi determinada por Laws (1971) apud Bentur e Mindess (1990) e está mostrada na Figura 2.7.

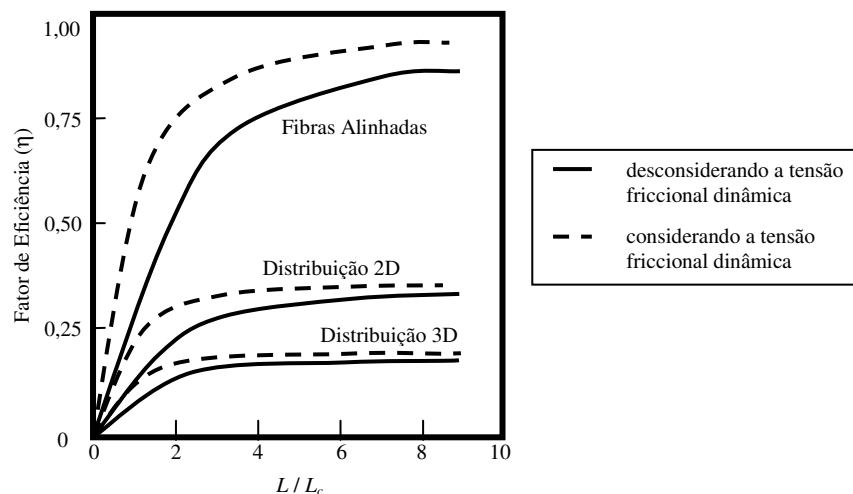


Figura 2.7: fator de eficiência total como função do comprimento das fibras para o caso de transferência de tensões cisalhantes por fricção

Apesar da maior eficiência dos reforços com fibras alinhadas, é importante perceber que estes são inerentemente anisotrópicos. Enquanto na direção do alinhamento das fibras a resistência é máxima, na direção transversal o reforço com fibras é virtualmente inexistente, ocorrendo fraturas normalmente em níveis de tensões de tração relativamente baixos (CALLISTER JR, 2002). Portanto, no caso das aplicações que envolvem tensões aplicadas multidirecionalmente, é recomendada a utilização de fibras descontínuas, que estão orientadas de maneira aleatória no material da matriz.

3 MATERIAIS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM FIBRAS DE VIDRO (GRC – *GLASS FIBRE REINFORCED CEMENT*)

GRC é a sigla utilizada internacionalmente para denominar o compósito formado por uma matriz cimentícia (pasta de cimento com ou sem agregado miúdo) reforçada com fibras de vidro dispersas. Segundo Bentur e Mindess (1990), enquanto este sistema é referenciado na Europa como *glass fibre reinforced cement*, nos Estados Unidos ele é comumente denominado por *glass fibre reinforced concrete*.

É importante notar que o GRC diferencia-se de um concreto tradicional reforçado com fibras de vidro basicamente sob dois aspectos: forma de funcionamento e método de produção. Enquanto nos concretos as fibras geralmente atuam como um reforço secundário, com o intuito de aumentar a tenacidade das peças estruturais e como controlador das fissurações, no caso do GRC as fibras atuam como reforço principal das peças. Ademais, os GRCs geralmente são produzidos por métodos que permitem incorporar maiores teores de fibras e geralmente são empregados na confecção de peças de menor espessura.

3.1 FIBRAS DE VIDRO

As fibras de vidro são produzidas por meio de um processo de conformação onde o vidro fundido é transformado na forma de filamentos. Isto se dá através do resfriamento do vidro moldável que se encontra em uma câmara de aquecimento de platina (CALLISTER JR, 2002). O vidro então solidifica-se enquanto é resfriado ao sair através de orifícios pequenos na base da câmara, formando feixes com, geralmente, 204 filamentos (BENTUR e MINDESS, 1990).

O vidro é um material cerâmico que consiste em silicatos não cristalinos (amorfo), que contém óxidos (CaO, Na₂O, K₂O e Al₂O₃) que influenciam as suas propriedades (CALLISTER JR, 2002). Estes modificadores da rede geralmente são introduzidos aos silicatos como forma de melhorar o processo de produção, reduzindo a viscosidade do material e a temperatura de transição vítrea, a qual marca o limite entre as fases sólida e líquida (ASHBY e JONES, 1998). Enquanto a sílica é geralmente suprida na forma de areia de quartzo comum, o Na₂O e o CaO são adicionados como soda barilha (Na₂CO₃) e calcário (CaCO₃), respectivamente (CALLISTER JR, 2002).

Antes de serem enrolados os filamentos das fibras, estes são cobertos com uma camada que os protege dos efeitos do ambiente e da abrasão, bem como faz com que os filamentos se

mantenham juntos, formando um só feixe (BENTUR e MINDESS, 1990). Normalmente esta camada protetora consiste em uma camada de polímero orgânico aplicada ao feixe de fibras (MAJUMDAR e LAWS, 1991).

3.1.1 Propriedades Físicas, Químicas e Mecânicas

Os vidros mais comumente utilizados são: de cal de soda (tipo A), borossilicatos (tipo E) e o álcali-resistente (tipo AR). Um vidro de cal de soda típico consiste em aproximadamente 70%, em massa, de SiO₂, sendo o restante composto principalmente por Na₂O (soda) e CaO (cal). Já os vidros borossilicatos são compostos de aproximadamente 54% de SiO₂, 7% de B₂O₃ e o restante de Na₂O e Al₂O₃. Já o vidro do tipo AR tem em sua composição cerca de 16% de ZrO₂, com este teor variando em função do fabricante.

As composições químicas típicas por tipo de fibra estão apresentadas na Tabela 3.1. Já as principais propriedades das fibras de vidro estão exemplificadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.1: exemplo de composição química de fibras de vidro (em % da massa)

	Tipo A* (%)	Tipo E** (%)	Tipo AR (Cem-FIL)** (%)	Tipo AR (NEG)** (%)
SiO ₂	73,0	54,0	62,0	60,2
ZrO ₂	x	x	16,7	19,8
TiO ₂	x	x	0,1	x
Al ₂ O ₃	1,0	15,0	0,8	0,3
Fe ₂ O ₃	0,1	0,3	x	x
B ₂ O ₃	x	7,0	x	x
CaO	8,0	22,0	5,6	0,5
MgO	4,0	0,5	x	x
Na ₂ O	13,0	0,3	14,8	16,4
K ₂ O	0,5	0,8	x	2,2
Li ₂ O	x	x	x	1,0
F ₂	x	0,3	x	x

*- ACI COMMITTEE 544 (1996)

** - Majumdar e Laws (1991)

Comparando-se com outros materiais fibrosos (ver Tabela 2.1), a fibra de vidro apresenta um alto módulo de elasticidade e uma alta resistência à tração.

Na prática, as fibras de vidro têm uma natureza multifilamentar. E as propriedades mecânicas do feixe podem ser diferentes das propriedades de um filamento unitário. Como exemplo pode citar-se a tensão à tração, que pode ser menor para o caso do feixe (cerca de 1500 MPa para um feixe de fibras de vidro AR, comparado com 2500 MPa para o filamento; BENTUR e MINDESS, 1990).

Tabela 3.2: exemplo de propriedades de alguns filamentos de vidro
(ACI COMMITTEE 544, 1996)

Propriedade	Tipo A	Tipo E	Tipo AR (Cem-Fil)	Tipo AR (NEG)
Massa Específica (g/cm ³)	2,46	2,54	2,70	2,74
Resistência à Tração (MPa)	3103	3478	2482	2448
Módulo de Elasticidade (MPa)	64814	71709	79983	78604
Deformação na Ruptura (%)	4,7	4,8	3,6	2,5

Com relação à suscetibilidade de degradação das fibras de vidro, sabe-se que os vidros silicáticos inorgânicos (tipos A e E) são reativos com álcalis (MAJUMDAR e LAWS, 1991). Isso ocorre porque a rede formada por sílica-oxigênio-sílica que compõe o esqueleto principal dos vidros silicáticos (Figura 3.1 a) é atacada pelos íons hidroxila, conforme mostrado na Figura 3.1 b.

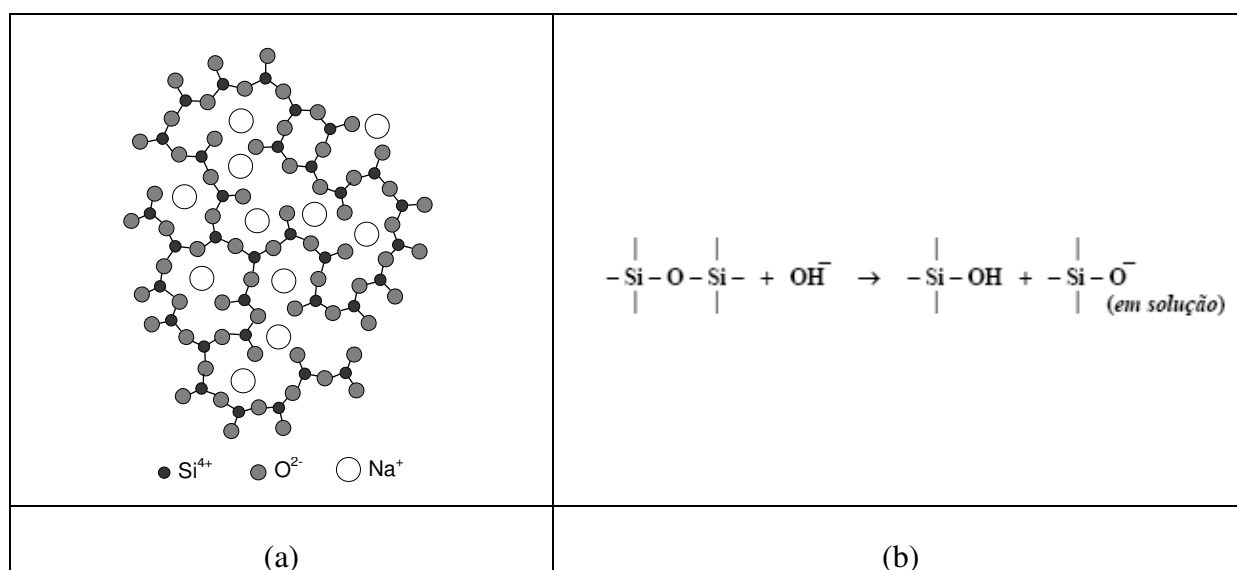


Figura 3.1: representação esquemática: (a) da estrutura de um vidro (CALLISTER JR, 2002); (b) do ataque provocado pelos íons hidroxila (OH) nos vidros (BENTUR e MINDESS, 1990)

Estes íons hidroxila são encontrados em uma elevada concentração na solução dos poros dos materiais cimentícios (TAYLOR, 1990; METHA e MONTEIRO, 1994; NEVILLE, 1997)

Os estudos realizados pelos pesquisadores da United Kingdom Building Research Establishment (BRE) mostraram que as fibras com composições baseadas no sistema Na₂O - SiO₂ - ZrO₂ são quimicamente mais estáveis em soluções alcalinas (BENTUR e MINDESS, 1990).

No entanto, apesar da adição de ZrO_2 reduzir muito a taxa de reatividade da rede silicática, não impede que as reações ocorram. Sendo assim, mesmo as fibras de vidro do tipo AR não estão imunes ao ataque quando se encontram em contato com a matriz cimentícia (MAJUMDAR e LAWS, 1991). Sendo assim, hoje em dia, o uso destas fibras para reforço de matrizes cimentícias está condicionado à utilização de mecanismos de aumento da durabilidade do compósito, que serão comentados no item 3.4.4.1.

3.2 ASPECTOS HISTÓRICOS

O primeiro estudo sistemático sobre o GRC como um material compósito ocorreu no início dos anos 60, na antiga União Soviética, por Biryukovich e seus colegas (MAJUMDAR e LAWS, 1992). Nestas pesquisas foram utilizadas as fibras de vidro tipo A e E (de cal de soda e de borossilicato, respectivamente) e não eram empregados materiais cimentícios especiais com baixa alcalinidade ou com adição de polímeros na matriz. O reforço foi feito com teores superiores a 50% da massa do compósito final e as vantagens aclamadas eram a elevada resistência à tração e elevada elasticidade em pequenas espessuras, baixa permeabilidade à água e boas propriedades térmicas, acústicas e dielétricas.

Em 1967, os pesquisadores da BRE começaram uma investigação com as fibras de vidro álcali-resistentes (tipo AR). Estas fibras de vidro possuíam a mesma composição química do vidro descrito por Dumbleby e Turner (1926 apud MAJUMDAR e LAWS, 1991). Foi baseando-se neste trabalho que os cientistas da BRE formularam com sucesso uma fibra de vidro contendo zircônio na sua composição, que demonstrou uma elevada resistência aos álcalis (ACI COMMITTEE 544, 1996).

Em 1971, uma parceria entre a BRE e a Pilkington Brothers começou a produzir pela Cem-FIL a fibra AR em escala comercial. Em 1973 a Owens-Corning Fiberglas também introduziu no mercado uma fibra de vidro álcali-resistente. Em 1975, a Nippon Electric Glass (NEG) também começou a comercializar uma fibra de vidro álcali-resistente contendo zircônio (ACI COMMITTEE 544, 1996).

A partir de então diversas pesquisas foram realizadas com os materiais cimentícios reforçados com fibras álcali-resistentes e foi criada uma grande quantidade de aplicações do material na indústria da construção.

3.3 MÉTODOS DE PRODUÇÃO

Vários métodos foram desenvolvidos para a produção dos componentes de GRC. A maior parte destes métodos foi adaptada da indústria dos plásticos reforçados com fibras, fazendo-se os ajustes necessários devido à natureza da matriz cimentícia (BENTUR e MINDESS, 1990).

Geralmente o GRC é utilizado para produzir componentes na forma de placas e cascas. Portanto, elevada resistência à tração e tenacidade são requeridas de forma que o componente de pequena espessura apresente uma elevada resistência à fissuração. Por isso, o processo de produção deve permitir a incorporação e a dispersão uniforme de um volume de fibras suficientemente grande para que se alcance um reforço adequado. E isto deve ser conseguido com um método de produção onde a mistura deve ser aplicada e tomar forma em um molde (BENTUR e MINDESS, 1990).

Ademais, para conseguir um maior desempenho dos componentes produzidos, o método deve ser capaz de incorporar teores elevados de fibra e de trabalhar com matrizes cimentícias com reduzidas relações água/cimento.

Os principais métodos de produção utilizados para se confeccionar as peças de GRC são descritos a seguir.

3.3.1 Métodos de Pré-Mistura (*Premix*)

Os métodos que envolvem a mistura de fibras com o cimento, areia, água e aditivos antes da moldagem são denominados de métodos de pré-mistura. Estes métodos são baseados na tecnologia do concreto e consistem em duas etapas, que são a produção prévia da matriz cimentícia e posteriormente a incorporação das fibras à matriz, reduzindo assim o dano físico que este processo provoca na superfície das fibras (MAJUMDAR e LAWS, 1991).

Dentre as desvantagens do método de pré-mistura estão os danos provocados às fibras durante a mistura, a baixa eficiência do reforço devido à distribuição tridimensional das fibras (considerando-se que o material é utilizado, na maioria das vezes, na confecção de placas cujo esforço principal é a flexão), as dificuldades de adensamento do material ainda no estado fresco e as limitações impostas pelo método com relação ao teor e tamanho das fibras (MAJUMDAR e LAWS, 1991; ACI COMMITTEE 544, 1996).

Já as principais vantagens deste método estão relacionadas com a obtenção de um material mais homogêneo (quando o teor e a geometria das fibras é tal que não leva ao aninhamento das mesmas) e cujas características finais são menos dependentes do fator humano (operador dos equipamentos). Além disso, o método de pré-mistura não necessita de equipamentos

especiais, podendo ser facilmente produzido com os equipamentos comumente utilizados na confecção de concretos.

Com relação às limitações impostas pelo método de pré-mistura, a Cem-FIL (2005) e a International Glassfibre Reinforced Concrete Association – GRCA (2000) recomendam um teor de fibra máximo de 3,5% com relação à massa do compósito (menor do que o teor máximo admitido para outros métodos de produção). Já o comprimento máximo de fibra recomendado é de 25 mm (HANNANT, 1978; MAJUMDAR e LAWS, 1991; CEM-FIL, 1997). A utilização de teores maiores de fibra provoca dificuldades na mistura e no adensamento que podem ser parcialmente contornadas pela vibração dos moldes. Já a utilização de fibras com comprimentos maiores gera dificuldades para dispersar uniformemente as fibras e prejudica o manuseio da mistura fresca (HANNANT, 1978). Por estas razões, este método geralmente é utilizado na confecção de placas com pequenas dimensões, acessórios e componentes arquitetônicos (CEM-FIL, 1997).

A moldagem do GRC através deste método pode ser realizada de três formas diferentes: pré-mistura convencional, pré-mistura convencional com pós-processamento e pré-mistura projetada (sprayed premix ou spraymix) (MAJUMDAR e LAWS, 1991; CEM-FIL, 1997).

No processo de pré-mistura convencional a moldagem se dá por gravidade, em fôrmas abertas e vibração externa (das fôrmas) é comumente aplicada para remover o ar aprisionado e ajudar o escoamento da mistura (MAJUMDAR e LAWS, 1991). A Figura 3.2 mostra um fluxograma do processo de pré-mistura convencional.

A segunda forma consiste em incorporar ao processo de pré-mistura convencional atividades de prensagem, drenagem, extrusão ou injeção do GRC pré-misturado. Estes processamentos são realizados através de equipamentos que variam de complexidade, dependendo do resultado desejado (MAJUMDAR e LAWS, 1991).

No método de pré-mistura projetada uma pré-mistura é produzida por um equipamento de projeção, sendo posteriormente lançada em um molde, onde é adensada. Através deste processo é possível incorporar maiores teores de fibra e reduzir consideravelmente os danos provocados na superfície das fibras comuns ao processo de pré-mistura (CEM-FIL, 1997).

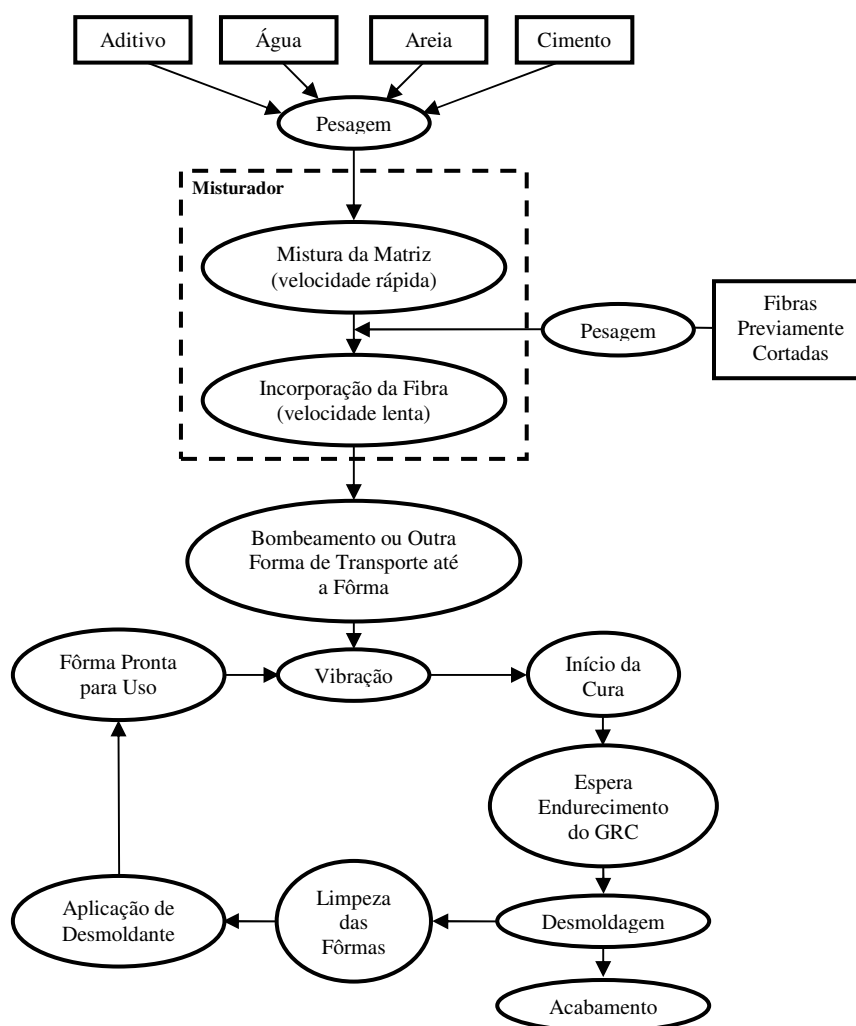


Figura 3.2: fluxograma típico de um processo de pré-mistura (adaptado de CEM-FIL, 2005a)

3.3.2 Métodos de Projeção

Os métodos de projeção surgiram como adaptações dos processos utilizados na indústria de plásticos reforçados e consistem em duas etapas distintas, que são: a produção da matriz cimentícia e a posterior projeção desta, juntamente com a das fibras, diretamente na fôrma/molde a ser utilizado (MAJUMDAR e LAWS, 1991).

A matriz cimentícia deve possuir a fluidez necessária para que seja bombeada através de mangueiras até a pistola de projeção, onde é projetada na forma de pequenas porções através do uso de ar comprimido. Os rolos de fibras alimentam a mesma pistola de projeção onde os feixes são cortados em tamanhos pré-determinados e projetados com o auxílio de ar comprimido juntamente com a matriz, diretamente sobre a fôrma (CEM-FIL, 1997).

Antes de iniciar o processo de produção, o equipamento de projeção deve ser calibrado para assegurar que o teor de fibras especificado seja alcançado. Este procedimento deve ser

repetido no início de cada período de moldagem e depois de alterações realizadas no equipamento (GRCA, 2000).

O GRC geralmente é projetado em finas camadas de 3 a 4 mm, até atingir-se a espessura especificada. Cada uma das camadas deve ser compactada através da passagem de um rolo espiralado antes da projeção da próxima camada (GRCA, 2000).

Este processo possibilita a incorporação de grandes quantidades de fibra (cerca de 5% com relação à massa do compósito) e permite que se trabalhe com fibras com comprimentos maiores do que os utilizados no processo de pré-mistura (geralmente entre 25 e 40 mm), sem que haja grandes dificuldades de compactação do material. As fibras também são dispersas de forma mais uniforme e distribuídas bidimensionalmente ao longo da peça (distribuição ideal para o caso de placas e cascas) (BENTUR e MINDESS, 1990; CEM-FIL, 1997).

3.3.2.1 Projetado-drenado (*spray-dewatering* ou *spray-suction*)

O método projetado-drenado, um dos primeiros utilizados na produção dos GRCs, consiste num processo que envolve a retirada do excesso de água necessária para que se alcance uma mistura com a trabalhabilidade que viabiliza a projeção do material. O processo de retirada de água é realizado logo após o processo de projeção e ocorre por sucção aplicada ao material através de uma fôrma permeável (ACI COMMITTEE 544, 1996).

3.3.2.2 Projeção Manual (*spray-up*)

No processo de projeção manual o operador do equipamento de projeção move a pistola de projeção em movimentos contínuos em sentidos alternados até cobrir toda a superfície do molde, mantendo, sempre que possível, a saída do material perpendicular à superfície da fôrma. Logo em seguida o material projetado é submetido à compactação com um rolo espiralado, de forma a assegurar que as fibras estejam completamente envolvidas pela matriz. Esta compactação também é importante para que se garanta que o material está cobrindo toda a superfície da fôrma, sem descontinuidades, e para aumentar a densidade do material (MAJUMDAR e LAWS, 1991; CEM-FIL, 2005b).

Um fluxograma do processo de projeção manual é apresentado na Figura 3.3.

Devido à quantidade de etapas envolvidas no processo, este método é considerado como de baixa produtividade, sendo capaz de projetar cerca de 10–12 kg de produto por minuto. Além disso, este sistema de produção gera peças com alta variação de espessura. No entanto, ele é capaz de produzir peças com curvas complexas e é extremamente versátil (MAJUMDAR e LAWS, 1991; CEM-FIL, 1997).

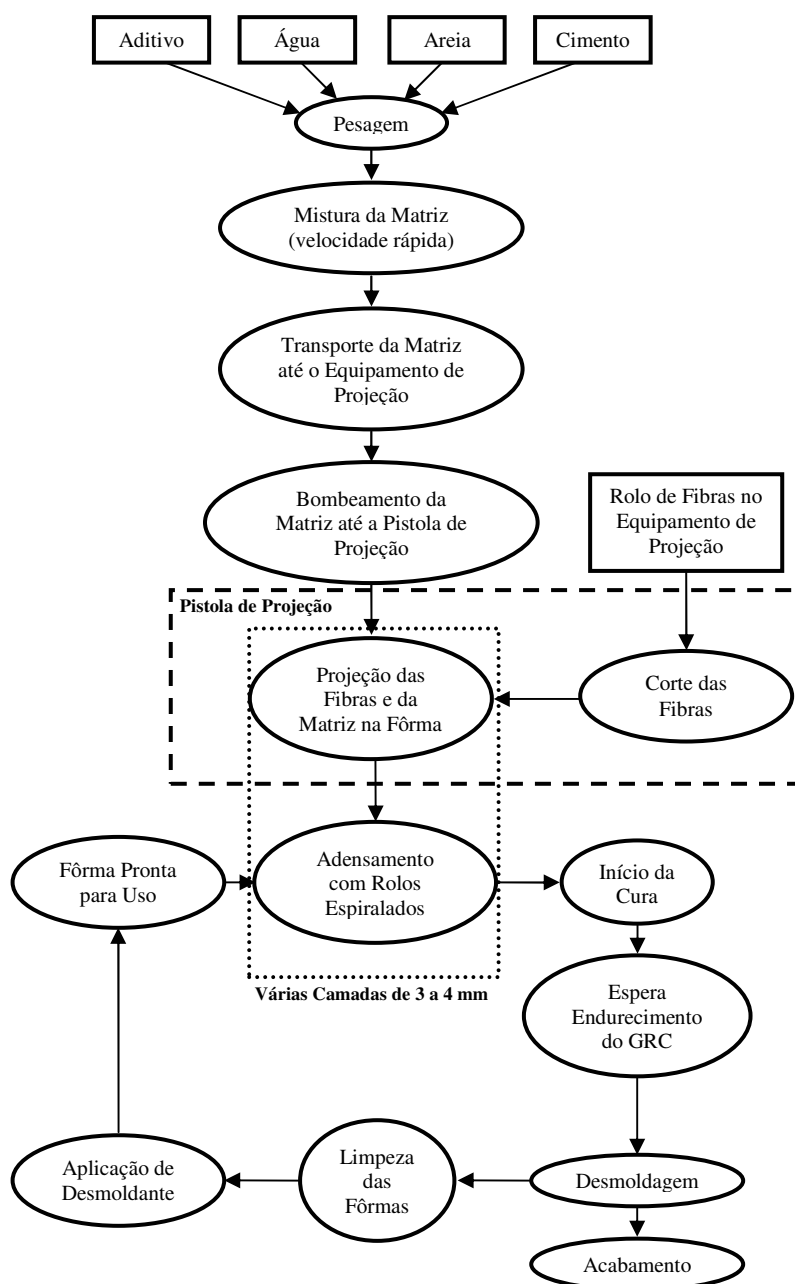


Figura 3.3: fluxograma típico do processo de projeção manual

As desvantagens deste método estão ligadas ao fato de que as propriedades finais do material dependem do fator humano (principalmente do operador do equipamento de projeção), o que implica em um material mais heterogêneo do que o obtido através do método de pré-mistura, e na necessidade de equipamentos especiais.

Este processo geralmente é utilizado na produção de painéis pré-fabricados de fachada, fôrmas permanentes, dutos e, devido à sua versatilidade, também pode ser utilizado com um processo de aplicação in situ, produzindo revestimentos de GRC. Majumdar e Laws (1991) citam a experiência de aplicação do revestimento a paredes de blocos de concreto. Neste caso,

a utilização do revestimento com GRC projetado dispensou a necessidade de utilização das juntas de argamassa.

Formulações contendo entre 0,5% e 2,5% de fibras, em relação à massa do compósito, têm sido utilizadas para revestimentos de 4 mm a 10 mm. As principais vantagens desse revestimento são suas elevadas resistências ao impacto e à fissuração, além da menor permeabilidade, quando comparado com os revestimentos convencionais de argamassa (CEM-FIL, 1997).

3.3.2.3 Projeção Mecanizada

Este processo se caracteriza por diminuir o número de operários envolvidos no processo de produção, através da projeção automática do GRC. Os robôs utilizados seguem trajetórias retilíneas, com direção e velocidade controladas. A projeção de cada camada é feita transversalmente à direção de projeção da camada anterior. Além disso, a espessura média projetada é mais uniforme do que no processo manual, conseguindo-se alcançar espessuras muito mais próximas da especificada. Assim, os tempos que seriam gastos para regularizar os trechos com espessura inferior à de projeto são economizados e o comportamento mecânico é praticamente idêntico nas duas direções. A produtividade da projeção mecanizada acaba por ser muito maior do que a do processo de projeção manual, alcançando cerca de 25-30 kg de material projetado por minuto (MAJUMDAR e LAWS, 1991; BALAGUER et al., 1995 apud SILVA, 1998)

3.4 CARACTERÍSTICAS DO GRC

Segundo o ACI Committee 544 (1996), as propriedades dos GRCs dependem do teor de fibras, orientação das fibras (método de produção), comprimento das fibras, relação água/cimento, porosidade, teor de agregado, tipo e teor de adições e tipo de cura, dentre outros aspectos.

Como os métodos de produção utilizados e o tipo e proporcionamento dos materiais constituintes do GRC variaram muito ao longo destes 40 anos de existência do material, há na literatura técnica uma quantidade muito grande de materiais, com propriedades distintas, que são designados genericamente como GRC.

Como exemplo pode ser citado o caso da evolução da relação areia:cimento do material. No final da década de 60 o mesmo era primordialmente composto por uma matriz de pasta de cimento (cimento e água). Quando o material foi introduzido comercialmente no início dos anos 70, a areia começou a ser incorporada na proporção de 1:3 (areia:cimento). Já no final

dos anos 70 alguns produtores do material estavam produzindo GRCs com relação areia:cimento de 1:2 assim como 1:1, como forma de reduzir a fissuração do material. Ao longo dos anos 80 até os dias atuais a relação areia:cimento típica é de 1:1 (ACI COMMITTEE 544, 1996).

Os dados apresentados nos itens abaixo devem ser considerados levando em conta cada variação nos materiais. Apesar disto, os mesmos permitem que se tenha uma idéia geral de como se comportam os diferentes tipos de GRC em função das variáveis de interesse.

3.4.1 Microestrutura

A maioria dos processos de produção de GRC leva a uma dispersão do feixe de fibras na matriz cimentícia. No entanto, os feixes constituídos por vários filamentos não se quebram, mantendo tal estrutura dentro do material endurecido. Essa microestrutura especial onde os feixes de fibra se encontram imersos em uma matriz cimentícia, e existem espaços vazios entre os filamentos, é responsável por várias propriedades dos GRCs (BENTUR e MINDESS, 1990).

De acordo com Stucke e Majumdar (1976), quando submetidos a uma cura ao ar seco, a interface entre a fibra e a matriz cimentícia permanece porosa por mais de 20 anos. Segundo a literatura (STUCKE e MAJUMDAR, 1976; BENTUR e DIAMOND, 1986; BENTUR e MINDESS, 1990), esta porosidade faz com que a interface seja inerentemente fraca devido à pequena área de contato entre a matriz e as fibras. A ruptura destes materiais nestas condições tende a ser gradual, com falha progressiva dos cristais da interface aderidos à superfície das fibras, o que contribui significativamente para a tenacidade do compósito como um todo.

No entanto, quando o GRC é mantido em cura úmida, a interface entre a fibra e a matriz e os espaços vazios entre os filamentos de vidro são preenchidos por produtos da hidratação do cimento formados ao longo do tempo (BENTUR e DIAMOND, 1986; STUCKE e MAJUMDAR, 1976). Majumdar e Laws (1991) citam que a microestrutura desta interface, no caso dos materiais expostos às condições ambientais por 5 anos, é semelhante à dos materiais mantidos imersos em água pelo mesmo intervalo de tempo.

Conforme a literatura (STUCKE e MAJUMDAR, 1976; BENTUR e DIAMOND, 1986; BENTUR e MINDESS, 1990), o principal produto de hidratação responsável por esta densificação da interface fibra-matriz e do espaço entre os filamentos da fibra de vidro é o hidróxido de cálcio.

Stucke e Majumdar (1976), ao estudar as superfícies de ruptura dos corpos-de-prova de GRC submetidos a ensaios mecânicos, observaram que a densificação da matriz no entorno da fibra exerce uma forte influência sobre o mecanismo de transferência de tensões da matriz para as fibras e, conseqüentemente, na forma de ruptura do material. Segundo os autores, uma interface mais densificada leva a uma maior aderência entre as fibras e a matriz, resultando em menores deslizamentos das fibras na matriz e em uma ruptura frágil do compósito, quando as tensões de tração nas fibras que atuavam absorvendo o esforço na seção de ruptura atingem a sua resistência última à tração. Bentur e Diamond (1986) sugerem ainda que a densificação dos espaços entre os filamentos gera perda de flexibilidade da fibra e, conseqüentemente, perda de capacidade de absorver energia do compósito.

3.4.2 Resistência Mecânica

A resistência mecânica do GRC geralmente é avaliada através dos ensaios de tração direta e/ou de flexão. Os parâmetros determinados nestes ensaios são os valores correspondentes ao final do trecho elástico: BOP e PEL e as resistências máximas: UTS e MOR, respectivamente, para o ensaio de tração direta e de flexão.

Segundo Cem-FIL (1997), enquanto o BOP e o PEL são propriedades mais dependentes da matriz cimentícia, o UTS e o MOR são mais influenciados pelas características do reforço.

A utilização de diferentes métodos de produção influencia nas resistências dos GRCs. Devido à dificuldade de incorporar elevados teores de fibra, necessidade de aumentar a relação água/cimento e à distribuição tridimensional das fibras através do processo de pré-mistura, os materiais produzidos desta forma apresentam resistências inferiores às encontradas para os GRCs confeccionados através dos métodos de projeção (MAJUMDAR e LAWS, 1991). Os intervalos de valores tipicamente encontrados para as resistências mecânicas aos 28 dias dos GRCs produzidos pelos métodos de projeção manual e de pré-mistura podem ser vistos na Tabela 3.3.

Tabela 3.3: intervalo de resistências dos GRCs produzidos por diferentes métodos (CEM-FIL, 1997)

Propriedade		Método de Produção	
		Projeção Manual	Pré-Mistura
Flexão	PEL (MPa)	7-11	5-8
	MOR (MPa)	20-30	10-14
Tração Direta	BOP (MPa)	5-7	4-6
	UTS (MPa)	8-11	4-7

O aumento no teor de fibras do GRC leva a um aumento da sua tensão de primeira fissuração (BOP), resistência à tração (UTS), deformação de ruptura do material, assim como na sua resistência à flexão (MOR) (MAJUMDAR e LAWS, 1991). Para o GRC produzido pelo processo de projeção-drenado, a taxa de aumento do MOR proporcionado pelo aumento do teor de fibras é elevado para teores mais baixos, mas tende a apresentar pequenos ganhos de resistência quando o teor de fibra excede os 6% (com relação ao volume) (ALI et al., 1975). Segundo Majumdar e Laws (1991), esta limitação está relacionada com a diminuição da uniformidade na distribuição das fibras no compósito e com o aumento da dificuldade de penetração das fibras na matriz e do adensamento do material produzido com elevados teores de fibras. Ademais, o aumento do teor de fibras acima deste limite faz com que haja uma diminuição da área de contato entre as fibras e a matriz.

O aumento do tamanho das fibras também proporciona uma melhoria na resistência mecânica dos GRCs, porém não no mesmo grau da alcançada com o aumento do teor de fibras (ALI et al., 1975). Para um material com um teor de fibras de 4,1% em volume (correspondente a um teor de 5% com relação à massa do compósito), confeccionado pelo processo de projeção direta, o efeito na resistência mecânica da mudança do tamanho das fibras de 25 mm para 50 mm, é pequeno, com exceção da resistência ao impacto, a qual apresenta aumento significativo com a elevação do tamanho das fibras (CEM-FIL, 1997).

Para os GRCs produzidos pelo processo de projeção manual com fibras com comprimentos inferiores a 25 mm a eficiência do reforço com relação à resistência mecânica cai muito. Com fibras de 12 mm ou menores as resistências alcançadas não são muito diferentes das alcançadas pelos compósitos produzidos pelo processo de pré-moldagem. Já no caso dos materiais produzidos com fibras de comprimentos superiores a 50 mm começam a surgir problemas de incorporação das fibras à matriz cimentícia e de compactação do material (CEM-FIL, 1997).

Com relação ao efeito do teor de agregado do GRC, resultado da incorporação da areia ao compósito, verifica-se que, quando comparado com o GRC produzido com pasta de cimento, ocorre redução dos valores do PEL e MOR, devido à diluição do cimento e necessidade de elevar a relação água/cimento para uma mesma trabalhabilidade. No entanto, quando mantidos ao ar, há uma tendência de queda ao longo do tempo do PEL dos GRCs produzidos com nata de cimento devido à fissuração da matriz. Já com a incorporação de areia, o GRC tende a apresentar uma estabilização do valor do PEL, sob condições ambientais de uso. Por isso, estudos mostram que GRCs produzidos com até 50% da massa de agregado apresentam as mesmas resistências (MOR) dos confeccionados com matriz composta somente por pasta de cimento (SINGH e MAJUMDAR, 1987).

Segundo o Cem-FIL (1997), as propriedades do GRC que dependem majoritariamente da matriz (PEL, BOP e módulo de elasticidade) não são significativamente modificadas devido ao teor de agregado, para relações agregado:cimento superiores a 1:2, uma vez que a trabalhabilidade da mistura resultante possa ser mantida constante através do uso de aditivos químicos (sem aumento significativo da relação água/cimento).

3.4.3 Tenacidade

A tenacidade é uma medida da capacidade de absorção de energia de um material e é utilizada para caracterizar o quanto o material resiste à fratura, quando submetido a deformações estáticas ou a cargas dinâmicas ou de impacto (ACI COMMITTEE 544, 1999).

De acordo com Bentur e Mindess (1990), nos componentes com pequena espessura onde as fibras dispersas na matriz atuam como reforço principal, como é o caso da maior parte das aplicações do GRC, as fibras são responsáveis não somente pelo aumento da resistência mecânica, mas também pela capacidade de absorção de energia do compósito.

O aumento da resistência à fratura, ao impacto e à fadiga são alguns dos benefícios proporcionados pela habilidade dos materiais cimentícios reforçados com fibras de absorverem energia (GOPALARATNAM e GETTU, 1995).

Apesar de ser uma propriedade de grande importância para o GRC, a literatura sobre a sua capacidade de absorção de energia é relativamente escassa. Alguns trabalhos avaliam diretamente a resistência à fadiga dos GRCs, tais como: Hibbert e Grimer (1975); West e Walton (1981) e Magalhães et al. (1996). Em outros trabalhos são estudadas as resistências ao impacto destes materiais, são eles: Mobasher e Shah (1989), Glinicki et al. (1994) e Magalhães et al. (1996). E alguns outros avaliam diretamente a tenacidade de diferentes formas, são eles: Barr e Liu (1982); Shah et al. (1988); Mobasher e Shah (1989); Ambroise e Pera (1992) e Marikunte et al. (1997). São mais raros todavia, os trabalhos que correlacionam os parâmetros de dosagem dos GRCs com tais propriedades.

Conforme a Mecânica dos materiais cimentícios reforçados com fibras (BENTUR e MINDESS, 1990), o aumento dos tamanhos das fibras é benéfico para a resistência do compósito, mas pode ser prejudicial à tenacidade, caso atinja tamanhos próximos aos que fazem as tensões de aderência entre as fibras e a matriz atingirem um determinado valor crítico. Caso os comprimentos das fibras sejam grandes o suficiente para que as resistências de aderência sejam próximas deste valor crítico, que corresponde à resistência à tração das fibras, o modo de ruptura do compósito é modificado, deixando de se romper devido ao deslizamento das fibras, e sim pela ruptura brusca das mesmas. Estudando GRCs produzidos

pelo método de pré-mistura com 1,5% e 2,5% de fibra (com relação à massa do compósito) e com fibras de 4,5 mm, 12 mm e 25 mm, Ambroise e Pera (1992) verificaram que, em geral, o aumento do teor de fibras, assim como o aumento do comprimento destas, proporcionam uma maior tenacidade ao material. Sendo assim, consideraram que comprimento crítico das fibras para o material estudado é superior aos 25 mm.

3.4.4 Durabilidade

Apesar da utilização das fibras álcalis-resistentes (tipo AR) ter proporcionado um grande aumento da resistência das fibras à degradação no meio alcalino que é a matriz cimentícia, alguns trabalhos (LITHERLAND et al., 1981; BENTUR e MINDESS, 1990; MAJUMDAR e LAWS, 1991) verificaram que a exposição do GRC ao ambiente natural ainda resultava em mudanças no comportamento mecânico do material, gerando perdas significativas de resistência última e de capacidade de absorção de energia.

Cem-FIL (1996) cita que a resistência última do compósito, depois de ser mantido exposto ao ambiente natural, estabiliza-se em cerca de 40% da resistência inicial e a capacidade de deformação (tenacidade) se reduz a 20% da capacidade de deformação inicial, depois do envelhecimento do material.

Devido a estas perdas de resistência última (MOR e UTS) e tenacidade apresentadas pelo GRC ao longo do tempo, no dimensionamento das peças de GRC, os elevados valores encontrados inicialmente para o material não são aproveitados integralmente, sendo comum considerar os valores correspondentes ao material envelhecido. A resistência última à flexão (MOR) dos GRCs compostos por fibras de vidro AR sujeitos ao envelhecimento em ambiente natural decresce com o tempo para aproximadamente, mas nunca menos do que, o limite de proporcionalidade (PEL) do material (Figura 3.4). Por isso, no dimensionamento das peças de GRC considera-se que o MOR do material é igual ao seu PEL aos 28 dias (ACI COMMITTEE 544, 1996; CEM-FIL, 1997; SILVA, 1998).

Ao longo dos anos métodos acelerados foram desenvolvidos como forma de prever as propriedades ‘finais’ dos diferentes GRCs. Estes métodos podem ser divididos basicamente em dois grupos: os que avaliam a durabilidade do GRC indiretamente, através da análise da resistência da fibra isolada, e os que avaliam a evolução das propriedades do próprio compósito.

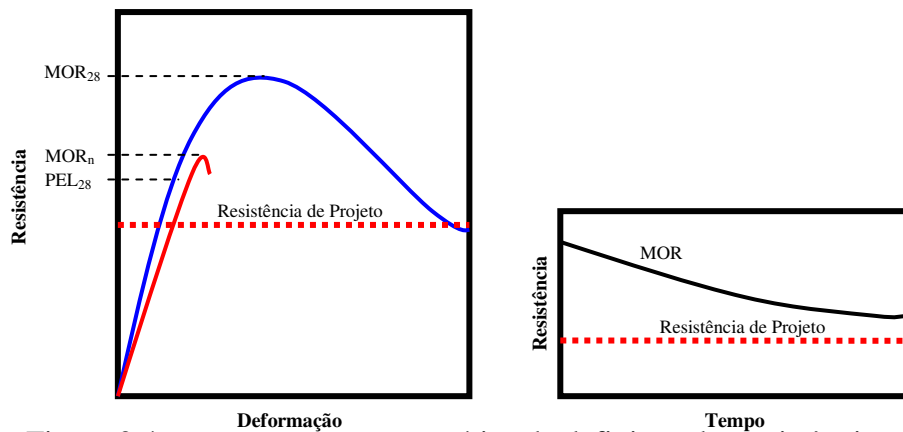


Figura 3.4: representação esquemática da definição das resistências de projeto (adaptado de SILVA, 1998)

Inicialmente, algumas pesquisas foram realizadas avaliando a durabilidade das fibras de vidro AR imergindo-as em soluções alcalinas e determinando as suas resistências à tração. Os resultados mostraram que há uma perda de resistência das fibras sem camadas de proteção especiais com o aumento do tempo de exposição à solução, e que a taxa da reação entre as fibras e a solução é dependente da temperatura. No entanto, não foi possível encontrar uma correlação direta entre os resultados obtidos para estes ensaios e o mecanismo de degradação que ocorre quando as fibras encontram-se na matriz cimentícia (MAJUMDAR e LAWS, 1991).

Outro método de avaliação indireta da durabilidade do GRC, denominado por '*strand in cement*' ou '*SIC test*', foi desenvolvido por Litherland et al. (1984). O método consiste em avaliar as resistências à tração das fibras cuja parte central está imersa em um bloco de material cimentício (pasta ou argamassa), para diferentes tempos de imersão do sistema em água quente. Segundo Majumdar e Laws (1991), através deste método é possível modelar as interações entre as fibras de vidro e o cimento, submetendo-os à aceleração em termos das propriedades das fibras nas condições de utilização.

Outro método aceitável de aceleração foi desenvolvido pela indústria que trabalha com o GRC. Ele consiste na aceleração da taxa de redução da resistência e tenacidade do próprio GRC aumentando-se a temperatura da água no qual o material é mantido imerso, simulando assim o efeito do envelhecimento deste em um ambiente natural (MAJUMDAR e LAWS, 1991).

Litherland et al. (1981) encontraram boas correlações entre a resistência das fibras (determinadas utilizando '*SIC test*') e a resistência à flexão dos GRCs sob cura em água quente e sob cura no ambiente natural. Curvas típicas para estas duas propriedades dos materiais mantidos imersos em água a diferentes temperaturas são mostradas na Figura 3.5.

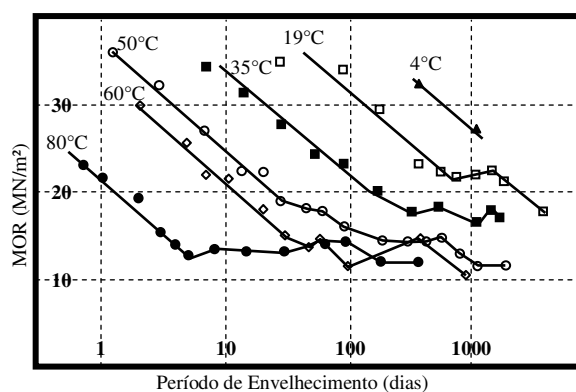
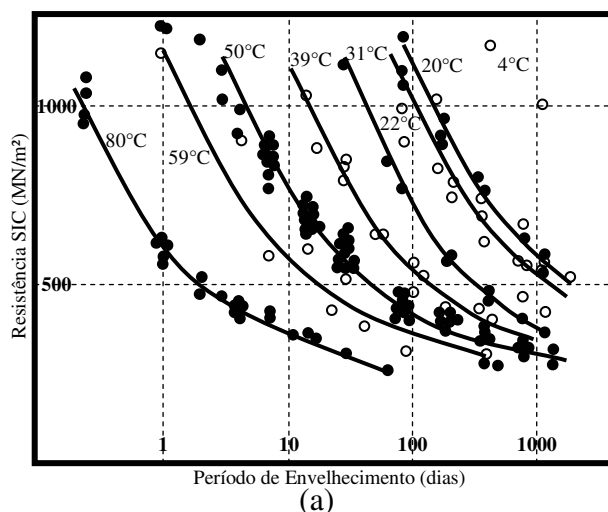


Figura 3.5: efeito do envelhecimento acelerado na resistência (LITHERLAND et al., 1981). (a) resistências das fibras em água a diferentes temperaturas determinadas pelo ‘SIC test’. (b) resistência à flexão do GRC em água a diferentes temperaturas

Os dados determinados pelos dois ensaios foram utilizados pelos autores para construir curvas normalizadas de Arrhenius, graficando o logaritmo do tempo (para uma determinada perda de resistência) em alguma temperatura, T , relativa ao tempo em uma determinada temperatura padrão (50°C), em função de $1/T$ (Figura 3.6). No caso da cura em ambiente natural os dados foram analisados em termos da temperatura média anual do lugar.

A excelente correlação encontrada pelos autores (os dados encontram-se sobre uma única reta) permite que se faça previsões das mudanças ocorridas na resistência à flexão dos GRCs em ambientes naturais a partir de dados provenientes de ensaios acelerados (sob ataque imersos em água a diferentes temperaturas), considerando a temperatura média anual do local.

As correlações existentes entre 1 dia imerso em água a diferentes temperaturas e o tempo de exposição no ambiente natural da Grã-Bretanha foram extraídas por Shah et al. (1988) a partir dos dados de Litherland et al. (1981) e estão indicadas na Tabela 3.4.

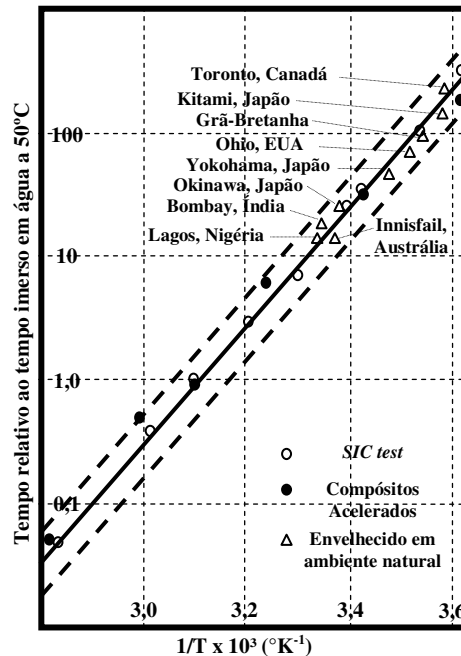


Figura 3.6: curvas normalizadas de Arrhenius da resistência (resistência das fibras determinadas pelo ‘SIC test’ e resistência à flexão) de corpos-de-prova sob envelhecimento natural e acelerado

Já na Tabela 3.5 são apresentadas as correlações realizadas pelos mesmos autores entre um dia de exposição do GRC em água a 50°C e o tempo equivalente de exposição em diversos ambientes.

Tabela 3.4: correlações entre um dia de exposição do GRC em água a diferentes temperaturas e o tempo equivalente de exposição natural na Grã-Bretanha (LITHERLAND et al., 1981)

Temperaturas (°C)	Tempo equivalente à exposição em ambiente natural (UK)	
	Dias	Anos
80	1672	4,6
70	693	1,9
60	272	0,75
50	101	0,29

Tabela 3.5: correlações entre um dia de exposição do GRC produzido com fibras AR em água a 50°C e o tempo equivalente de exposição em diversos ambientes (LITHERLAND et al., 1981)

Localização Típica	Temperatura Média Anual (°C)	Número de dias no ambiente natural correspondente a 1 dia de exposição em água a 50°C
Montreal	7	160
Londres	10,4	101
New York	12	82
Tokyo	15	55
Johannesburg	16	49
Miami	24	18

Os ensaios realizados por Litherland et al. (1991) consideram que o único agente degradador da resistência do GRC é a corrosão química das fibras por estar no ambiente alcalino que é a matriz cimentícia (mecanismo de ataque químico). No entanto, ao longo dos anos, vários autores (STUCKE e MAJUMDAR, 1976; BENTUR e MINDESS, 1990) apontaram que, ao menos parcialmente, o processo de degradação das propriedades mecânicas dos GRCs em ambientes úmidos se dá devido à densificação da interface entre as fibras e a matriz e do espaço entre os filamentos de um feixe de fibra pelos produtos de hidratação do cimento (mecanismo microestrutural). Segundo os mesmos autores o mecanismo microestrutural pode ser explicado tanto pelo efeito do aumento da aderência entre as fibras e a matriz, como pela geração de tensões de flexão locais.

De Vekey e Majumdar (1970) avaliaram o efeito do envelhecimento nos testes de arrancamento das fibras e observaram que a resistência de aderência de um filamento na matriz cimentícia aumenta com a idade. Como já discutido, com o incremento da aderência entre as fibras e a matriz há uma tendência de aumento do trabalho para provocar o arrancamento das fibras. A partir de um determinado nível de aderência há uma mudança no modo de ruptura, havendo cada vez mais fibras que deixam de falhar por arrancamento e passam a sofrer ruptura brusca (assim que a tensão que é transferida para a fibra atingir a resistência à tração das fibras). Assim, o trabalho para arrancamento das fibras é menor e, conseqüentemente, a tenacidade do compósito como um todo diminui (BENTUR e MINDESS, 1990).

Através de análises microestruturais, Bentur e Diamond (1986) notaram que, nos materiais constituídos por feixes flexíveis, há uma tendência da fissura que encontra transversalmente o feixe se deslocar para a interface entre o feixe e a matriz cimentícia (por ser uma região menos densa e, por isso, mais fraca). No entanto, quando os feixes estão densificados com produtos de hidratação da matriz (como é o caso dos materiais que sofrem o processo de

envelhecimento acelerado imerso em água quente), há uma tendência da fissura continuar transversalmente ao feixe até provocar ruptura do mesmo, o que explicaria as perdas de resistência última (MOR) do material.

Utilizando um método de determinação de micro-resistências explicado em Zhu e Bartos (1997), Bartos e Zhu (1996) perceberam que a tendência de mudanças no desempenho do GRC envelhecido (resistência à flexão - MOR e tenacidade) devido às diferentes modificações na matriz e tratamentos superficiais das fibras tinha uma relação muito forte com as magnitudes das micro-resistências no meio do feixe de fibras. Assim os autores concluem que, para obter uma maior capacidade de retenção das propriedades mecânicas do GRC, é desejável que se tenha um núcleo dos feixes de fibras flexível, reforçando assim a importância da aderência entre os filamentos das fibras no desempenho a longo prazo do compósito.

Por outro lado, Stucke e Majumdar (1976) mostraram que, quando a matriz ao redor das fibras é densa, tensões de flexão locais podem se desenvolver quando as fibras costuram uma fissura na matriz com uma determinada inclinação. Os autores mostraram ainda, por cálculos simples, que, devido à concentração de tensões, a densificação ao redor dos filamentos da fibra de vidro no GRC envelhecido pode levar a tensões de flexão locais nas fibras de vidro as quais excedem a resistência à tração das fibras. Assim, a fratura das fibras e a perda de tenacidade podem ocorrer mesmo que não haja perda de resistência da fibra devido ao ataque químico.

No entanto, Majumdar e Laws (1991) alertam que esta concentração de tensões só ocorre quando o material está sujeito a esforços de flexão. Como no ensaio de tração direta do GRC o arrancamento das fibras não contribui para a resistência do compósito e não há tensões de flexão local, não deveria haver perdas de resistência com o envelhecimento ao longo do tempo caso somente estes mecanismos atuassem. Contudo, os resultados de ensaios de tração direta realizados com GRCs mantidos em diferentes ambientes mostram que há uma diminuição da resistência última do material com o tempo, comprovando a importância de outros mecanismos no processo de degradação do GRC.

Mais recentemente, Purnell et al. (2000) realizaram um estudo envolvendo análises petrográficas e verificaram que a densificação completa do espaço inter-filamentar do feixe de fibras ocorre nas matrizes supersulfatadas e não é acompanhada pela degradação das propriedades mecânicas do compósito. Ademais, níveis similares de densificação foram observados em diferentes matrizes à base de cimento Portland depois de um período de imersão em água a 50°C, tanto para os GRCs com as propriedades degradadas, quanto para aqueles com maior capacidade de retenção das propriedades. Os autores concluíram, assim,

que o processo de densificação do feixe de fibras com os produtos de hidratação não é necessariamente prejudicial às propriedades mecânicas do GRC.

Os mesmos autores também verificaram, através de imagens microscópicas das superfícies das fibras de vidro retiradas das diferentes matrizes estudadas, que não eram observados sinais de corrosão das fibras, mesmo nos materiais que apresentavam uma elevada perda de resistência à flexão (MOR) e tenacidade com o ataque. Mais uma vez os autores concluíram que o processo de degradação das propriedades mecânicas dos GRCs não podia estar correlacionado com a corrosão química das fibras.

Purnell et al. (2001a) e Purnell e Beddows (2005) propõem um modelo que explica a degradação da resistência do GRC como consequência da redução da resistência da fibra, que por sua vez é decorrente da propagação de falhas pré-existentes nas fibras, quando as fibras estão sujeitas a um regime sub-crítico de tensões em um ambiente corrosivo.

Os autores dizem que as falhas são introduzidas às superfícies das fibras de vidro durante sua fabricação, manuseio ou mesmo durante o processo de produção do compósito. De fato já haviam sido observadas quedas de resistência mecânica quando comparavam-se as resistências de filamentos virgens, de feixes de fibras ainda nas fábricas e de filamentos removidos de GRCs não envelhecidos (MAJUMDAR e LAWS, 1991). Além disto, Purnell et al. (2001a) citam que a resistência à tração dos GRCs reforçados com fibras contínuas e uniaxialmente alinhadas é somente cerca da metade da resistência prevista pela teoria.

Um possível mecanismo de propagação destas falhas citado pelos autores seria a fadiga estática. Segundo os autores, se um vidro está em um ambiente aquoso e sob tensões constantes (menores do que as tensões de ruptura do material), então vai haver uma concentração de tensões nas pontas das falhas pré-existentes, e são nessas regiões que vão existir ataque e quebra preferencial do material, fazendo com que a fissura cresça. Este processo, em caso extremo, pode ocasionar falha espontânea das fibras de vidro. O tempo para que ocorra tal falha é dependente de vários fatores tais como: a composição do vidro, pH, nível de tensões, temperatura e tipo e quantidade de polímero da camada de proteção da fibra.

Os autores citam ainda que um grande número de mecanismos pode gerar tensões que ocasionariam o processo de corrosão. No caso do processo de imersão em água quente, as tensões podem surgir das diferenças existentes entre os coeficientes de expansão das fibras e da matriz. Outro mecanismo gerador de tensões poderia ser a precipitação e nucleação do hidróxido de cálcio nas imperfeições pré-existentes nas fibras.

3.4.4.1 Mecanismos de Melhoria da Durabilidade

Ao longo dos últimos anos de pesquisa sobre o GRC, diversas soluções foram propostas para obter um compósito com maior durabilidade. Tais propostas passam por diversas mudanças na composição da fibra e tratamentos superficiais destas, modificações na matriz e até processamento do material após a moldagem do componente. Tais soluções são discutidas mais detalhadamente nos itens seguintes.

3.4.4.1.1 Modificações da Fibra de Vidro

Segundo Bentur e Mindess (1990), a melhoria da durabilidade do GRC pode ser alcançada por modificações na composição da fibra ou por tratamentos superficiais das fibras.

Um grande número de composições de fibras álcali-resistentes (AR), projetadas para serem utilizadas como reforço de matrizes cimentícias, foi patenteado, mas somente uma pequena parcela destas patentes chegou a ser produzida em uma escala comercial, ou até mesmo em uma escala piloto. Além das fibras de vidro com ZrO_2 , já discutidas no item 3.2, acredita-se que a presença de terras raras tais como La_2O_3 e CeO_2 , e outros óxidos tais como SnO_2 , MnO , ZnO , Cr_2O_3 , ThO_2 e TiO_2 , também fornece resistência aos álcalis suficiente para despertar interesse comercial (MAJUMDAR e LAWS, 1991).

Contudo, apesar da utilização das fibras AR diminuir a taxa de degradação das propriedades mecânicas do compósito, ainda foram observadas grandes perdas na resistência última (MOR) e na capacidade de absorção de energia do material com a exposição ao ambiente natural, devido aos mecanismos de degradação já discutidos anteriormente. Então, uma outra solução encontrada para aumentar a durabilidade das fibras no meio alcalino foi a utilização de camadas superficiais de proteção¹.

Segundo Mäder et al. (2004), tais camadas têm a finalidade de aumentar a resistência à abrasão, manter a resistência e alterar a formação da interface quando fazem parte do compósito. Geralmente são compostas de um polímero orgânico aplicado sobre as fibras de vidro durante a manufatura. Estudos realizados com camadas de resina acrílica (BARTOS e ZHU, 1996) e com estireno-butadieno (MÄRDER et al., 2004) apresentaram melhorias de durabilidade do compósito.

No entanto, Majumdar e Laws (1991) afirmam que a utilização destas camadas na forma de resina não se mostrou comercialmente útil. Para estas produzirem um efeito significativo seriam necessárias camadas espessas de proteção, o que tornaria a solução muito cara, além do fato da presença de pequenas fissuras na camada geralmente tornar a proteção ineficiente.

¹ Na literatura internacional tais camadas são denominadas pelo termo '*coating*'.

Segundo os mesmos autores, uma nova abordagem com respeito às camadas protetoras surgiu com o aparecimento de uma segunda geração das fibras álcalis resistentes. Nestas fibras um inibidor químico é incorporado à camada de proteção e esse é lentamente dissolvido no ambiente alcalino da matriz cimentícia ao redor das fibras de vidro, resultando em uma redução significativa da interação entre a fibra e a matriz. Compostos orgânicos da família dos polihidróxido fenol mostraram ser muito efetivos como inibidores químicos (US PATENT, 1976).

Outro tipo de tratamento superficial é proposto por Bentur e Diamond (1987) e Bartos e Zhu (1996). Ele consiste na incorporação direta de sílica ativa nas fibras de vidro. Bartos e Zhu (1996) mostram que quando os feixes de fibras de vidro são previamente tratados com suspensão de sílica ativa, as perdas de resistência última (MOR) e de capacidade de absorção de energia do GRC são menores quando os materiais são submetidos ao ataque em água a 60°C.

3.4.4.1.2 Modificações da Matriz Cimentícia

Vários pesquisadores propuseram a melhoria da durabilidade do GRC alterando a matriz cimentícia. A maior parte dos trabalhos foi realizada tentando reduzir ou eliminar o hidróxido de cálcio oriundo da hidratação do cimento (ACI COMMITTEE 544, 1996).

Uma forma de reduzir a quantidade de hidróxido de cálcio, reduzindo assim a alcalinidade da matriz cimentícia, é conseguida através da adição de materiais pozolânicos à mistura. Uma pozolana é definida como um material silicoso ou sílico-aluminoso que, em si mesmo, possui pouca ou nenhuma propriedade cimentante, mas, numa forma finamente dividida e na presença de umidade, reage com o hidróxido de cálcio, em temperaturas ambientes, para formar compostos com propriedades cimentantes (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

O efeito da adição destes materiais pozolânicos à matriz cimentícia, em geral, é benéfico à durabilidade do GRC, por resultar em um material menos alcalino, devido ao consumo do hidróxido de cálcio proveniente da hidratação do cimento; e com menor porosidade, devido ao efeito de fechamento da porosidade capilar do material decorrente das reações latentes do material pozolânico com os produtos de hidratação do cimento. Além de tornar a matriz menos alcalina, o consumo do hidróxido de cálcio também minimiza a densificação dos feixes de fibra de vidro (MAJUMDAR e LAWS, 1991).

A utilização da cinza volante como substituição parcial do cimento no GRC foi estudada por Singh, Majumdar e Ali (1984), Singh e Majumdar (1985) e Zhang et al. (1997). Segundo a pesquisa realizada por Singh e Majumdar (1985), a incorporação deste material pozolânico ao

GRC reduz a resistência à flexão do compósito (PEL e MOR) nas idades iniciais, sendo que o grau de redução aumenta com o aumento da proporção de substituição utilizada. Ao longo do tempo, o MOR dos GRCs produzidos com cinza volante apresentam quedas inferiores às verificadas para o material constituído somente por cimento, sendo menor o decréscimo quanto maior a proporção de cinza volante. No caso da substituição de 50% do cimento por cinza volante os resultados apontam que os valores correspondentes ao MOR permanecem constantes em ambientes úmidos por pelo menos 9 anos.

Outro material pozolânico que é um subproduto industrial é a sílica ativa. Comparado ao cimento Portland comum e a cinzas volantes típicas, a sílica ativa apresenta distribuição granulométrica das partículas duas ordens de grandeza mais finas, sendo por este motivo considerada como material altamente pozolânico (MEHTA e MONTEIRO, 1994). A utilização da sílica ativa como substituição parcial do cimento no GRC foi estudada por Bentur e Diamond (1987), Bartos e Zhu (1996) e Marikunte et al. (1997).

A pesquisa realizada por Bentur e Diamond (1987) mostrou que, ao substituir 10% do cimento por sílica ativa, os GRCs apresentam uma menor perda de resistência (MOR) e tenacidade (avaliada como sendo a área sob a curva carga-deslocamento até uma carga correspondente a 75% do MOR) para 14 e 28 dias de aceleração do envelhecimento em água a 50°C. Enquanto o material de controle retém 20% da tenacidade depois dos 28 dias de envelhecimento acelerado, o material com sílica ativa consegue reter 40%. Os autores também mostraram que, com a adição de sílica ativa à matriz, o módulo de elasticidade (MEF) e o limite de proporcionalidade (PEL) na flexão, que são propriedades majoritariamente dependentes das propriedades da matriz, aumentam com o envelhecimento acelerado. Segundo os autores, isso se dá devido a uma consolidação da matriz através da hidratação progressiva do cimento e das reações entre a sílica ativa e os produtos de hidratação do cimento.

Já Bartos e Zhu (1996), estudando substituições de 10% do cimento por sílica ativa, verificaram que a perda de resistência (MOR) devido ao processo de envelhecimento acelerado (material mantido por 10, 20, 30 e 40 dias em água a 60°C) era menor do que a do material sem nenhum tipo de adição. Já as perdas de capacidade de absorção de energia (avaliadas pela área das curvas carga-deflexão na região pós-pico) mantiveram-se nos mesmos níveis das observadas para o material de referência. No entanto, Marikunte et al. (1997) observaram que quando se substitui 25% do cimento por sílica ativa as perdas de MOR e tenacidade (determinado como sendo a área total sob a curva carga-deslocamento até a carga correspondente a 5% do MOR) devido ao envelhecimento acelerado (corpos-de-prova

mantidos por 28 e 84 dias em água a 50°C) não são menores do que as perdas observadas para o material sem nenhum tipo de adição.

O metacaulim é outro tipo de material pozolânico de alta reatividade utilizado como adição aos materiais cimentícios. Segundo Souza Santos (1992), o metacaulim é um produto amorfo resultante do processo de desidroxilação da caulinita através da calcinação em temperaturas controladas. Os trabalhos de Magalhães et al. (1996), Marikunte et al. (1997) e Purnell et al. (2000) estudaram o efeito da adição deste material pozolânico nas propriedades do GRC.

O trabalho realizado por Magalhães et al. (1996) mostra que a utilização de 25% de metacaulim aumenta a capacidade de absorção de energia do GRC (avaliando a energia ao impacto e a resistência à fadiga do material). Além disso, os autores perceberam uma maior capacidade de retenção da resistência ao impacto quando o material é submetido a um ataque por 84 dias imerso em água a 50°C. Já o trabalho realizado por Marikunte et al. (1997) avaliou as resistências à flexão e as tenacidades de GRCs com substituição de 25% do cimento por metacaulim e sílica ativa. Realizando um envelhecimento acelerado submetendo os corpos-de-prova a um ataque por 28 e 84 dias imersos em água a 50°C, os autores verificaram que o GRC com metacaulim possui a maior capacidade de reter as resistências (MOR) e as tenacidades iniciais dentre os materiais estudados. Enquanto o compósito sem nenhum tipo de adição apresentou, para os 28 e 84 dias de ataque, uma queda de 33 e 50%, respectivamente, na tensão correspondente ao MOR, o GRC com sílica ativa apresentou quedas de, respectivamente, 28 e 57% e o com metacaulim apresentou quedas de, respectivamente, 10 e 14%. No entanto, o limite de proporcionalidade manteve-se constante para todos os casos. Já com relação às tenacidades, as quedas verificadas para os 28 e 84 dias de ataque foram de, respectivamente, 63 e 87% para o material de referência, 56 e 79% para o material com sílica ativa e 21 e 29% para o material com metacaulim.

A adição de polímeros dispersos na matriz cimentícia é outra solução proposta para alcançar uma maior capacidade de manutenção das propriedades mecânicas do GRC envelhecido. As primeiras pesquisas realizadas com a adição deste material ao GRC foram realizadas em fibras de vidro borossilicatos (tipo E), que apesar de apresentarem uma maior durabilidade do que os produzidos sem o polímero, depois de algum tempo começam a apresentar sinais de ataque químico das fibras com a matriz e, conseqüentemente, degradação das propriedades mecânicas do compósito. Isto ocorre devido ao fato da adição de 15% ou mais de polímeros (em volume) só proporcionar a proteção de 50% das superfícies das fibras (ACI COMMITTEE 544, 1996).

Em estudos realizados com diferentes tipos de polímeros e fibras de vidro AR, Majumdar e Laws (1991) mostram que as resistências à flexão (MOR) dos compósitos expostos ao ambiente natural de Garston (Liverpool - Inglaterra) por 5 ou 6 anos é sempre maior para os materiais com adições de polímeros, independentemente do tipo de polímero. Ademais, percebeu-se que as maiores resistências são obtidas com o copolímero estireno-acrílico (Figura 3.7).

Segundo Bentur e Mindess (1990), a maior capacidade de retenção das propriedades mecânicas dos GRCs com adições de polímeros se deve a duas ações destes: a de proporcionar uma maior resistência química às fibras e a de prevenir a densificação e o enrijecimento dos feixes de fibra, não permitindo o crescimento de produtos de hidratação entre os filamentos que constituem a fibra.

Contudo, alguns trabalhos, como o de Bartos e Zhu (1996), mostram que a adição de 10% de polímero acrílico à matriz do GRC (com relação à massa de cimento) não resulta em uma menor degradação da resistência última e da capacidade de absorção de energia do compósito quando estes sofrem ataque imersos em água a 60°C por um determinado tempo. Mas Purnell e Beddows (2005) mostram que, no caso dos GRCs com polímeros dispersos na matriz, o processo de envelhecimento acelerado imergindo o material em água quente não é válido, por haver uma rápida dissolução do polímero a elevadas temperaturas.

De fato, os resultados encontrados por Majumdar e Laws (1990) mostram que, utilizando-se os mesmos polímeros que quando adicionados ao GRC proporcionam uma maior capacidade de retenção da resistência quando expostos ao ambiente natural, quando armazenados em água a 20°C, depois de 5 a 6 anos as resistências à flexão (MOR) dos compósitos com polímeros já eram muito similares aos do material de referência, sem polímero. Mesmo assim, a pesquisa realizada por Bijen (1983) mostra que, apesar das resistências à flexão e ao impacto dos GRCs produzidos com adição de 15% (em volume) de um polímero acrílico látex serem menores do que as dos materiais produzidos sem tal adição aos 28 dias, depois de 26 semanas imersos em água a 50°C, o material com polímero é o que apresenta maiores resistências devido a sua maior capacidade de retenção de tais propriedades. Já com relação à resistência à tração, o material com adição de polímero sempre apresentou as maiores resistências (aos 28 dias sem ataque e com 1, 2, 4, 10 e 26 semanas de ataque em água a 50°C).

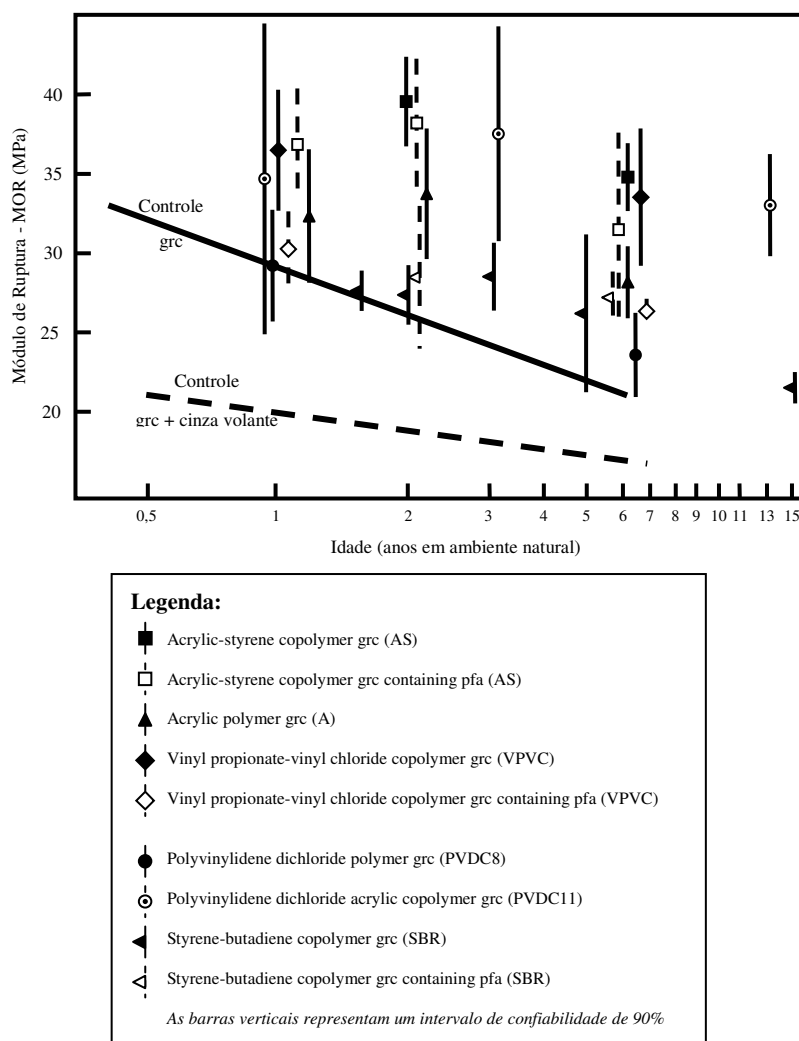


Figura 3.7: efeito da modificação das matrizes dos GRCs através do uso de diferentes polímeros (MAJUMDAR e LAWS, 1991)

Outros tipos de cimentos também já foram estudados buscando-se um aumento da durabilidade do compósito. Este é o caso dos cimentos aluminosos e supersulfatados.

Majumdar e Laws (1991) mostram que o cimento aluminoso, por ser menos alcalino do que o cimento Portland comum, proporciona uma elevada capacidade de retenção da resistência à flexão e ao impacto após 20 anos de cura ao ar ou imerso em água. No entanto, quando expostos a temperaturas mais elevadas (35°C), é observada uma queda acentuada da resistência ao impacto do material, chegando ao nível das resistências de um GRC com matriz de cimento Portland. Segundo os autores, isto se deve, em parte, às reações de conversão que ocorrem na matriz que levam a um enfraquecimento desta e também devido à corrosão das fibras, pois ambos mecanismos são acelerados com a elevação da temperatura.

O cimento supersulfatado é uma mistura de escórias de alto-forno, sulfato de cálcio e uma pequena quantidade de um agente ativador (cimento Portland ou cal). Ele é um material com

baixo pH e sem hidróxido de cálcio, o que faz dele um material com elevado potencial para ser utilizado como matriz para o GRC (BENTUR e MINDESS, 1990). Segundo Majumdar e Laws (1991) apesar de ensaios em idades avançadas com corpos-de-prova mantidos em ambiente úmido apontarem para uma maior durabilidade do GRC produzido com este tipo de cimento, quando a cura é realizada em um ambiente seco, em ambientes fechados ou em um ambiente natural, o compósito apresenta uma redução do limite de proporcionalidade (PEL) e do módulo de elasticidade na flexão (MEF). Segundo os autores este comportamento pode ser explicado pelo efeito deletério da carbonatação para este tipo de matriz. A carbonatação da matriz leva a uma decomposição da etringita em gesso e carbonato de cálcio.

Cimentos especiais que não produzem hidróxido de cálcio, como é o caso do cimento CGC (cimento à base de silicatos de cálcio, sulfoaluminato de cálcio, anidrita e escória de alto-forno), produzido no Japão pela *Chichibu Cement Company* em cooperação com a *Nippon Electric Glass Company*, se mostraram capazes de produzir um GRC onde as propriedades mecânicas, a longo prazo (avaliado através de ataque em água quente), são semelhantes às propriedades aos 28 dias de hidratação (HAYASHI et al., 1992; PÉRA e AMBROISE, 2004)

Resultados semelhantes também foram encontrados para um cimento baseado em sulfoaluminato de cálcio produzido pela *Blue Circle Cement Company*, da Inglaterra, ao ser utilizado em conjunto com um aditivo desenvolvido por *Molloy and Associates*, tendo este material a vantagem de não ser necessário passar por um processo de cura com um controle tão rigoroso de temperatura (ACI COMMITTEE 544, 1996).

Mais recentemente o trabalho de Cuypers et al. (2006) apresenta um cimento especial à base de fosfato inorgânico (denominado pela sigla IPC de '*inorganic phosphate cement*') para ser utilizado como matriz dos GRCs. Segundo os autores este cimento é constituído por silicato de cálcio em pó e óxidos metálicos em uma solução à base de ácido fosfórico. Depois de endurecido, as propriedades do IPC são semelhantes às propriedades das matrizes de cimento Portland, mas o pH do IPC endurecido é aproximadamente 7, ou seja, um meio com pH neutro. Comparando as resistências à tração dos GRCs constituídos por uma matriz de cimento Portland convencional (pH 13,5) e outro com o IPC, os autores observaram que, enquanto o GRC confeccionado com o IPC apresentou uma queda de resistência (UTS) de 10%, depois de 90 dias de ataque imerso em água a 50°C, o GRC de cimento Portland apresentou uma queda de 50% da resistência (UTS) depois do mesmo período de ataque.

3.4.4.1.3 Processamentos Pós-Moldagem

Como foi mostrado anteriormente o hidróxido de cálcio oriundo da hidratação do cimento Portland é responsável pelos principais mecanismos de degradação das propriedades do GRC ao longo do tempo. Uma forma proposta por Purnell et al. (2001b), Purnell et al. (2003) e Seneviratne et al. (2002) de minimizar o efeito deletério deste componente é a carbonatação completa do material, processo que ocorre depois da peça já ter sido moldada.

Segundo Purnell e seus colegas, a carbonatação do GRC converte o agente deletério, que é o hidróxido de cálcio, em carbonato de cálcio (CaCO_3), fazendo com que o efeito negativo do hidróxido de cálcio na matriz seja removido e o pH reduzido. Segundo os autores, os demais álcalis (NaOH, KOH) também são substancialmente removidos da solução dos poros através da carbonatação. No entanto, segundo os mesmos autores, em condições normais de temperatura e pressão a carbonatação completa das peças de GRC provavelmente duraria mais de 10 anos. Os mesmos propõem então a utilização de um tratamento das peças com dióxido de carbono super-crítico (scCO_2) como uma forma viável de ser utilizada por indústrias produtoras do material.

Os resultados apresentados por Purnell et al. (2001b) com GRCs moldados pelo processo de laminação manual e com fibras unidirecionalmente posicionadas mostram que as suas propriedades iniciais, tais como: BOP (tensão correspondente à primeira fissuração), tenacidade de projeto (definida como sendo a área sob a curva tensão-deformação do ensaio de tração direta até a deformação correspondente a 0,1%, que é a deformação tipicamente permitida nos projetos) e aderência entre as fibras e a matriz (determinada através das equações oriundas da teoria dos materiais cimentícios reforçados com fibras), são incrementadas através do uso deste tipo de tratamento. Ademais, os resultados também evidenciam um aumento significativo da resistência última do material (UTS), que é justificada pelos autores pelo aumento da aderência entre os componentes do compósito.

Estes trabalhos também observaram que a durabilidade dos GRCs (avaliadas através da realização dos mesmos ensaios de tração direta com os corpos-de-prova carbonatados e que depois sofriam ataque em água a 65°C por 56 dias) estava claramente ligada ao grau de carbonatação do material. Somente os materiais completamente carbonatados, onde o hidróxido de cálcio foi quase ou completamente esgotado, é que tiveram a capacidade de reter a tenacidade de projeto. No entanto, nestes materiais ainda foram verificadas quedas no UTS para os níveis das tensões de primeira fissuração (BOP) e da tenacidade de falha (definida como a área total sob a curva tensão-deformação).

3.5 PANORAMA ATUAL DA UTILIZAÇÃO DO GRC

Desde 1972, os materiais cimentícios reforçados com fibras de vidro do tipo AR tem se mostrado um material versátil e comercialmente viável para ser usado como material de construção. Nos primeiros anos do desenvolvimento da indústria do GRC, que se deu na Inglaterra, foram desenvolvidos e construídos pela BRE protótipos de diversos produtos, tais como: painéis de fachada, tubos, esquadrias, dentre outros, para demonstrar o potencial de utilização do material. Com o passar dos anos a indústria se tornou mais dinâmica e diversas outras aplicações foram dadas ao GRC (MAJUMDAR e LAWS, 1991).

Contudo, de longe, a maior utilização do GRC tem sido na manufatura dos painéis pré-fabricados de fachada. Segundo o ACI Committee 544 (1996), esta aplicação é responsável por pelo menos 80% de todos os componentes arquitetônicos e estruturais manufaturados nos Estados Unidos com este material. Alguns exemplos de edificações que utilizaram painéis pré-fabricados de fachada de GRC podem ser visualizados na Figura 3.8.



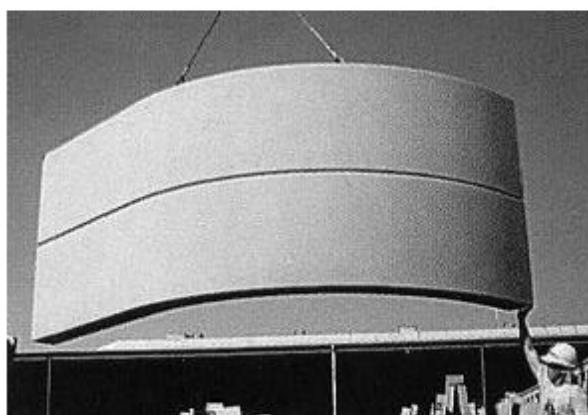
Figura 3.8: exemplos de edificações com fachadas constituídas de painéis pré-fabricados de GRC. (a) biblioteca central de Hong Kong (GRCA, 2005); (b) residência olímpica em Barcelona (GRCA, 2005); (c) Universidade Politécnica de Milão (GRC-GROUP, 2006); (d) detalhe da fachada da ULBRA Canoas/RS (ENFOQUE, 2005)

Tais painéis se apresentam tanto na configuração em sanduíche ou apenas na forma de paramento externo (MAJUMDAR e LAWS, 1991). Exemplos destes estão na Figura 3.9.

Um dos mais importantes desenvolvimentos da indústria do GRC foi a adaptação da técnica *stud frame* de construção para fachadas de GRC. Desenvolvida nos Estados Unidos, esta técnica de construção com painéis enrijecidos por uma estrutura metálica leve vem se consolidando por permitir a utilização de peças maiores e com grande liberdade de formas (MAJUMDAR e LAWS, 1991).



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3.9: painéis de GRC (PCI, 1995 *apud* SILVA, 1998): (a) exemplo da liberdade de formas; (b) içamento de painel curvo; (c) painel com esquadria recuada; (d) içamento de painel

Uma outra frente de aplicação do GRC é em objetos sujeitos ao vandalismo e pichação como em revestimentos de túneis (Figura 3.10a) e mobiliário urbano (Figura 3.10b). Segundo a GRCA (1995), o fato da superfície do GRC ser incombustível, possuir alta dureza, ser de

baixa permeabilidade, com alta resistência à abrasão e ao impacto, faz dele um material que exige poucas intervenções e, conseqüentemente, pouco investimento em manutenção. Devido a estas propriedades do material, ele tem sido utilizado por uma indústria de pré-fabricados localizada no município de Canoas, Rio Grande do Sul, na produção de mobiliário para células carcerárias modulares (ver detalhe das camas na Figura 3.10c) e de cobertas para pontos de ônibus (Figura 3.10d).



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3.10: utilização do GRC em objetos sujeitos ao vandalismo. (a) revestimentos decorativos de túneis; (b) mobiliário urbano (GRCA, 1995), (c) móveis de células carcerárias, (d) coberta de pontos de ônibus (fotos cedidas pela empresa VERDICON)

A flexibilidade de formas que podem ser dadas ao GRC e a leveza do componente final faz com que ele seja utilizado na confecção de diversos elementos arquitetônicos, tais como os mostrados na Figura 3.11.

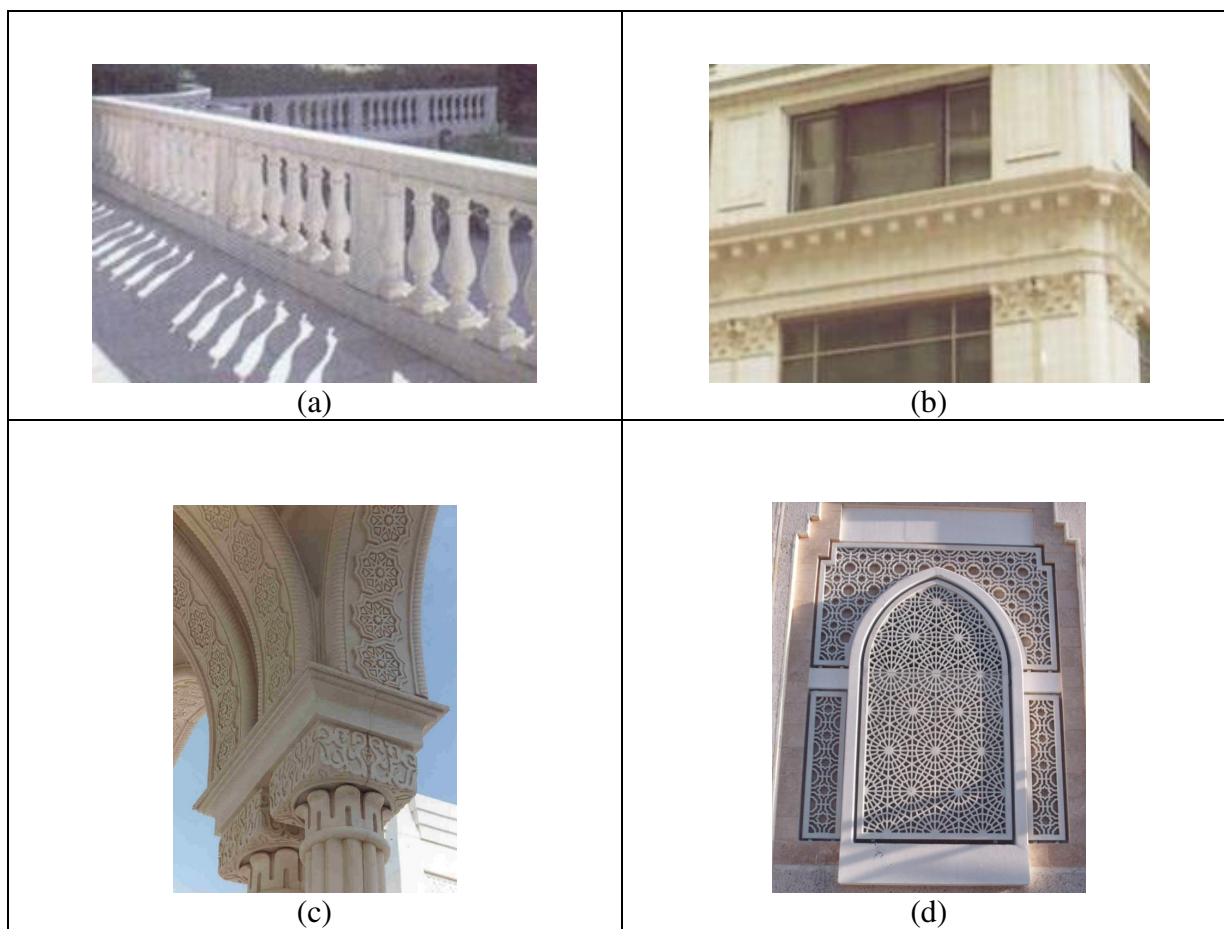


Figura 3.11: utilização do GRC em elementos arquitetônicos. (a) balaustres (GRCA, 1995); (b) adornos arquitetônicos (GRCA, 1995); (c) cabeças de colunas (GRCA, 2003); (d) brises (GRCA, 2005)

Uma outra aplicação que tem sido dada ao material é na reprodução de ornamentos arquitetônicos a serem utilizados na restauração de edifícios de valor histórico. A leveza do novo revestimento minimiza o acréscimo de carga a ser transferido para a estrutura existente e a grande flexibilidade de acabamentos superficiais permite reproduzir fielmente o desenho, cor e textura originais de ornamentos confeccionados com materiais de difícil reposição (GRCA, 1995).

A facilidade de se obter com o GRC componentes leves com as mais diferentes formas faz dele, ainda, um material muito utilizado na confecção de barreiras anti-ruídos (Figura 3.12).

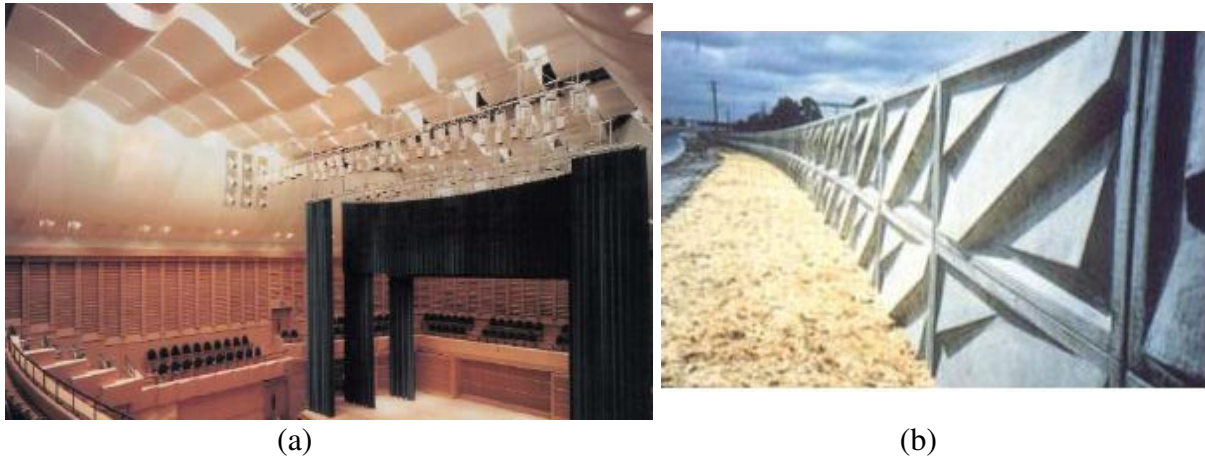


Figura 3.12: utilização do GRC em barreiras anti-ruídos. (a) em ambientes fechados (GRCA, 2003); (b) em áreas sujeitas à depredação (GRCA, 1995)

Outras utilizações dadas ao material incluem a confecção de chapas planas e corrugadas, canalizações, fôrmas permanentes (Figura 3.13), rochas artificiais, instalações rurais, pisos elevados, esquadrias imunes à corrosão, revestimentos internos e construções modulares (ACI COMMITTEE 544, 1996; SILVA, 1998).



Figura 3.13: fôrmas permanentes de GRC (GRCA, 1995)

Devido à redução das resistências mecânicas e tenacidade ao longo do tempo em ambientes úmidos e à incompreensão do comportamento do material a longo prazo, o GRC geralmente não vem sendo utilizado em aplicações onde exerça função estrutural (MAJUMDAR e LAWS, 1991). Todavia, a utilização do GRC em elementos estruturais já foi citada em trabalhos como os de Jin (1992) e Ferreira e Branco (2007), onde são mostrados casos de sucesso da utilização do material em, respectivamente, lajes e torres de telecomunicação.

4 PROGRAMA EXPERIMENTAL

4.1 PROJETO EXPERIMENTAL

A carência de dados experimentais na bibliografia sobre o GRC faz com que haja uma demanda de desenvolvimento de um conjunto de experimentos capaz de fornecer informações sobre o efeito das principais variáveis nas diversas características de desempenho do material.

Este trabalho foi concebido como uma pesquisa experimental estruturada de tal forma que seja possível verificar e comprovar matematicamente a influência de diferentes variáveis de estudo nas propriedades do GRC.

Para isto, o projeto experimental foi embasado estatisticamente, buscando obter uma maior confiabilidade dos resultados. Foi utilizado um experimento fatorial, ou seja, as variáveis são alteradas juntamente, permitindo que sejam investigados tanto os efeitos isolados de cada fator, como os efeitos das interações destes fatores.

Como indicadores de desempenho (variáveis de resposta) tem-se as propriedades mecânicas obtidas no ensaio de flexão, a absorção de água (ABS), a massa específica (MES) e a porosidade aparente (PAP) do material.

Através do ensaio de flexão são determinados: o limite de proporcionalidade ou elasticidade (PEL), o módulo de ruptura (MOR), os índices de tenacidade (I5, I10 e I30) e o módulo de elasticidade na flexão (MEF).

Tendo em vista a necessidade de limitar os fatores que influenciam nas propriedades dos GRCs, alguns fatores foram mantidos fixos, quais sejam: relação água/cimento (0,32); teor de fibras (5% em massa, com relação à massa do compósito); tipo de fibra (tipo AR) e método de produção (projeção manual - *spray-up*). Estes valores foram escolhidos por serem os valores máximo e mínimo recomendados pela Cem-FIL (2005b) e pela GRCA (2000), respectivamente para o teor de fibra e para a relação água/cimento, para o processo de produção utilizado.

Apesar do teor de fibra ser considerada a propriedade do reforço que mais exerce influência sobre as propriedades do GRC (para um mesmo tipo de fibra), a dificuldade encontrada para variá-lo controladamente fez com que se optasse por mantê-lo fixo neste estudo.

Os níveis e uma breve justificativa da escolha das variáveis independentes são apresentados a seguir:

a) tamanho das fibras (TF): foram utilizados dois tamanhos de fibras definidos em função do equipamento de aplicação disponível. Assim, os comprimentos utilizados foram:

- 17,5 mm;
- 35,0 mm.

b) tipo de aglomerante (AG): foi escolhido um tipo de cimento, o qual foi utilizado para confeccionar os corpos-de-prova de referência (REF). O cimento empregado foi cimento branco estrutural, pois este trabalho foi desenvolvido em uma empresa de pré-moldados que só utiliza este tipo de cimento na produção de GRC. Tomando este como base, foram estudados quatro aglomerantes gerados com auxílio de dois tipos de adição, empregados em diferentes proporções, quais sejam:

- cimento branco + 5% em massa de metacaulim branco (5MK);
- cimento branco + 10% em massa de metacaulim branco (10MK);
- cimento branco + 15% em massa de metacaulim branco (15MK);
- cimento branco + 5% em massa de sílica ativa (5SA).

O teor de sílica ativa foi limitado a um valor de 5% para que a cor do compósito final não fosse modificada significativamente, conforme é comprovado por Santos (2004), uma vez que este comprometimento com a obtenção de um material final branco é uma das limitações desta pesquisa. Já como o metacaulim empregado apresenta coloração clara, foi possível trabalhar com teores maiores de adição.

c) relação agregado/cimento (AC): foram estudados dois níveis, são eles:

- 1,0;
- 1,1.

A relação agregado/cimento igual a 1 foi escolhida por ser o valor considerado como ideal pela literatura técnica e comumente adotada pelos fabricantes de GRC (GRCA, 2000; CEM-FIL, 2005b). Já a relação de 1,1 foi adotada para poder ser avaliada a viabilidade de se incorporar uma maior quantidade de agregado ao material, em uma proporção que não prejudicasse o processo de produção e visando redução do custo do GRC final.

As duas variáveis independentes abaixo listadas só foram estudadas no caso dos indicadores de desempenho determinados através do ensaio de flexão (PEL, MOR, I5, I10, I30 e MEF). São elas:

- d) processo de envelhecimento acelerado (AT): com o intuito de analisar a capacidade de manutenção ao longo do tempo das propriedades mecânicas determinadas no ensaio de flexão foi utilizado um ataque que consiste em manter para vários intervalos de tempo os corpos-de-prova em imersão em água a 50°C. Sendo assim, foram estudados dois tipos de situação, são elas:
- sem ataque (imersão em água com temperatura de 20°C durante todo o período avaliado);
 - com ataque (imersão em água a 50°C após 28 dias de cura).

Para o ensaio de determinação da absorção, massa específica e porosidade aparente, só foram utilizados corpos-de-prova que não sofreram ataque.

- e) idade (ID): como forma de avaliar o efeito da idade e do tempo de ataque nos índices de desempenho determinados no ensaio de flexão foram utilizados quatro idades de realização dos ensaios de flexão, sendo elas:
- aos 28 dias (sem ataque)
 - aos 42 dias (cura de 28 dias e 14 dias de ataque);
 - aos 49 dias (cura de 28 dias e 21 dias de ataque);
 - aos 56 dias (cura de 28 dias e 28 dias de ataque).

No caso do ensaio de determinação da absorção de água, massa específica e porosidade aparente a idade de realização do ensaio foi sempre aos 56 dias.

Algumas variáveis que, a princípio, seriam mantidas constantes, mas que apresentaram uma elevada variabilidade ao longo da execução do programa experimental, foram controladas com o intuito de se viabilizar a avaliação dos efeitos destas sobre as variáveis de resposta, possibilitando uma melhor compreensão do comportamento do material e um futuro isolamento destes prováveis ruídos. São elas:

- a) trabalhabilidade da matriz cimentícia (TRB): embora tenha sido realizada uma investigação em laboratório para determinar o teor de superplastificante necessário, visando manter fixa a trabalhabilidade de todas as matrizes utilizadas, como esta

propriedade depende do tipo de equipamento de mistura utilizado, bem como da temperatura ambiente, umidade relativa do ar, velocidade de entrada dos materiais constituintes, tempo necessário para homogeneização da massa, dentre outros fatores de difícil controle no ambiente de produção de uma empresa, foi necessária a realização de ajustes dos teores de superplastificante durante o processo de moldagem para que fosse atingida a trabalhabilidade desejada.

- b) teor de fibra (TEF): a regulagem prévia do equipamento de projeção não garante que o teor de fibras obtido nas placas é o desejado. Isto ocorre tanto pelo fato de haver desregulagens da pistola de projeção ao longo do processo de moldagem, além deste teor de fibra depender muito de possíveis interrupções da projeção (o que ocorre com frequência são interrupções da projeção da fibra por rompimento desta ou por esta se prender na pistola) e do operador do equipamento.

As duas variáveis listadas abaixo são exclusivas do caso dos corpos-de-prova do ensaio de flexão. São elas:

- c) dimensões dos corpos-de-prova (DIM): foi percebida variabilidade da espessura das placas, as quais são inerentes ao processo produtivo; e na largura dos corpos-de-prova provocadas pelo processo de extração (corte) das placas moldadas.

A variável abaixo foi propositalmente variada por recomendação da norma utilizada, que descreve os procedimentos para realização dos ensaios de flexão com o GRC (ASTM C947-97, 1997).

- d) disposição do corpo-de-prova no momento da realização do ensaio (DIS): como forma de dispersar o efeito da disposição do corpo-de-prova sobre as variáveis de resposta obtidas no ensaio de flexão, optou-se por alternar a disposição destes, utilizando-se metade dos corpos-de-prova com a face lisa (correspondente ao fundo de fôrma) para cima e a outra metade com esta face virada para baixo.

O arranjo experimental é resumido na Figura 4.1.

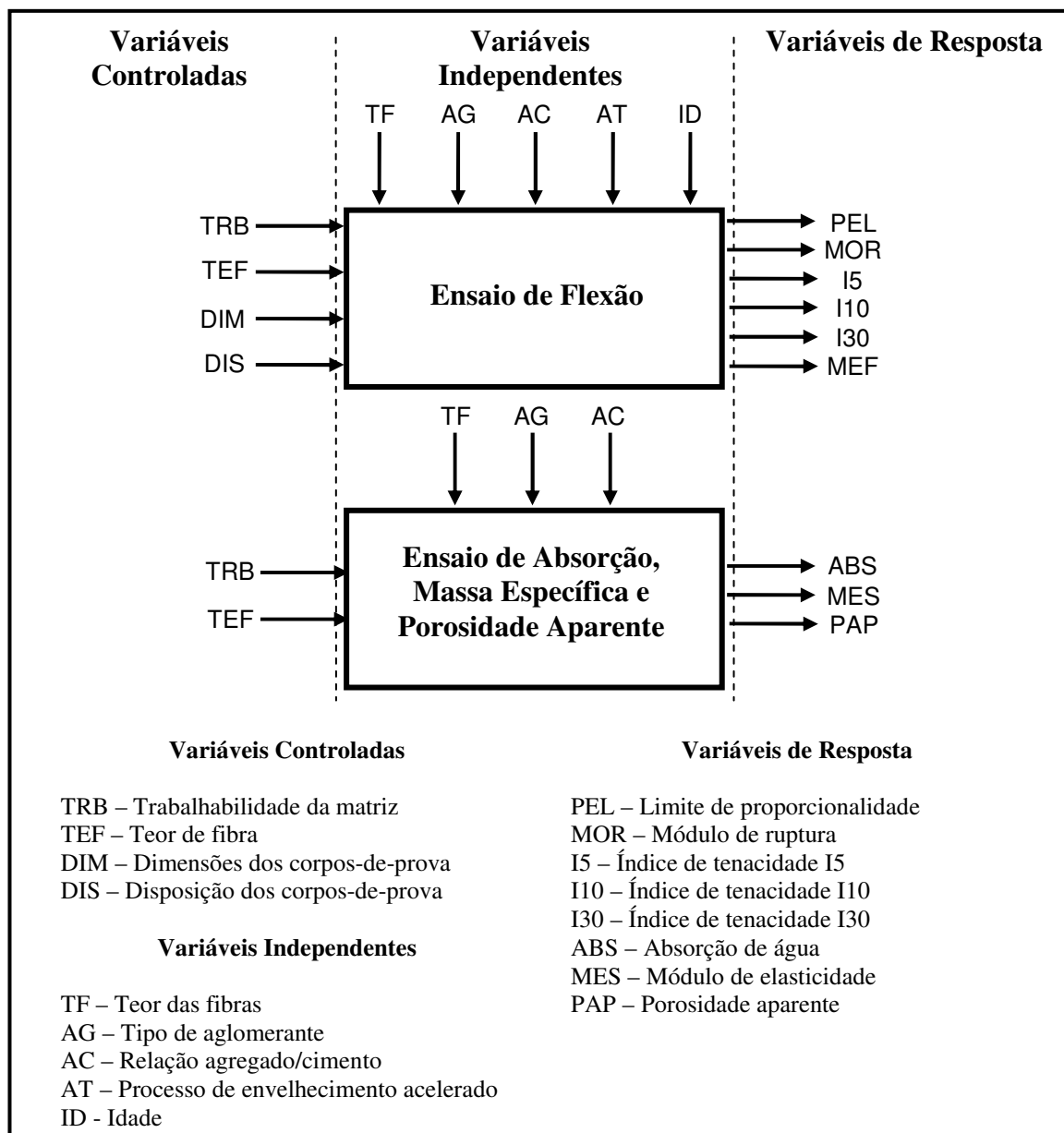


Figura 4.1: esquema experimental adotado

Como forma de evitar possíveis erros metodológicos que poderiam surgir do fato de não haver uma experiência prévia com a moldagem ou com a realização de ensaios com este material, o programa experimental deste trabalho foi dividido em duas etapas. No estudo preliminar ocorreu um processo de aprendizagem que proporcionou uma maior segurança no processo de moldagem e de realização dos ensaios com o GRC, além de ter possibilitado que os níveis das variáveis fossem adequados às condições de produção. A Tabela 4.1 ilustra as diferenças entre estas duas etapas.

Tabela 4.1: comparação entre o estudo preliminar e o estudo definitivo

	Estudo Preliminar	Estudo Definitivo
Variáveis	Aglomerante: substituição de 5%, 10% e 25% de cimento (em massa) por metacaulim e 5% de adição de sílica ativa	Aglomerante: adição de 5%, 10% e 15% (em massa) de metacaulim e de 5% de adição de sílica ativa ao cimento
	Relação água/cimento: constante e igual a 0,305	Relação água/cimento: constante e igual a 0,32
	Agregado/cimento: 1,0 e 1,25	Agregado/cimento: 1,0 e 1,1
	Teor de Fibra: 3,5% e 5,0% (em relação à massa do compósito)	Teor de fibra: constante em 5,0% (em relação à massa do compósito)
	Tamanho das Fibras: constante e igual a 35mm	Tamanho das fibras: 17,5mm e 35mm
	Idades dos ensaios de flexão: 28 (28+0a), 56 (28+28a), 84 (28+56a) e 112 (28+84a)	Idades dos ensaios de flexão: 28 (28+0a), 42 (28+14a), 49 (28+21a) e 56 (28+28a)
	Variáveis de resposta: correspondentes ao ensaio de flexão (PEL, MOR, I5, I10, I30 e MEF), resistência ao impacto e absorção de água, massa específica e porosidade aparente	Variáveis de resposta: correspondentes ao ensaio de flexão (PEL, MOR, I5, I10, I30 e MEF) e absorção de água, massa específica e porosidade aparente
Materiais	Metacaulim rosa (origem: São Paulo)	Metacaulim branco (origem: Rio Grande do Sul)
Métodos de Ensaio	Ensaio de flexão: velocidade de aplicação de carga do carregamento em uma taxa constante de carga (12kN/min)	Ensaio de flexão: velocidade de aplicação de carga do carregamento em uma taxa constante de deslocamento do prato da prensa (4mm/min)

4.2 MATERIAIS EMPREGADOS

Como esta pesquisa foi desenvolvida com o apoio de uma indústria de pré-fabricados de concreto localizada na cidade de Canoas/RS que produz o GRC, os materiais utilizados nesta pesquisa e as técnicas de produção são limitadas àqueles já empregados por esta empresa.

Sendo assim, como forma de controlar as características dos diferentes materiais utilizados, houve a preocupação de rastrear os lotes dos produtos utilizados ou fazer diferentes amostragens para cada lote, pacote ou *big-bag*² de onde foi retirado o material utilizado.

4.2.1 Agregado Miúdo

O agregado miúdo utilizado na confecção dos GRCs é de origem quartzosa e tem a sua distribuição granulométrica ajustada para que se adapte aos equipamentos de projeção

² Termo empregado para denominar embalagens de elevada capacidade, geralmente reutilizáveis, utilizadas no acondicionamento de granéis.

utilizados na confecção dos materiais e para que seja possível obter-se um melhor acabamento das peças.

O controle das propriedades da areia foi feito coletando-se amostras dos diferentes *big-bags* de onde foram retirados os materiais para a realização da pesquisa. Os parâmetros empregados para a caracterização dos agregados utilizados foram a composição granulométrica e a massa específica. Os ensaios foram todos realizados no Laboratório de Materiais do NORIE/UFRGS.

As composições granulométricas das areias foram determinadas seguindo-se os procedimentos descritos na NBR NM248 (ABNT, 2003). A Tabela 4.2 apresenta os resultados correspondentes a este ensaio.

Tabela 4.2: composições granulométricas das areias utilizadas

Abertura da peneira (mm)	Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3		Amostra 4		Amostra 5		Amostra 6		Amostra 7	
	Média retida (%)	Média acumulada (%)	Média retida (%)	Média acumulada (%)	Média retida (%)	Média acumulada (%)	Média retida (%)	Média acumulada (%)	Média retida (%)	Média acumulada (%)	Média retida (%)	Média acumulada (%)	Média retida (%)	Média acumulada (%)
4,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,6	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
0,3	28	29	30	31	29	30	29	31	27	29	25	27	29	31
0,15	69	98	67	99	69	99	68	99	70	98	72	99	68	99
0,075	1	99	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
Fundo	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100
Diâmetro máximo (mm)	0,6		0,6		0,6		0,6		0,6		0,6		0,6	
Módulo de Finura	1,28		1,32		1,31		1,32		1,29		1,28		1,32	

As massas específicas das areias foram determinadas segundo os procedimentos descritos na NBR9776 (ABNT, 1987) e estão mostradas na Tabela 4.3.

Tabela 4.3: massas específicas das areias utilizadas

Areia	Massa Específica (g/cm ³)
Amostra 1	2,63
Amostra 2	2,63
Amostra 3	2,65
Amostra 4	2,64
Amostra 5	2,65
Amostra 6	2,64
Amostra 7	2,65

4.2.2 Cimento Portland

O cimento Portland utilizado foi o cimento branco CPB40. A escolha deste material deve-se ao fato deste ser empregado pela indústria de pré-fabricados de concreto, onde foi desenvolvida parte da pesquisa. Os lotes de cimento utilizados foram rastreados e a caracterização física e mecânica fornecida pelo fabricante para estes lotes é apresentado na Tabela 4.4.

Tabela 4.4: caracterização dos lotes de cimento utilizados (dados fornecidos pelo fabricante)

Característica	Lote 1	Lote 2	Exigências da NBR 12989
Finura (#325)	1,2	1,5	-
Área específica - Blaine (m ² /kg)	5,084	5,280	-
Tempo de pega (min)	início	170	>60
	final	220	<600
Resistência à compressão (MPa)	3 dias	31,4	>15
	7 dias	36,6	>25
	28 dias	45,2	> 40
Perda ao fogo (%)	9,1	9,0	< 12
SO ₃ (%)	3,24	3,40	< 4,0
MgO (%)	2,71	2,53	<6,5

Os resultados da Tabela 4.4 atendem aos requisitos da norma NBR 12989 (ABNT, 1993), que especifica o cimento Portland branco estrutural.

4.2.3 Adições Pozolânicas

As adições pozolânicas utilizadas nesta pesquisa foram a sílica ativa e o metacaulim. A sílica ativa foi escolhida por ser considerada uma adição de alta reatividade e por já ser utilizada pela indústria de pré-fabricados de concreto que deu suporte a este trabalho. O metacaulim branco foi escolhido por também ser uma adição pozolânica de alta reatividade e por possibilitar o uso de um teor mais alto de adições sem alteração significativa da cor do GRC.

Para realização da caracterização física destes materiais foram determinadas as suas massas específicas segundo os procedimentos descritos na NBRNM23 (ABNT, 2001) e as granulometrias foram fornecidas pelos fabricantes. O ensaio de determinação das massas específicas foi realizado no Laboratório de Materiais do NORIE/UFRGS com amostras dos sacos utilizados em diferentes dias de moldagem. A caracterização física das duas adições pozolânicas estudadas encontram-se na Tabela 4.5.

Tabela 4.5: resultados da caracterização física das adições

Material	Massa Específica (g/cm ³)	Diâmetro Médio (µm)
Metacaulim - Amostra 1	2,58	12,4
Metacaulim - Amostra 2	2,52	
Metacaulim - Amostra 3	2,57	
Metacaulim - Amostra 4	2,56	
Metacaulim - Amostra 5	2,58	
Metacaulim - Amostra 6	2,55	
Sílica Ativa	2,10	0,2

* - dados dos fabricantes

4.2.4 Aditivo Superplastificante

O aditivo superplastificante utilizado na moldagem dos *GRCs* é um aditivo de última geração com base em uma cadeia de éter carboxílico modificado com largas cadeias laterais. A escolha se deu com base no material já empregado na indústria de pré-moldados onde foi realizada parte do trabalho. Segundo o fabricante, a dosagem recomendada é de 0,5 a 1,0 litro para cada 100 kg de material cimentício, sendo imprescindível a realização de testes laboratoriais e/ou de campo, a fim de estabelecer a dosagem ótima para cada caso. Na Tabela 4.6 estão reunidas as principais propriedades do superplastificante utilizado, segundo o fabricante.

Tabela 4.6: propriedades do superplastificante utilizado

Base Química	Policarboxilatos
Densidade (g/cm ³)	1,067 a 1,107
pH	5 a 7
Sólidos (%)	38 a 42
Viscosidade (cps)	95 a 160

* - dados do fabricante

4.2.5 Água

A água utilizada para confecção das matrizes cimentícias foi proveniente da rede pública de abastecimento.

4.2.6 Fibra de Vidro

A fibra de vidro empregada nesta pesquisa foi a mesma utilizada pela indústria de pré-fabricados de concreto. Esta consiste em uma fibra de vidro do tipo AR (resistente a álcalis), especialmente desenvolvida para ser utilizada como reforço de materiais cimentícios.

O fio da fibra é constituído por um feixe de fibras. Na Tabela 4.7 estão reunidas as principais propriedades da fibra de vidro utilizada, segundo o fabricante.

Tabela 4.7: propriedades da fibra utilizada (CEM-FIL, 2005c)

Resistência à Tração do Filamento Virgem (MPa)	3500,0
Resistência à Tração do Fio (MPa)	1700,0
Deformação de Ruptura do Fio (%)	2,40
Módulo de Elasticidade (GPa)	72
Massa Específica (g/cm³)	2,68

*- dados do fabricante

A composição química da fibra utilizada é apresentada na Tabela 4.8.

Tabela 4.8: composição química da fibra de vidro utilizada, expressa em óxidos

Componentes	Proporção (%)
SiO₂	55 - 75
ZrO₂	15 - 20
Óxidos Alcalinos (Na₂O, K₂O)	11 - 21
Óxidos Alcalinos Terrosos (CaO, MgO...)	0 - 6
B₂O₃	0 - 2
Al₂O₃	0 - 5
TiO₂	0 - 3
F₂	0 - 2

* - dados do fabricante

4.3 MOLDAGEM DOS COMPÓSITOS E CONSUMO DE MATERIAIS

O processo de moldagem utilizado para a confecção dos GRCs foi o método conhecido como projeção manual, o qual foi detalhado no item 3.3.2.1. Este método foi escolhido por, dentre os possíveis de serem utilizados, permitir trabalhar com maiores teores de fibra, fibras

maiores, por produzir um material com maior eficiência do reforço e ser possível adotá-lo na fábrica de pré-moldados onde foi realizada parte da pesquisa.

Inicialmente a matriz cimentícia tinha que ser produzida em um misturador de alta velocidade (Figura 4.2 a e b).



(a) (b)
Figura 4.2: misturador de alta velocidade utilizado na produção das matrizes cimentícias, (a) vista frontal e (b) vista superior

Antes da realização da moldagem dos corpos-de-prova foi realizado no Laboratório de Materiais do NORIE/UFRGS um estudo prévio da consistência da matriz cimentícia em função das diferentes composições para determinar os teores de superplastificantes que deveriam ser utilizados para manter as consistências das diferentes argamassas constantes.

O ensaio utilizado para verificar a consistência das matrizes foi o ensaio conhecido como *mini-slump*. Este ensaio determina a consistência da argamassa através da contagem do número de círculos atingidos pelo espalhamento da argamassa moldada em um cilindro com diâmetro e altura de 55 mm. Além do número de círculos atingidos, como forma de se obter uma maior precisão, no laboratório também se determinou o diâmetro do espalhamento, realizando a média de duas leituras distintas. A Figura 4.3 mostra esquematicamente os círculos desenhados na base utilizada na realização do ensaio.

Neste estudo preliminar admitiu-se como sendo a consistência mínima desejada para que fosse possível realizar o bombeamento da matriz a correspondente ao espalhamento que atingisse o sétimo círculo (equivalente a um espalhamento de 195 mm).

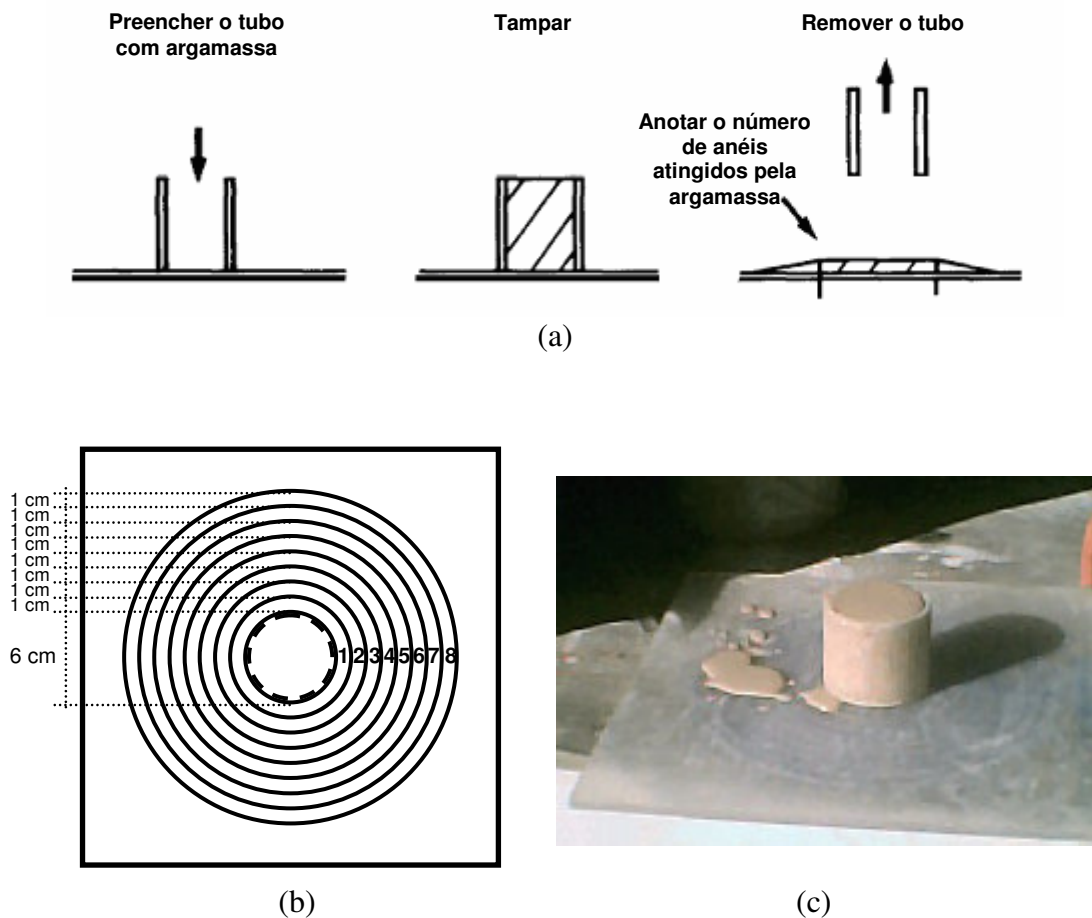


Figura 4.3: determinação da trabalhabilidade das matrizes: (a) representação esquemática da realização do ensaio; (b) representação esquemática da base utilizada no ensaio e (c) molde empregado na determinação da consistência da argamassa

Deste estudo obteve-se o teor de superplastificante necessário para cada combinação de materiais atingir a consistência requerida. No entanto, limitações como a diferença entre as condições ambientais (temperatura e umidade), entre a quantidade de material misturado por vez e entre o tipo de equipamento de mistura (tipo de pá, velocidade de mistura, tipo de recipiente utilizado, dentre outras) utilizados no laboratório e na moldagem dos materiais na fábrica de pré-moldados, fez com que fosse necessário realizar ajustes na quantidade de superplastificante necessária para atingir a consistência visualmente desejada no momento da moldagem.

No laboratório foram realizadas 3 a 4 determinações da consistência das diferentes matrizes cimentícias, uma para cada teor de superplastificante. Estes resultados geraram, para cada combinação de materiais, curvas da consistência em função do teor de superplastificante.

Os consumos dos diferentes materiais empregados na moldagem, incluindo as quantidades de superplastificante previstas e as realmente utilizadas, estão representados na Tabela 4.9.

Tabela 4.9: consumo de materiais empregados na confecção das matrizes

Matriz*	Consumo de Materiais (kg)						
	Cimento	Água	Areia	Sílica Ativa	Metacaulim	Aditivo (Previsto)	Aditivo (Utilizado**)
REF100	25,0	8,0	25,0	0,00	0,00	0,090	0,138
REF110	25,0	8,0	27,5	0,00	0,00	0,085	0,158
5SA100	25,0	8,0	25,0	1,25	0,00	0,145	0,165
5SA110	25,0	8,0	27,5	1,25	0,00	0,138	0,170
5MK100	25,0	8,0	25,0	0,00	1,25	0,100	0,140
5MK110	25,0	8,0	27,5	0,00	1,25	0,103	0,180
10MK100	25,0	8,0	25,0	0,00	2,50	0,133	0,263
10MK110	25,0	8,0	27,5	0,00	2,50	0,143	0,278
15MK100	25,0	8,0	25,0	0,00	3,75	0,175	0,307
15MK110	25,0	8,0	27,5	0,00	3,75	0,185	0,290

*- 5 = 5% de adição; 10 = 10% de adição; 15 = 15% de adição; REF = aglomerante de referência; SA = aglomerante com sílica ativa; MK = aglomerante com metacaulim; 100 = agregado/cimento = 1,00; 110 = agregado/cimento = 1,10

** - valores médios para os dois comprimentos de fibras

O procedimento de mistura dos materiais constituintes da matriz consistiu em colocar parte da água no recipiente de mistura, juntamente com parte do superplastificante a ser utilizado. Depois se acionava o equipamento e adicionava-se o cimento, seguido do agregado e da adição. Em seguida era feito um intervalo de cerca de 30 segundos onde raspava-se o material aderido nas laterais e fundo do recipiente. Ligava-se mais uma vez o equipamento e adicionava-se o restante da água e, caso fosse necessário, adicionava-se mais superplastificante para que fosse alcançada a consistência considerada adequada pelo operador. O tempo total de mistura das matrizes cimentícias variou de 2 a 4 minutos (incluindo o tempo do intervalo).

As consistências das matrizes cimentícias confeccionadas para a realização da moldagem estão reunidas na Tabela 4.10.

Tabela 4.10: consistências das matrizes cimentícias utilizadas na moldagem

Identificação	Consistência* (mm)
REF100	197
REF110	213
5SA100	176
5SA110	166
5MK100	178
5MK110	171
10MK100	238
10MK110	248
15MK100	259
15MK110	266

*- valores médios para os dois comprimentos de fibras

Antes de cada processo de moldagem por projeção, foi realizada a calibração do equipamento a ser utilizado. Os resultados destas são mostrados na Tabela 4.11.

Tabela 4.11: teores de fibra na calibração prévia do equipamento de projeção

Identificação*	Teor de Fibra (% da massa de compósito)
REF100C	5,76
REF110C	5,76
5SA100C	5,40
5SA110C	5,40
5MK100C	5,76
5MK110C	5,65
10MK100C	5,65
10MK110C	5,65
15MK100C	5,80
15MK110C	5,80
REF100L	4,84
REF110L	4,84
5SA100L	5,07
5SA110L	4,84
5MK100L	5,80
5MK110L	5,05**
10MK100L	5,05**
10MK110L	5,05**
15MK100L	5,07
15MK110L	5,07

*- C = fibras curtas; L = fibras longas

** - média de dois dias de moldagem

Este processo de calibração foi necessário para que fosse ajustado o teor de fibras que estava sendo projetado. Para realizar este ajuste pesava-se a quantidade dos materiais que seriam projetados no período de 30 segundos (compósito: matriz + fibra). Com um controle da massa do rolo de fibra de vidro utilizado havia como determinar a quantidade de fibra que tinha sido utilizada durante a projeção, tornando possível a determinação do teor aproximado de fibra

que havia no compósito. Caso o teor de fibra (com relação à massa de compósito) não fosse o desejado, realizava-se um novo ajuste no equipamento e repetia-se este procedimento até que o equipamento estivesse ajustado para iniciar a moldagem dos corpos-de-prova.

Para a realização do programa experimental planejado foi necessária, para cada dosagem, a moldagem de duas placas retangulares de dimensões 80cm x 50cm e 10mm de espessura. As fôrmas utilizadas para a moldagem das placas eram revestidas com fórmica, com o intuito de se obter um acabamento liso.

As placas foram moldadas em duas camadas. Após a projeção de cada camada, era realizada a compactação do material com um rolo metálico espiralado (Figura 4.4 a e b). Esta compactação é fundamental para provocar uma maior imersão das fibras na matriz cimentícia e expulsão de parte do ar incorporado na mistura relativamente seca do compósito. Este processo de compactação era repetido até que fosse considerada satisfatória a imersão das fibras à matriz.



(a)

(b)

Figura 4.4: moldagem das placas de GRC. (a) projeção do GRC e (b) adensamento da camada de GRC com utilização de rolo metálico espiralado

Das placas foram extraídos (cortados com um estilete), ainda no estado fresco, dois corpos-de-prova de cada placa, para verificação do teor de fibras nas placas moldadas (Figura 4.5).



Figura 4.5: retirada dos corpos-de-prova da placa no estado fresco para a verificação do teor de fibras

O ensaio utilizado para a realização desta verificação é conhecido como *wash-out test* e os seus procedimentos estão descritos na ASTM C1229-94 (ASTM, 1994b). Este ensaio consiste na pesagem de corpos-de-prova retangulares de 15 cm x 5 cm do compósito (retirados afastados, no mínimo, a 5 cm das bordas), lavagem destes em uma peneira de malha fina para retirada da matriz cimentícia, e posterior pesagem das fibras secas (Figura 4.6).

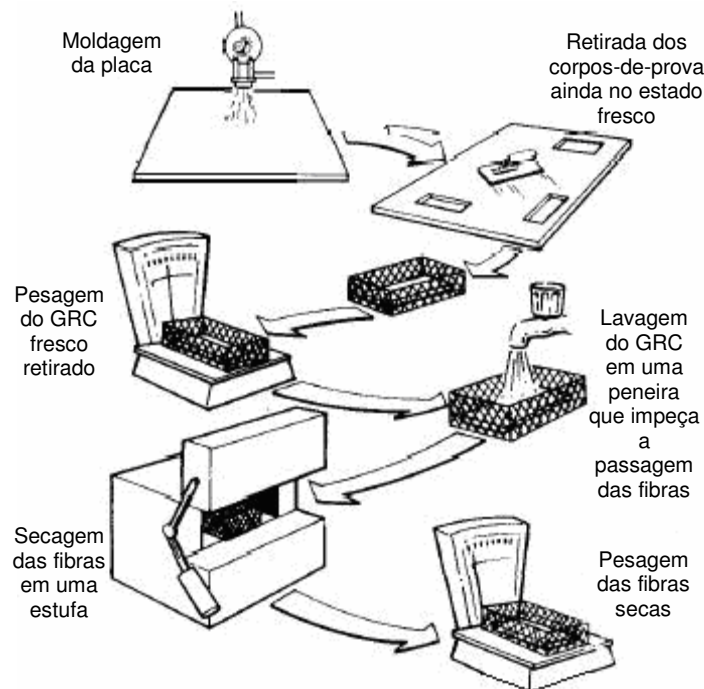


Figura 4.6: representação esquemática do ensaio *wash-out test* (ASTM, 1994b)

Os resultados das verificações dos teores de fibras através do *wash-out test* podem ser vistos na Tabela 4.12.

Tabela 4.12: teores de fibra determinados através do ensaio *wash-out test*

Identificação	Teor de Fibra* (% da massa de compósito)	Teor de Fibra Médio (% da massa de compósito)	Desvio Relativo (%)
REF100C	3,96	4,38	9,64
REF110C	3,78		13,75
5SA100C	4,87		11,12
5SA110C	5,12		16,83
5MK100C	4,07		7,13
5MK110C	4,15		5,31
10MK100C	4,15		5,31
10MK110C	4,15		5,31
15MK100C	5,55		26,64
15MK110C	4,52		3,14
REF100L	4,77		8,84
REF110L	4,39		0,17
5SA100L	5,26		20,02
5SA110L	3,82		12,84
5MK100L	4,12		5,99
5MK110L	3,50		20,14
10MK100L	3,43		21,73
10MK110L	3,95		9,87
15MK100L	5,08		15,92
15MK110L	5,01		14,32

*- valores médios de 4 determinações (2 placas, 2 corpos-de-prova por placa)

Devido à dificuldade de regular o equipamento de projeção para se obter um determinado teor de fibra, obteve-se um desvio muito grande do teor de fibra real com relação ao que foi inicialmente especificado, segundo os resultados das verificações realizadas com o *wash-out test*.

A desmoldagem das placas e dos corpos-de-prova cilíndricos era realizada um dia após a moldagem. Após a desmoldagem o compósito era levado para a imersão até a data de ensaio, sendo retirado somente para a extração dos corpos-de-prova das placas, realizado antes dos vinte e oito dias de idade.

Após o endurecimento dos GRCs das placas, foram extraídos (cortados com disco circular com lâmina diamantada) os corpos-de-prova retangulares para o ensaio de flexão e de absorção de água, baseando-se nos procedimentos da ASTM C 1228 (ASTM, 1996). Para eliminar o efeito da mudança da disposição das fibras nas proximidades das bordas das placas,

os corpos-de-prova foram retirados a 5 cm destas. Para minimizar o efeito de uma possível disposição preferencial em uma determinada direção, foram retirados corpos-de-prova em duas direções, como pode ser visto na Figura 4.7.

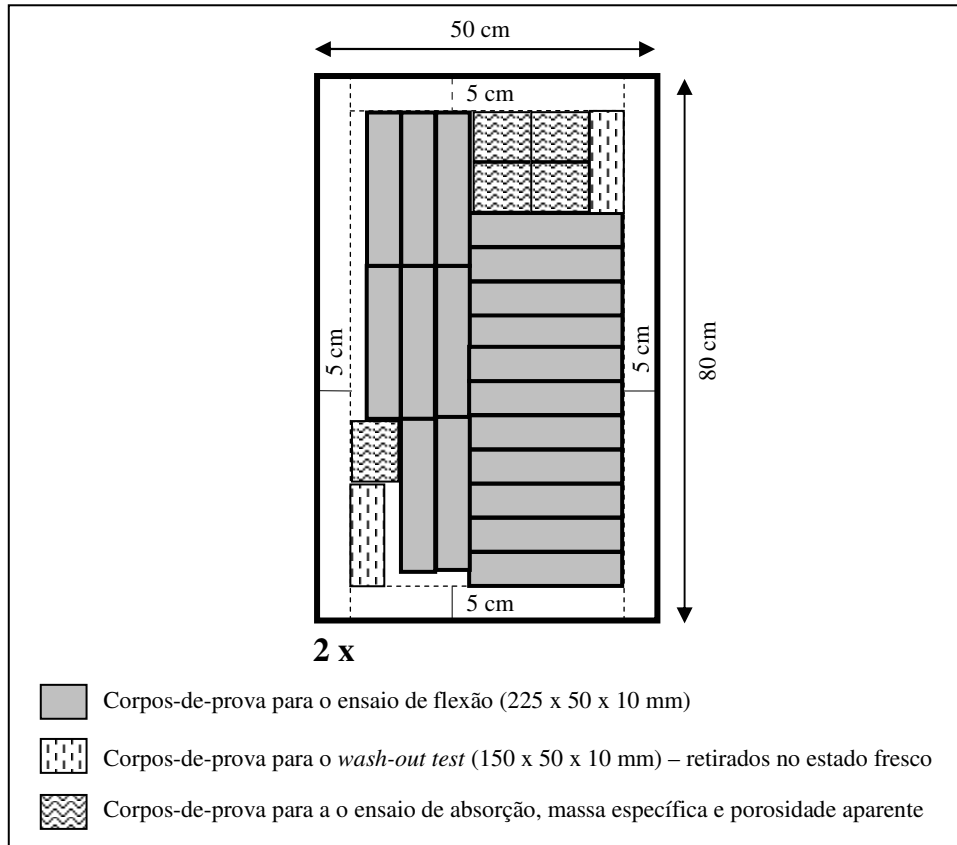


Figura 4.7: representação esquemática da extração dos corpos-de-prova a partir do corte da placa de GRC

4.4 MÉTODOS DE ENSAIO

Os métodos de cada ensaio realizado são especificados nos itens 4.4.1 a 4.4.3, apresentados na seqüência.

4.4.1 Flexão

O método utilizado para a execução dos ensaios de flexão é baseado nos procedimentos preconizados na norma ASTM C947 (ASTM, 1997a). Esta norma trata do ensaio de flexão para GRCs com aplicação das cargas nos terços médios do corpo-de-prova, tal como indicado na Figura 4.8.

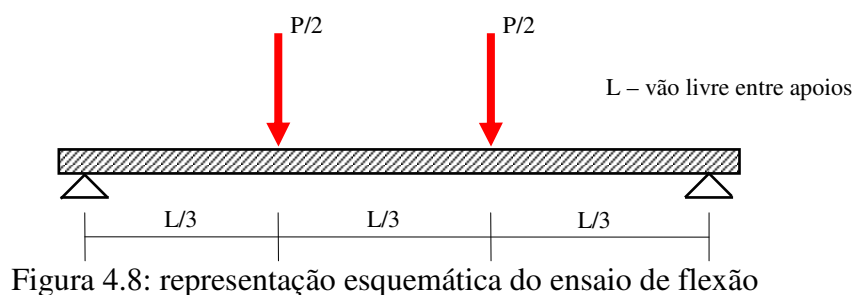


Figura 4.8: representação esquemática do ensaio de flexão

A norma de referência estabelece que os corpos-de-prova utilizados no ensaio de flexão devem possuir um vão de um tamanho tal que seja cerca de 16 a 30 vezes maior que a espessura do corpo-de-prova, sendo que o comprimento total do corpo-de-prova deve ser, no mínimo, 25 mm maior do que o tamanho do vão. Esta norma ainda fixa a largura dos corpos-de-prova em 50 mm.

O tamanho dos corpos-de-prova utilizados neste trabalho foi escolhido baseando-se nos tamanhos utilizados em outros trabalhos encontrados na literatura (MAGALHÃES et al., 1996; MARIKUNTE et al., 1997) e de forma a se enquadrar nos intervalos estabelecidos pela ASTM C947 (ASTM, 1997a). As dimensões dos corpos-de-prova resultaram em 225 mm de comprimento (195 mm de vão), 50 mm de largura e cerca de 10 mm de espessura.

A ASTM C947 (ASTM, 1997a) também preconiza a necessidade de que o aparato de aplicação de carga e os apoios sejam rotulados de tal forma que não sejam aplicados aos corpos-de-prova esforços de torção. Os aparatos utilizados para aplicação de carga e apoio possuem cada um uma rotulação que, no momento do ensaio, devem estar dispostos em lados opostos, conforme está sendo mostrado na Figura 4.9.

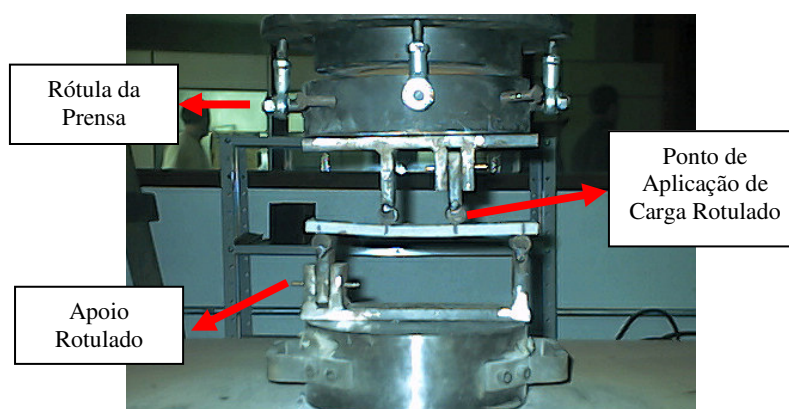


Figura 4.9: aparatos de aplicação de carga e apoio utilizados no ensaio de flexão

Neste aparato os diâmetros dos cilindros que entram em contato com os corpos-de-prova são de 19mm, sendo superior aos 12,7 mm exigidos pela ASTM C 947 (ASTM, 1997a) como valor mínimo.

A configuração mostrada na Figura 4.8 foi apresentada para ilustrar o sistema de aplicação de carga e só foi utilizada nos estudos preliminares. A configuração efetivamente utilizada nos ensaios de flexão possui um tubo metálico como enchimento, para transferir o carregamento da prensa para o aparato de aplicação de carga e, ao mesmo tempo, proteger os LVDTs (*linear variable differential transducers*) (Figura 4.10).

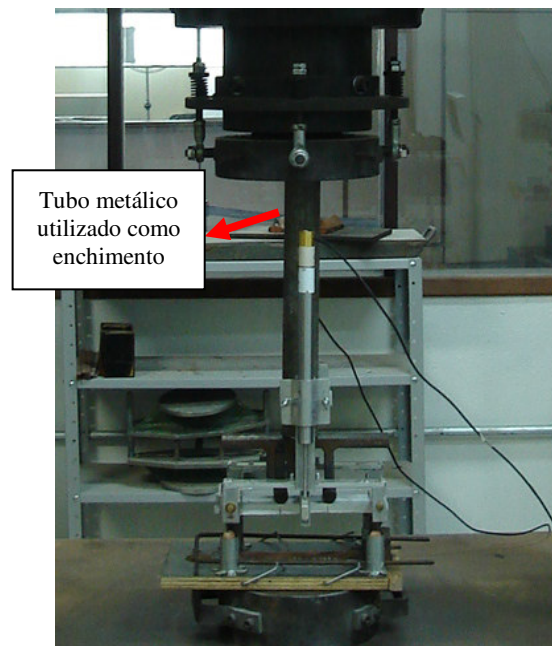


Figura 4.10: configuração utilizada no ensaio de flexão

O aparato de aplicação de carga e o enchimento possuem juntos uma massa de 3,528 kg, aplicando um carregamento inicial de 0,035 kN aos corpos-de-prova.

A ASTM C947 (ASTM, 1997a) especifica que o carregamento deve ser aplicado a uma velocidade constante de 1,27 mm/min a 5,1 mm/min. Sendo assim, utilizou-se neste trabalho uma velocidade constante de 4 mm/min.

Devido à variabilidade nas espessuras inerentes ao processo de produção por projeção manual e devido também à variabilidade na largura provocada pelo processo de extração dos corpos-de-prova das placas moldadas, foi necessário determinar-se as medidas reais de todos os corpos-de-prova rompidos. Para isto foram feitas duas medidas de espessura e largura nas proximidades da ruptura de cada corpo-de-prova ensaiado.

Apesar da ASTM C947 (ASTM, 1997a) citar que devam ser utilizados seis corpos-de-prova de cada tipo para a realização dos ensaios, foram utilizados, para cada determinação, quatro corpos-de-prova. Considera-se que este número de repetições é satisfatório uma vez que o trabalho propõe uma malha experimental relativamente grande, não sendo obtidos valores isolados para nenhuma das variáveis independentes.

Como forma de evitar possíveis tendências provocadas pela face do corpo-de-prova que estava para cima durante os ensaios, estes foram realizados com dois corpos-de-prova com a superfície mais lisa (em contato com a fôrma) para cima e os outros dois com a superfície mais rugosa para cima, conforme especificado pela norma.

4.4.1.1 Aparato para Leitura das Deflexões

O aparato para obtenção das flechas foi elaborado baseando-se nos trabalhos de El-Shakra e Gopalaratnam (1993) e Gava (2003).

O aparato utilizado para realizar as leituras das deflexões foi desenvolvido de forma a se aproximar ao máximo do sistema *yoke*, que simplificada consiste na fixação dos LVDTs que realizam a leitura das deflexões durante o ensaio de flexão, no próprio corpo-de-prova de concreto ensaiado. Porém, foi necessária a realização de algumas adaptações em função das dimensões dos corpos-de-prova de GRC. A pequena espessura dos corpos-de-prova de GRC não possibilita a perfuração do mesmo para a fixação de parafusos, como é realizado no sistema *yoke*. Portanto, optou-se que o aparato fosse simplesmente apoiado ao corpo-de-prova em cima dos pontos de apoio, e fixado a este somente em uma das suas extremidades através de um sistema de contato constituído por duas chapas que são pressionadas contra o corpo-de-prova por parafusos (Figura 4.11). O aparato de fixação dos LVDTs foi confeccionado em alumínio, de forma que o seu peso não sobrecarregasse os corpos-de-prova, mesmo que sobre os pontos de aplicação de carga.

Os LVDTs utilizados têm um curso máximo de 30 mm. Este curso é importante, uma vez que os corpos-de-prova de GRC, a depender das suas espessuras e teores de fibra, podem ultrapassar os 20mm antes do rompimento dos mesmos. Apesar destes valores elevados de deflexões não serem atingidos até a carga máxima dos corpos-de-prova de GRC, a leitura destes valores é necessária para o cálculo da tenacidade dos materiais.

As leituras das deflexões foram realizadas nos dois lados da parte superior dos corpos-de-prova. Devido à existência do aparato de aplicação de carga, as deflexões dos corpos-de-prova tiveram que ser transferidas para as laterais dos mesmos. Esta transferência das deflexões foi feita através do uso de uma barra de alumínio com elevada rigidez, que ficou apoiada ao

corpo-de-prova e deslizava através de rolamentos entre dois perfis de alumínio, os quais serviam de guias e que eram fixados ao pórticos de alumínio que prendem os LVDTs (Figura 4.11).

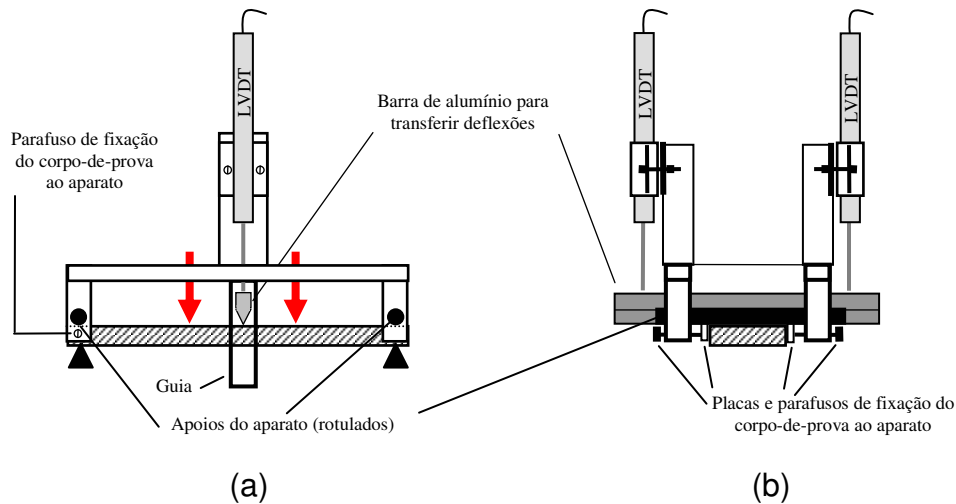


Figura 4.11: aparato utilizado para fixação dos LVDTs ao corpo-de-prova: (a) vista frontal; (b) vista lateral

A utilização da barra de alumínio para transferir as deflexões, ao invés do uso de uma chapa metálica ou de vidro colada na parte superior do corpo-de-prova, como é usual, gera uma maior velocidade na realização dos ensaios e reduz custos, ao dispensar o uso de colas com alta aderência.

Para evitar erros provocados pelo atrito entre a barra e o perfil que serve como guia, foram tomados dois cuidados. O primeiro consistiu na lubrificação da parte interior do perfil, ou seja, da superfície que mantém contato com a barra. O segundo foi o de colocar um rolamento entre a barra e a guia, diminuindo assim o atrito entre os dois.

4.4.1.2 Arquivos de Aquisição e Processamento dos Dados

Os resultados dos ensaios de flexão foram obtidos, para cada corpo-de-prova, na forma de arquivos de texto gravados a uma taxa de 5 gravações por segundo. Nestes arquivos são gravados, simultaneamente, as leituras de carga e os dados oriundos dos dois LVDTs.

Foi criado um arquivo de aquisição de dados no programa MATHCAD (MATHCAD, 1999) para importar os dados dos arquivos de texto e realizar os cálculos necessários.

Com o intuito de eliminar a influência da variação da espessura dos corpos-de-prova, as resistências características à flexão dos corpos-de-prova são dadas como sendo as tensões máximas existentes em uma determinada seção do corpo-de-prova, calculadas através da

Fórmula 4.1. No entanto, apesar desta equação ser sugerida pela ASTM C947-97 (ASTM, 1997a), ela é oriunda da teoria de vigas e serve somente como uma aproximação para o caso das placas de GRC. Ademais, esta equação só é válida para os trechos lineares (iniciais) das curvas carga x deflexão. Nos trechos não-lineares das curvas (pós-fissuração da matriz) a Fórmula 4.1 só fornece um valor aproximado das tensões na fibra inferior do corpo-de-prova.

$$\sigma = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2} \quad (\text{Fórmula 4.1})$$

Onde P é a carga aplicada ao corpo-de-prova (MPa), L é a distância entre os pontos de apoio (m), b é a largura do corpo-de-prova (m) e d é a sua espessura (m).

Uma outra aproximação que poderia ser realizada para eliminar a influência da variação de espessura dos corpos-de-prova era a conversão das deflexões em deformações nas superfícies inferiores do corpo-de-prova. Porém, para realizar esta conversão através das equações da Teoria da Elasticidade seria necessário conhecer-se o módulo de elasticidade dos materiais estudados, o que é de difícil determinação, uma vez que o processo de produção impede que seja possível moldar um corpo-de-prova cilíndrico de GRC (forma utilizada para determinar o módulo de elasticidade de corpos-de-prova de argamassas e concretos segundo as normas brasileiras) com as mesmas propriedades dos moldados no formato de placas.

Através das curvas tensão x deflexão, foram determinados os valores característicos destas curvas, tais como o limite de elasticidade ou proporcionalidade (PEL) e o módulo de ruptura (MOR). O PEL do corpo-de-prova é a tensão máxima do trecho linear da curva. Este valor corresponde a um valor aproximado da tensão de surgimento da primeira fissura na matriz cimentícia do compósito. A determinação do PEL dos corpos-de-prova foi realizada graficamente e o processo está representado na Figura 4.12. O MOR do corpo-de-prova é a resistência máxima do corpo-de-prova. Este valor é determinado calculando-se a tensão na fibra inferior do corpo-de-prova com o valor máximo do vetor de cargas (Figura 4.12 a).

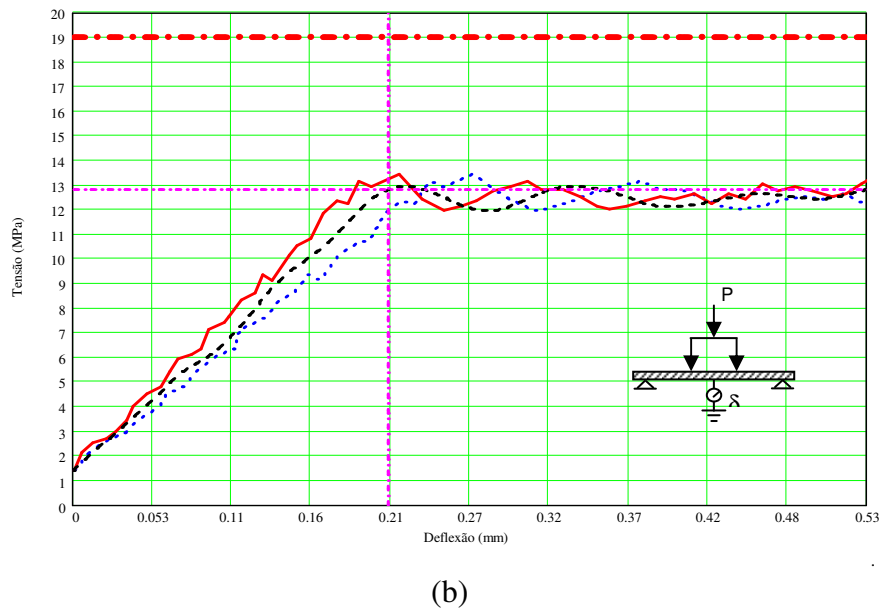
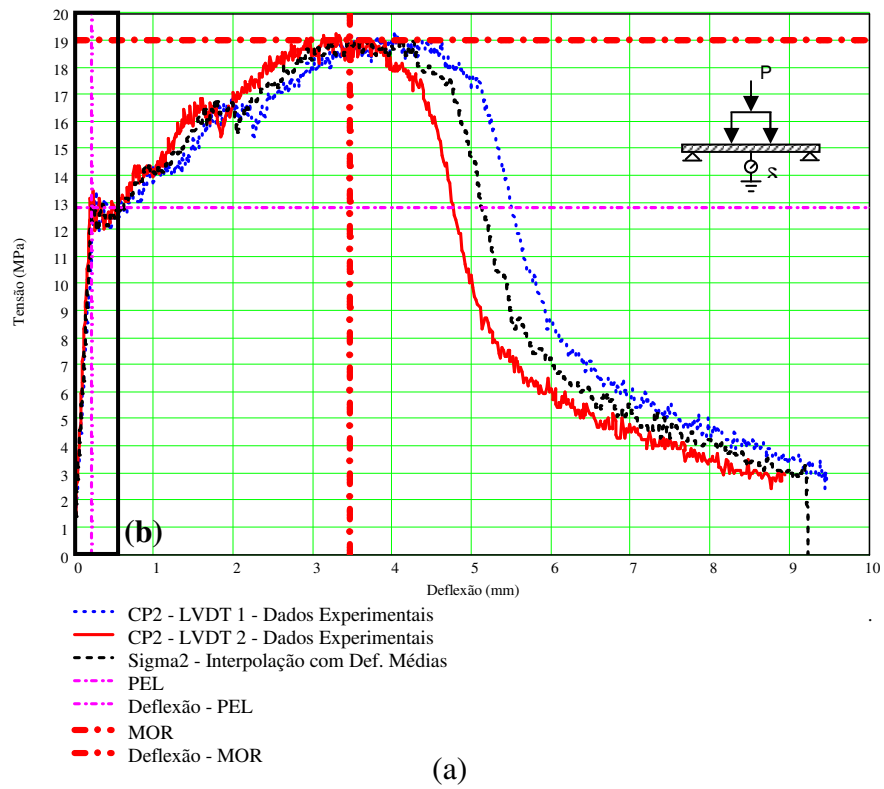


Figura 4.12: determinação das resistências mecânicas características:
 (a) curvas tensão x deflexão para os dados obtidos com os dois LVDTs; (b) determinação do PEL (detalhe da Figura 4.12 a);

4.4.1.3 Índices de Tenacidade

Neste trabalho, as tenacidades dos materiais em estudo foram avaliadas através da determinação das deflexões dos corpos-de-prova, com o uso de LVDTs, ao longo dos ensaios de flexão. Uma vez obtidas as curvas tensões x deflexões dos dois LVDTs, as mesmas são interpoladas numericamente e as tenacidades são calculadas utilizando-se as áreas sob tais curvas.

As tenacidades dos materiais estudados foram avaliadas utilizando-se os índices de tenacidade propostos pela norma ASTM C1018 (ASTM, 1997b). Estes índices são definidos como sendo a razão entre as áreas abaixo das curvas carga x deflexão até uma determinada deflexão de referência e a área até a deflexão correspondente à primeira fissuração (PEL). A norma define então os índices I_N , onde N é o valor do índice caso ele fosse calculado para um material hipotético com comportamento elasto-plástico perfeito.

Neste trabalho foram utilizados os índices I_5 , I_{10} e I_{30} , os quais foram calculados de acordo com o esquema da Figura 4.13.

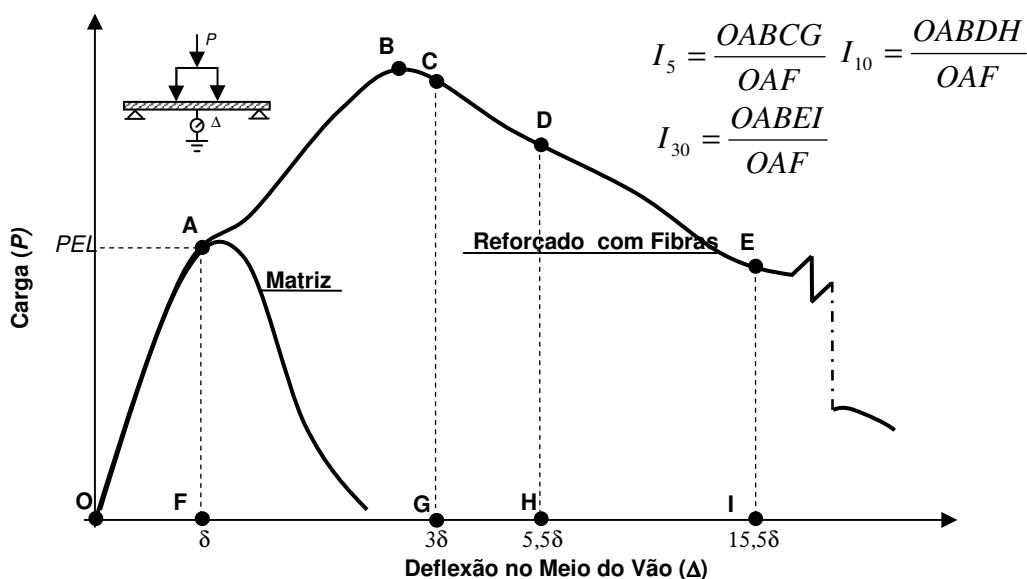


Figura 4.13: determinação dos índices de tenacidade da ASTM C1018 (ACI COMMITTEE 544, 1999)

4.4.1.4 Módulo de Elasticidade na Flexão

O módulo de elasticidade na flexão foi determinado nos mesmos corpos-de-prova utilizados nos ensaios de flexão. Para o cálculo também foi empregado o mesmo arquivo de aquisição de dados utilizado para determinação das resistências mecânicas características e dos índices de tenacidade.

Esta propriedade foi determinada através do cálculo da inclinação de seis cordas do trecho linear de cada curva tensão x deflexão. Estas cordas são definidas por todas as combinações possíveis entre os pontos correspondentes ao limite de elasticidade (PEL), $\frac{3}{4}PEL$, $\frac{1}{2}PEL$ e $\frac{1}{4}PEL$, assim como está mostrado na Figura 4.14.

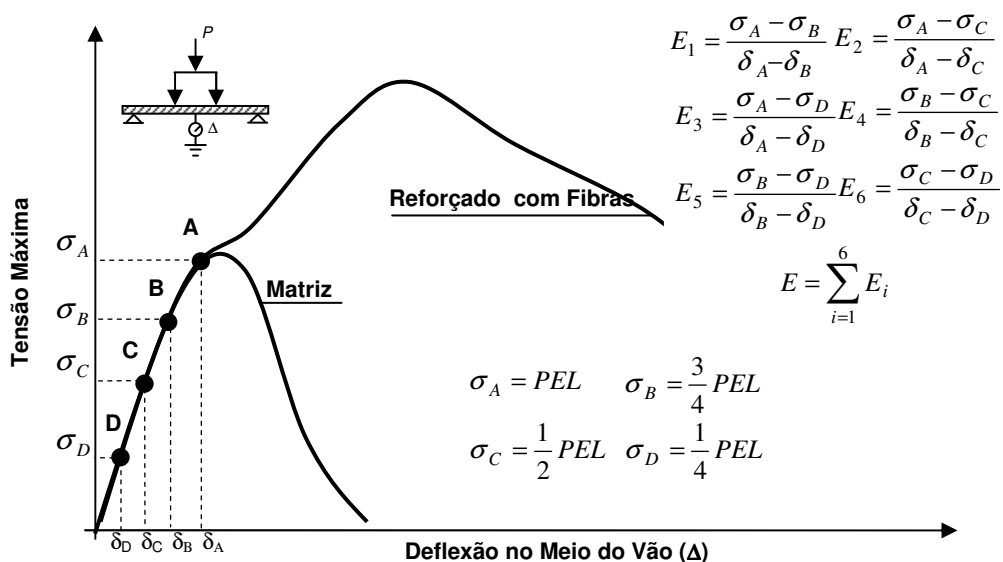


Figura 4.14: determinação do módulo de elasticidade na flexão

Um exemplo de um trecho da curva oriundo do ensaio de flexão de um corpo-de-prova real está sendo mostrado na Figura 4.15 e outros exemplos podem ser vistos no Anexo A.

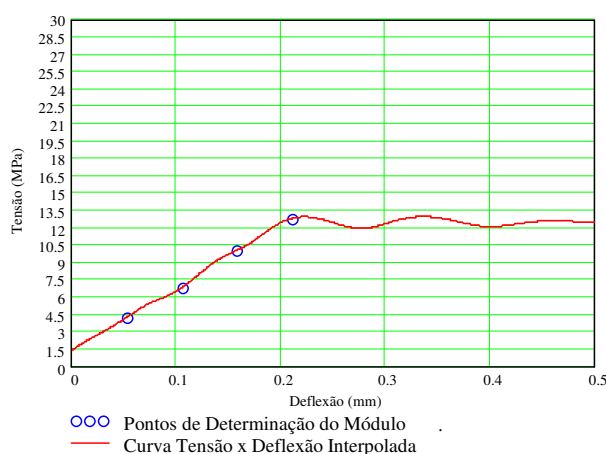


Figura 4.15: exemplo de curva para determinação do módulo de elasticidade na flexão

4.4.2 Absorção de Água, Massa Específica e Porosidade Aparente

O método utilizado para determinar a absorção de água, a massa específica e a porosidade aparente é baseado nos procedimentos descritos na norma ASTM C948-81 (1994a), específica para o material estudado. Este ensaio calcula tais propriedades através da determinação das massas dos corpos-de-prova saturados imersos, saturados com superfície seca e secos.

Os corpos-de-prova permaneceram imersos em água a 21°C até os 56 dias de idade, quando foram realizadas as pesagens dos corpos-de-prova saturados imersos e saturados com superfície seca. Após, foram levados a uma estufa a aproximadamente 110°C até que atingissem constância de massa (perda de massa inferior a 0,5% num intervalo de 2 horas). Para cada combinação de materiais estudada foram utilizados de 2 a 13 corpos-de-prova com volumes que se enquadravam nos limites impostos pela referida norma (25 cm³ a 650 cm³).

A absorção de água, a massa específica e a porosidade aparente foram calculadas através da Fórmula 4.2, 4.3 e 4.4, respectivamente.

$$ABS(\%) = \frac{B - C}{C} \times 100 \quad (\text{Fórmula 4.2})$$

$$MES\left(\frac{g}{cm^3}\right) = \frac{C}{B - A} \quad (\text{Fórmula 4.3})$$

$$PAP(\%) = \frac{B - C}{B - A} \times 100 \quad (\text{Fórmula 4.4})$$

Onde A é a massa do corpo-de-prova saturado imerso, B é a massa do corpo-de-prova saturado com superfície seca e C é a massa do corpo-de-prova seco.

4.4.3 Ensaio de Durabilidade com Ataque em Água Quente

O método utilizado para avaliação do processo de degradação das propriedades do GRC com o tempo de exposição ao ambiente natural consistiu na comparação entre as propriedades dos materiais que sofreram com os que não sofreram um processo de ataque. Este é um procedimento comumente utilizado por outros trabalhos encontrados na literatura

(MOBASHER e SHAH, 1989; BENTUR e MINDESS, 1990; KOSA et al., 1991; MAJUMDAR e LAWS, 1991; ACI COMMITTEE 544, 1996; LIANG et al., 2002; MARIKUNTE et al., 1997; dentre outros) e normatizado pela ASTM C1560 (ASTM, 2003).

O ataque realizado consistia em, após os 28 dias iniciais de cura normal, deixar os corpos-de-prova em água aquecida por um determinado período de tempo e comparar as propriedades mecânicas dos que passaram pelo processo de envelhecimento acelerado com os que sofreram um processo de cura normal até as datas de ensaio.

Nesta pesquisa o processo de cura utilizado como referência foi a cura submersa dos corpos-de-prova a cerca de 20°C. Escolheu-se este processo devido ao fato da literatura (ACI COMMITTEE 544, 1996) mostrar que, para um período de 10 anos, os corpos-de-prova mantidos sob estas condições de cura apresentavam perdas de módulo de ruptura (MOR) semelhantes às obtidas no mesmo período de tempo em um ambiente natural da Grã-Bretanha; enquanto que quando mantidos em uma temperatura de 20°C e umidade relativa de 40%, os corpos-de-prova de GRC só apresentavam pequenas perdas de resistência ao longo deste tempo.

A temperatura escolhida para acelerar o processo de envelhecimento dos corpos-de-prova neste trabalho de pesquisa foi de 50°C. Esta temperatura foi escolhida por ser a mais comumente encontrada na literatura (BIJEN, 1983; BENTUR e DIAMOND, 1986; MOBASHER e SHAH, 1989; KOSA et al., 1991; PARADELA e AGUILA, 1992; MAGALHÃES et al., 1996; MARIKUNTE et al., 1997) e para evitar erros maiores de correlação provocados pelo uso de temperaturas muito mais altas do que as encontradas nos ambientes de exposição naturais.

Todos os corpos-de-prova permaneceram imersos a 20°C, logo após a desmoldagem, até os 28 dias de idade. Somente após este período que era iniciado o ataque, imergindo-os em água a 50°C. Este processo foi feito em estufas, onde os corpos-de-prova foram mantidos em recipientes cheios de água, tampados, e permaneceram por 14, 21 e 28 dias com os corpos-de-prova imersos. Estes tempos correspondem, segundo Litherland et al. (1981), a 0,69; 1,036 e 1,381 anos (252, 378 e 504 dias) de exposição a um ambiente correspondente ao da cidade de Miami (com temperatura média anual de 24°C, a que, dentre as que foram citadas por Litherland et al. (1981), se aproxima mais da temperatura média anual das cidades brasileiras).

Os parâmetros utilizados para avaliar a degradação dos compósitos foram os determinados no ensaio de flexão (PEL, MOR, I_5 , I_{10} , I_{30} , MEF).

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Como forma de tornar a análise dos dados mais objetiva, se optou pela realização de uma análise estatística dos resultados. Para a realização desta análise foi utilizado o programa “*STATISTICA for Windows*”, versão 7.0 (STATISTICA, 2004).

Para cada uma das propriedades em análise foram determinados os valores médios, desvios padrões e covariâncias. Foram eliminados da análise todos os dados cujo desvio era superior a 1,5 vezes o desvio padrão do grupo.

Para testar a significância estatística do efeito das diferentes variáveis nos parâmetros medidos foi utilizada a análise de variância (ANOVA) e testes de comparação múltipla de médias (*Post-hoc*).

Em todos os testes foram considerados significativos os resultados com nível de significância igual ou superior a 95%.

Para o caso de análises com variáveis com mais de dois níveis, foram realizados testes de comparação múltipla de médias, também disponíveis no programa estatístico utilizado, para avaliar a significância entre os diferentes pares de médias. O teste *Post-hoc* utilizado neste trabalho foi o *Duncan's Test*. Escolheu-se este método pelo fato de ser citado por Montgomery (2001) como sendo um dos testes com melhor desempenho na detecção de diferenças entre duas médias.

5 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos nesta pesquisa e, posteriormente, estes são discutidos baseando-se no que foi levantado na literatura sobre o assunto.

Devido à natureza dos experimentos, foi possível serem avaliadas através de análises de variância (ANOVAs) das propriedades estudadas, as significâncias estatísticas dos efeitos de todas as variáveis e suas interações. Quando necessário, ainda foram realizados testes de comparação múltipla de médias para melhor compreensão dos resultados, os quais são apresentados no Apêndice A.

Para todas as propriedades analisadas foram discutidos somente os efeitos das variáveis, ou da interação destas, que se mostraram estatisticamente significativos na ANOVA.

Quando o efeito de uma variável ou da interação entre variáveis se mostrava estatisticamente significativo, e o efeito desta com o ataque também, só foi apresentada a interação de maior ordem, de forma que o efeito do ataque não distorcesse a análise dos resultados.

Os dados utilizados para a análise das propriedades oriundas do ensaio de flexão correspondem a 771 dados brutos, sendo removidos 56, 61, 65, 66, 72 e 80 valores individuais considerados estatisticamente espúrios, respectivamente, para o PEL, MOR, I5, I10, I30 e MEF.

Já para a absorção de água, massa específica e porosidade aparente foram utilizados 92 dados brutos, sendo removidos, respectivamente, 10, 7 e 10 valores individuais considerados estatisticamente espúrios.

Os dados brutos, juntamente com todas as curvas tensão x deflexão oriundas dos ensaios de flexão, são apresentados no Apêndice A.

5.1 ABSORÇÃO DE ÁGUA, MASSA ESPECÍFICA E POROSIDADE APARENTE

Neste item são apresentados os resultados do programa experimental realizado correspondentes à absorção de água, massa específica e porosidade aparente dos GRCs. Os valores médios destes e seus coeficientes de variação estão resumidos na Tabela 5.1.

Tabela 5.1: valores médios da ABS, MES e PAP e seus coeficientes de variação

Aglomerante	agr/cim	Tamanho das Fibras (mm)	Absorção de água, em % e coeficiente de variação, em %		Massa específica, em g/cm ³ e coeficiente de variação, em %		Porosidade aparente, em % e coeficiente de variação, em %	
			Valor	CV	Valor	CV	Valor	CV
REF	1,0	17,5	12,06	6,30	2,06	6,80	24,98	13,09
		35,0	11,73	0,85	2,04	0,49	23,91	1,38
	1,1	17,5	10,41	0,58	2,08	0,48	21,67	0,78
		35,0	11,47	1,05	2,05	0,49	23,46	1,41
5MK	1,0	17,5	11,19	0,89	2,07	0,48	23,11	0,65
		35,0	11,80	4,41	2,02	0,99	23,79	3,57
	1,1	17,5	11,73	0,17	2,01	0,00	23,56	0,17
		35,0	11,89	5,30	2,02	0,00	24,03	5,24
10MK	1,0	17,5	11,17	3,67	2,03	0,49	22,69	3,22
		35,0	12,01	1,42	2,05	1,95	24,50	0,57
	1,1	17,5	10,85	2,21	2,03	0,49	22,06	1,50
		35,0	10,96	3,19	2,08	0,00	22,84	3,33
15MK	1,0	17,5	11,02	0,18	2,01	0,00	22,18	0,18
		35,0	11,82	3,21	2,01	1,49	23,89	2,30
	1,1	17,5	10,66	0,94	2,05	0,49	21,89	0,64
		35,0	10,72	2,43	2,07	0,00	22,16	2,26
5SA	1,0	17,5	12,13	0,25	1,96	0,00	23,83	0,25
		35,0	11,62	3,70	2,03	0,49	23,53	3,02
	1,1	17,5	11,75	12,09	1,98	1,52	23,22	10,47
		35,0	12,19	0,16	2,01	0,00	24,51	0,16

Com exceção de alguns pontos isolados (5SA com agr/cim = 1,1 e fibra curta; REF com agr/cim = 1,0 e fibra curta), os valores da Tabela 5.1 mostram que os coeficientes de variação das propriedades em estudo das amostras foram relativamente baixos (< 10,0%). Na Tabela 5.1 os valores da massa específica e porosidade aparente acompanham os valores da absorção de água, o que já era esperado, uma vez que as três propriedades são determinadas a partir dos mesmos dados experimentais.

As Tabelas 5.2, 5.3 e 5.4 apresentam os resultados das ANOVAs da absorção de água, massa específica e porosidade aparente, respectivamente.

Tabela 5.2: resumo da ANOVA da ABS

Efeito	Somas dos Quadrados	Graus de Liberdade	Média dos Quadrados	F	Nível de Significância
Aglomerante (Ag)	6,19	4	1,55	9,26	0,0000*
Agregado/Cimento (Ac)	2,61	1	2,61	15,61	0,0002*
Tamanho das Fibras (Tf)	1,76	1	1,76	10,54	0,0019*
Ag x Ac	4,50	4	1,12	6,72	0,0001*
Ag x Tf	0,56	4	0,14	0,83	0,5084
Ac x Tf	0,03	1	0,03	0,17	0,6792
Ag x Ac x Tf	3,22	4	0,80	4,81	0,0019*
Erro	10,36	62	0,17		

F – distribuição de Fischer

* – efeito significativo

Tabela 5.3: resumo da ANOVA da MES

Efeito	Somas dos Quadrados	Graus de Liberdade	Média dos Quadrados	F	Nível de Significância
Aglomerante (Ag)	0,0297	4	0,0074	8,3	0,0000*
Agregado/Cimento (Ac)	0,0016	1	0,0016	1,8	0,1900
Tamanho das Fibras (Tf)	0,0008	1	0,0008	0,9	0,3339
Ag x Ac	0,0105	4	0,0026	2,9	0,0267*
Ag x Tf	0,0142	4	0,0035	4,0	0,0061*
Ac x Tf	0,0007	1	0,0007	0,8	0,3809
Ag x Ac x Tf	0,0045	4	0,0011	1,2	0,2991
Erro	0,0581	65	0,0009		

F – distribuição de Fischer

* – efeito significativo

Tabela 5.4: resumo da ANOVA da PAP

Efeito	Somas dos Quadrados	Graus de Liberdade	Média dos Quadrados	F	Nível de Significância
Aglomerante (Ag)	13,60	4	3,40	4,03	0,0057*
Agregado/Cimento (Ac)	8,21	1	8,21	9,74	0,0027*
Tamanho das Fibras (Tf)	9,25	1	9,25	10,97	0,0015*
Ag x Ac	11,87	4	2,97	3,52	0,0118*
Ag x Tf	2,33	4	0,58	0,69	0,6014
Ac x Tf	0,53	1	0,53	0,63	0,4316
Ag x Ac x Tf	9,90	4	2,48	2,94	0,0274*
Erro	52,26	62	0,84		

F – distribuição de Fischer

* – efeito significativo

As Tabelas 5.2 a 5.4 indicam que as variáveis e interações entre estas que se mostraram significativas para a absorção de água são as mesmas que também são significativas para a porosidade aparente. Já a massa específica só se mostrou ser significativamente influenciada pelo tipo de aglomerante e pelas interações de primeira ordem desta com as outras variáveis do estudo.

5.1.1 Influência do Tipo de Aglomerante na ABS, MES e PAP

As ANOVAs realizada permitiram concluir que a absorção de água, a massa específica e a porosidade aparente dos GRCs são significativamente influenciadas pelo tipo de aglomerante utilizado na confecção do material.

A Figura 5.1 ilustra o efeito do tipo de aglomerante sobre as três propriedades em estudo.

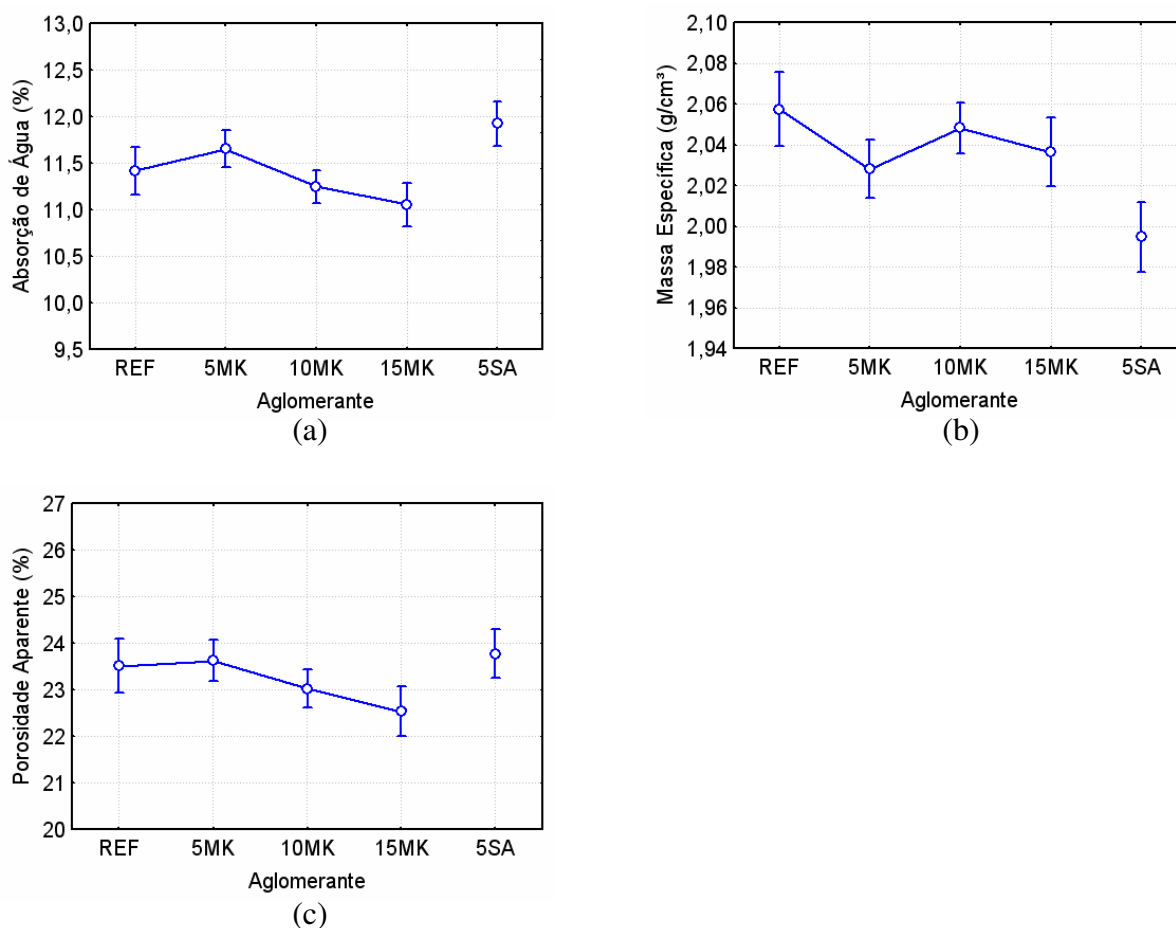


Figura 5.1: efeitos isolados do tipo de aglomerante sobre a ABS, MES e PAP. (a) ABS, (b) MES e (c) PAP

A Figura 5.1, juntamente com os testes de comparação múltipla de médias, mostram que há uma tendência de diminuição da absorção de água e da porosidade aparente do compósito com o aumento do teor de adição de metacaulim.

Este comportamento era esperado uma vez que as reações pozolânicas, por acontecerem posteriormente às reações de hidratação do cimento, tendem a preencher os vazios capilares do material, reduzindo assim a absorção de água e a porosidade aparente deste.

O teste de comparação múltipla de médias ainda indica que os GRCs produzidos com 5% de adição (metacaulim e sílica ativa) encontram-se em um mesmo nível de porosidade aparente superior ao nível que encontram-se os compósitos produzidos com 10% e 15% de metacaulim. A razão provável para a elevada porosidade do GRC com a sílica ativa é o efeito conjunto da elevada coesão das argamassas produzidas com este material (uma vez que a adição é realizada em relação à massa de cimento, que a sua área específica é muito elevada e as partículas são muito pequenas, há uma maior quantidade de grãos nas matrizes produzidas com a sílica ativa, aumentando o atrito interno e, conseqüentemente, a coesão da argamassa) e da deficiência do adensamento (inerente ao processo de produção).

Os efeitos significativos das interações entre o tipo de aglomerante e as demais variáveis sobre as propriedades em análise serão discutidos nos itens subseqüentes.

5.1.2 Influência da Relação Agregado/Cimento na ABS, MES e PAP

As ANOVAs indicam que o efeito da relação agregado/cimento, ilustrado na Figura 5.2, é significativo somente para a absorção de água e porosidade aparente.

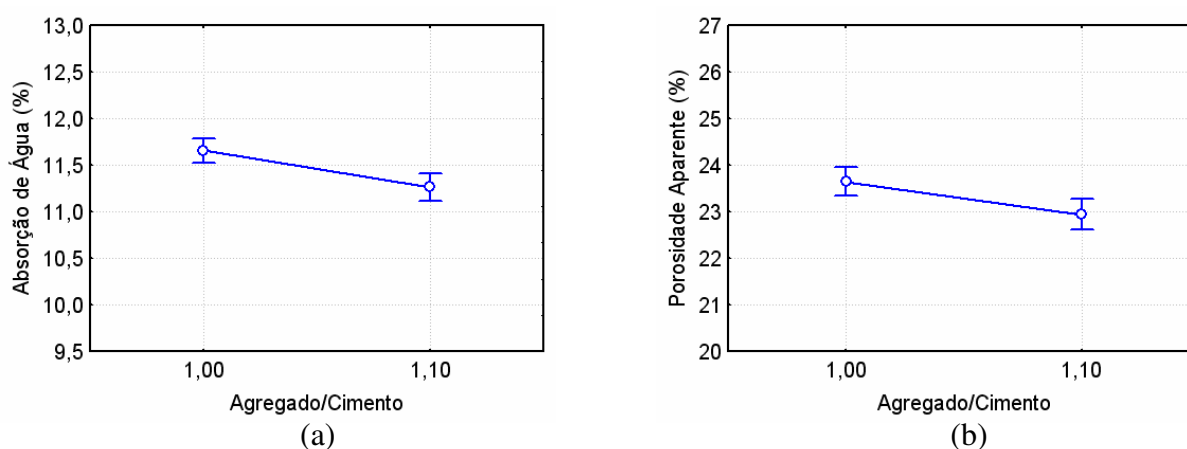


Figura 5.2: efeitos isolados da relação agregado/cimento sobre a ABS e PAP. (a) ABS e (b) PAP

Conforme pode ser observado na Figura 5.2, há uma diminuição da absorção de água e da porosidade aparente com o aumento da quantidade de agregado do material. O que possivelmente ocorreu foi uma elevação da coesão dos materiais produzidos com maior consumo de cimento (agregado/cimento = 1,00), elevando assim a dificuldade de expulsão do ar aprisionado e, conseqüentemente, aumentando a absorção de água e a porosidade aparente do compósito.

A Figura 5.3 ilustra os efeitos da interação de primeira ordem, estatisticamente significativos, entre a relação agregado/cimento e o tipo de aglomerante sobre a absorção de água, a massa específica e a porosidade aparente.

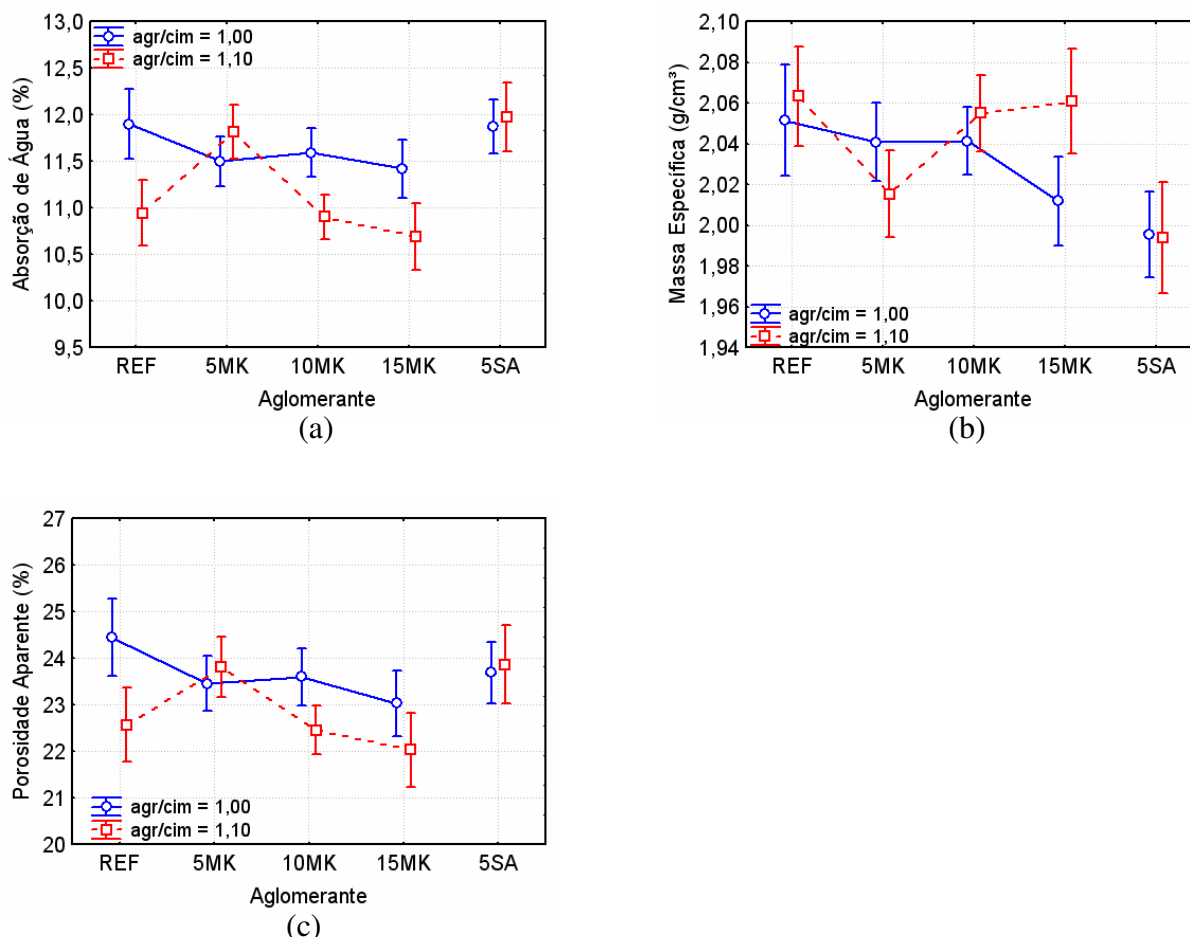


Figura 5.3: efeito da relação agregado/cimento e aglomerante sobre a ABS, MES e PAP. (a) ABS, (b) MES e (c) PAP

A partir da Figura 5.3 e do teste de comparação múltipla de médias é possível concluir que os materiais com relação agregado/cimento iguais a 1,10 apresentam absorções de água e porosidades aparentes inferiores aos dos GRCs com maior quantidade de cimento, sendo as únicas exceções, não havendo diferença significativa para as duas relações agregado/cimento, somente os compósitos confeccionados com os aglomerantes 5MK e 5SA. Não foi encontrada uma explicação lógica para o fato destes dois tipos de aglomerante não proporcionarem diferenças significativas para as duas relações agregado/cimento.

Com relação à massa específica, somente no caso dos materiais confeccionados com o aglomerante 15MK que há uma diferença significativa da propriedade para as diferentes relações agregado/cimento, sendo maior a massa específica para os materiais produzidos com um maior teor de agregado.

Os efeitos significativos das interações entre a relação agregado/cimento e as demais variáveis sobre as propriedades em estudo serão discutidos nos itens subseqüentes.

5.1.3 Influência do Tamanho das Fibras na ABS, MES e PAP

A partir da ANOVA realizada é possível concluir que os efeitos do tamanho das fibras sobre a absorção de água e a porosidade aparente são estatisticamente significativos. A Figura 5.4 ilustra estes efeitos.

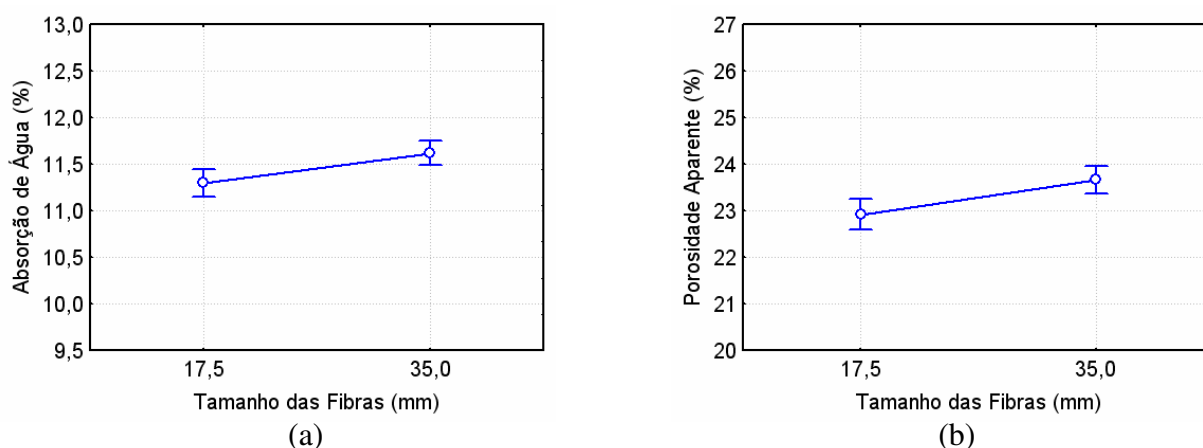


Figura 5.4: efeitos isolados do tamanho das fibras sobre a ABS e PAP.
(a) ABS e (b) PAP

A Figura 5.4 indica que a absorção de água e a porosidade aparente dos materiais constituídos por fibras longas (35,0 mm) são significativamente maiores que as dos GRCs com fibras curtas. Este resultado está de acordo com a literatura (ALI et al., 1975) que mostra que o aumento do tamanho das fibras ocasiona uma maior incorporação de ar no GRC. Este aumento da porosidade com o aumento do tamanho das fibras pode estar relacionado com a maior facilidade de adensamento e, conseqüentemente, maior homogeneidade do GRC produzido com fibras mais curtas. As fibras mais curtas apresentam uma maior capacidade de serem completamente envolvidas pela matriz cimentícia, apresentando raros ninhos de fibras e aprisionando menor quantidade de ar ao material final.

A Figura 5.5 ilustra a interação de primeira ordem, estatisticamente significativa, entre o tamanho das fibras e o tipo de aglomerante sobre a massa específica.

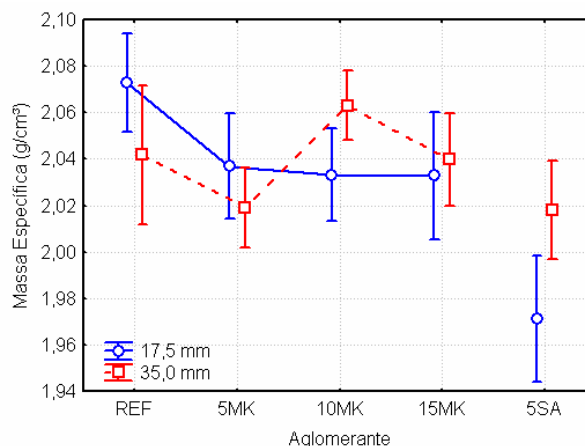


Figura 5.5: efeito da interação entre tamanho das fibras e tipo de aglomerante sobre a MES

A Figura 5.5, juntamente com o resultado do teste de comparação múltipla de médias, indicam que, com exceção do material com aglomerante de referência e com adição de sílica ativa, os demais materiais não apresentam mudanças significativas na massa específica devido ao tamanho das fibras. No caso dos materiais com aglomerante de referência, os confeccionados com fibras curtas apresentam maior massa específica, já no GRC com aglomerante 5SA, os produzidos com fibras longas são os que apresentam maior massa específica. Não foi encontrada uma explicação lógica para este comportamento.

Os efeitos da interação de segunda ordem entre o tamanho das fibras, tipo de aglomerante e relação agregado/cimento sobre a absorção de água e a porosidade aparente dos GRCs se mostraram significativos e são apresentados na Figura 5.6.

A partir da Figura 5.6 e dos resultados apresentados do teste de comparação múltipla de médias, é possível concluir que, enquanto no caso dos GRCs produzidos com fibras curtas somente os materiais confeccionados com o aglomerante de referência que apresentaram uma diferença significativa entre a absorção e a porosidade aparente devido às diferenças da relação agregado/cimento, no caso dos materiais produzidos com fibras longas, somente os materiais com aglomerantes 10MK e 15MK apresentam diferenças significativas de ABS e PAP devido às mudanças da proporção de agregado do material. Nestes casos, mais uma vez os materiais com menor proporção de agregado são os que apresentam maiores ABS e PAP. Este comportamento provavelmente ocorre devido ao fato de que nos GRCs com fibras longas o efeito decorrente da dificuldade de adensamento proporcionado pelo tamanho das fibras se sobrepõe ao efeito da relação agregado/cimento sobre a absorção e porosidade. E a dificuldade de expulsão do ar aprisionado é maior justamente para os materiais confeccionados com maior teor de adição (10MK e 15MK) e com sílica ativa (5SA) devido à maior coesão. Já nos compósitos com fibras curtas, como não existe o mesmo grau de

dificuldade de adensamento, o efeito do aumento da coesão proporcionado tanto pelo tipo de aglomerante quanto pela relação agregado/cimento não influencia tanto na absorção e porosidade dos compósitos.

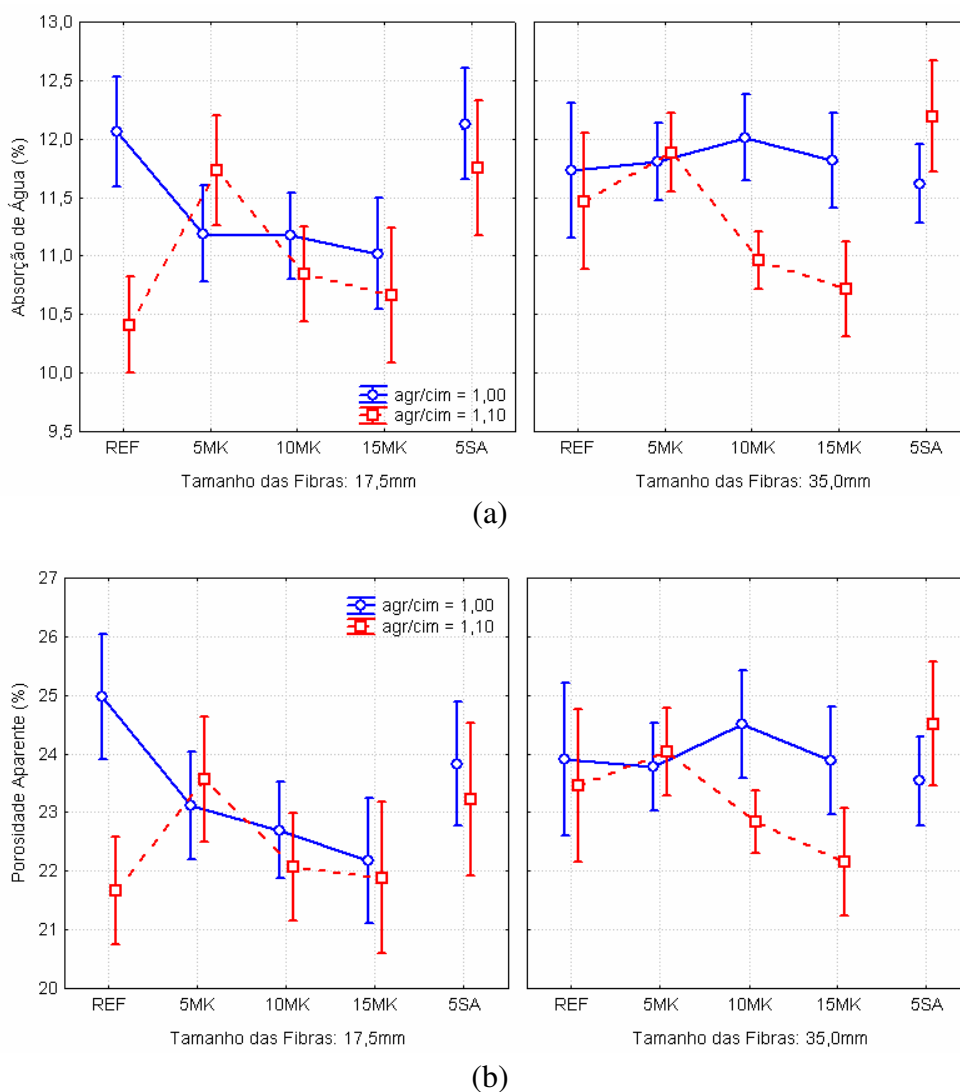


Figura 5.6: efeitos da interação de segunda ordem entre o tamanho das fibras, tipo de aglomerante e relação agregado/cimento sobre a ABS e PAP. (a) ABS e (b) PAP

5.2 LIMITE DE PROPORCIONALIDADE (PEL)

Neste item são apresentados os resultados do programa experimental realizado, correspondentes ao limite de elasticidade ou de proporcionalidade (PEL).

Os valores médios do PEL e seus coeficientes de variação para o programa experimental realizado estão resumidos na Tabela 5.5.

Tabela 5.5: valores médios do PEL e seus coeficientes de variação

Ataque	Idade (dias)	agr/cim	Tamanho da Fibra	Médias do Limite de Proporcionalidade (PEL), em MPa e coeficiente de variação (CV), em %									
				REF		5MK		10MK		15MK		5SA	
				PEL	CV	PEL	CV	PEL	CV	PEL	CV	PEL	CV
sem ataque	28	1,0	curta	14,0	9,5	14,1	2,9	11,4	14,7	10,0	25,1	12,4	5,8
			longa	9,9	19,2	12,6	17,4	12,2	15,0	11,9	11,0	14,1	9,2
		1,1	curta	13,5	5,6	11,4	21,3	11,1	10,5	12,6	10,4	11,5	8,4
			longa	9,5	20,6	11,4	11,8	12,5	6,9	13,4	13,0	9,8	16,3
	42	1,0	curta	14,6	6,9	14,4	11,2	12,1	2,6	13,0	11,7	12,2	6,9
			longa	11,8	8,3	12,0	2,4	13,6	1,2	12,1	18,7	13,5	15,7
		1,1	curta	13,3	14,2	11,1	8,3	13,7	3,1	14,2	9,5	12,5	12,2
			longa	12,7	8,7	11,0	13,7	12,5	8,5	13,5	31,5	12,7	29,2
	49	1,0	curta	12,6	28,8	14,2	12,1	13,0	4,7	13,9	13,0	11,3	11,9
			longa	11,8	5,9	13,6	17,5	12,6	8,2	12,2	4,7	14,4	8,5
		1,1	curta	13,0	12,7	12,7	4,0	11,9	6,2	15,9	11,0	13,1	8,4
			longa	9,6	15,8	11,9	15,5	12,7	2,8	13,6	8,4	11,8	8,9
	56	1,0	curta	13,4	11,4	13,2	9,4	11,8	4,6	11,7	12,6	11,3	5,2
			longa	12,3	24,7	10,2	8,8	11,9	1,1	12,2	28,7	12,9	5,7
		1,1	curta	12,5	2,5	13,7	13,1	13,6	12,3	13,3	12,3	10,8	11,7
			longa	12,3	6,7	11,0	4,7	13,6	1,3	12,1	10,1	13,0	4,1
com ataque	42	1,0	curta	12,3	14,5	13,9	8,6	12,3	11,7	10,6	23,0	10,7	13,1
			longa	10,0	5,8	11,1	9,3	12,3	10,4	13,9	14,7	14,4	12,7
		1,1	curta	11,9	12,3	11,9	10,5	13,9	6,0	13,8	7,0	12,6	7,8
			longa	12,6	7,2	10,8	3,8	13,9	5,2	16,1	13,3	12,8	16,1
	49	1,0	curta	12,2	12,8	12,5	7,3	11,0	3,4	15,4	7,2	11,3	6,1
			longa	11,6	4,6	10,9	24,6	11,9	2,0	11,7	21,6	14,6	8,8
		1,1	curta	11,1	13,8	9,7	12,2	11,8	6,2	15,5	4,2	13,0	4,2
			longa	11,1	6,8	10,4	4,6	11,8	9,0	14,4	10,6	10,5	20,4
	56	1,0	curta	11,8	9,6	11,5	3,8	12,9	5,1	12,5	13,3	11,2	13,0
			longa	13,9	9,9	10,5	9,4	12,3	3,0	12,6	11,5	15,3	24,9
		1,1	curta	11,6	14,4	10,2	6,9	13,9	20,3	16,1	10,5	13,1	13,3
			longa	14,1	7,1	11,0	8,5	12,5	5,5	15,0	10,7	12,9	12,6

Os valores da Tabela 5.5 mostram que os coeficientes de variação do limite de proporcionalidade das amostras foram altos, com média de 10,68%. Tal fato possivelmente decorre das variabilidades inerentes ao processo de produção e da complexidade da interação entre as fases matriz e fibra.

A Tabela 5.6 apresenta o resultado da ANOVA do PEL para o experimento realizado (os efeitos significativos estão marcados com um asterisco ao lado do nível de significância).

Tabela 5.6: resumo da ANOVA do PEL

Efeito	Somas dos Quadrados	Graus de Liberdade	Média dos Quadrados	F	Nível de Significância
Ataque (At)	2,8	1	2,8	1,25	0,2643
Idade (Id)	51,0	3	17,0	7,48	0,0001*
Aglomerante (Ag)	106,9	4	26,7	11,77	0,0000*
Agregado/Cimento (Ac)	0,0	1	0,0	0,02	0,8843
Tamanho da Fibra (Tf)	12,4	1	12,4	5,47	0,0197*
At x Id	25,1	3	8,4	3,68	0,0121*
At x Ag	43,7	4	10,9	4,81	0,0008*
Id x Ag	117,2	12	9,8	4,30	0,0000*
At x Ac	3,4	1	3,4	1,51	0,2198
Id x Ac	37,3	3	12,4	5,48	0,0010*
Ag x Ac	205,9	4	51,5	22,66	0,0000*
At x Tf	12,5	1	12,5	5,51	0,0193*
Id x Tf	12,1	3	4,0	1,78	0,1497
Ag x Tf	131,4	4	32,8	14,46	0,0000*
Ac x Tf	6,2	1	6,2	2,73	0,0991
At x Id x Ag	47,8	12	4,0	1,75	0,0529
At x Id x Ac	9,0	3	3,0	1,32	0,2673
At x Ag x Ac	5,3	4	1,3	0,58	0,6758
Id x Ag x Ac	37,8	12	3,2	1,39	0,1668
At x Id x Tf	7,7	3	2,6	1,14	0,3342
At x Ag x Tf	13,7	4	3,4	1,51	0,1982
Id x Ag x Tf	189,4	12	15,8	6,95	0,0000*
At x Ac x Tf	0,0	1	0,0	0,00	0,9540
Id x Ac x Tf	4,6	3	1,5	0,68	0,5641
Ag x Ac x Tf	98,3	4	24,6	10,82	0,0000*
At x Id x Ag x Ac	15,8	12	1,3	0,58	0,8604
At x Id x Ag x Tf	44,3	12	3,7	1,62	0,0809
At x Id x Ac x Tf	4,6	3	1,5	0,68	0,5654
At x Ag x Ac x Tf	13,2	4	3,3	1,46	0,2141
Id x Ag x Ac x Tf	36,6	12	3,1	1,34	0,1893
At x Id x Ag x Ac x Tf	21,0	12	1,8	0,77	0,6802
Erro	1260,7	555	2,3		

F – distribuição de Fischer

* – efeito significativo

5.2.1 Influência do Processo de Envelhecimento Acelerado no PEL

A ANOVA realizada permite concluir que, de forma geral, o PEL dos GRC não é significativamente influenciado pelo processo de envelhecimento acelerado.

Esta independência do envelhecimento do material é confirmada pela literatura (SHAH et al., 1988; BENTUR e MINDESS, 1990; ACI COMMITTEE 544, 1996), que justifica tal comportamento devido ao fato do PEL ser a tensão correspondente à primeira fissuração da matriz cimentícia, não dependendo das interações entre a matriz e as fibras, as quais são influenciadas pelo processo de envelhecimento do material.

Por outro lado, a interação entre o processo de envelhecimento acelerado e a idade (que no caso dos corpos-de-prova com ataque indica o tempo de aceleração) é estatisticamente significativo sobre o PEL, bem como sua interação com o tipo de aglomerante. Também verifica-se uma influência significativa da interação entre o ataque e o tamanho da fibra sobre a propriedade em estudo. Tais influências serão analisadas nos itens subseqüentes.

5.2.2 Influência da Idade no PEL

A análise estatística mostra que o efeito da idade sobre o limite de proporcionalidade do GRC é significativo.

A Figura 5.7 mostra o efeito da interação entre a idade e o processo de envelhecimento acelerado no PEL.

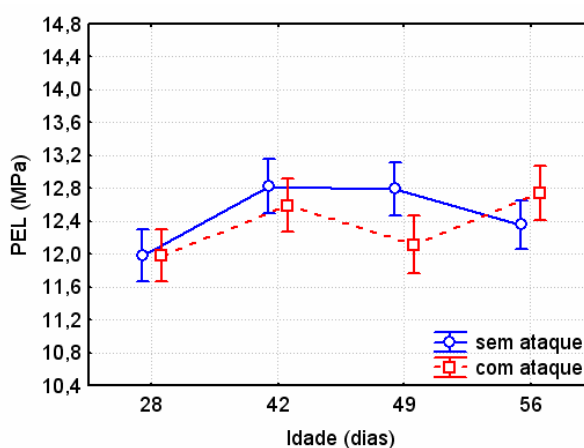


Figura 5.7: efeito da interação entre idade e ataque sobre o PEL

Conforme pode ser observado na Figura 5.7 e pelo resultado do teste de comparação múltiplo de médias, ocorreram ganhos significativos no PEL até 42 dias após a moldagem do GRC. Este efeito da idade sobre o PEL pode estar relacionado com a velocidade do desenvolvimento da resistência da matriz cimentícia, que por sua vez é diferenciada para os materiais constituídos por diferentes aglomerantes (confirmado pelos efeitos significativos das interações entre ataque e tipo de aglomerante, idade e tipo de aglomerante e idade e agregado/cimento sobre o PEL).

Os efeitos significativos das interações entre a idade e as demais variáveis sobre o PEL serão discutidos nos itens subseqüentes.

5.2.3 Influência do Tipo de Aglomerante no PEL

A partir da ANOVA realizada é possível concluir que o efeito do tipo de aglomerante no limite elástico é estatisticamente significativo.

A Figura 5.8 apresenta o efeito da interação entre o tipo de aglomerante e o processo de envelhecimento acelerado no PEL.

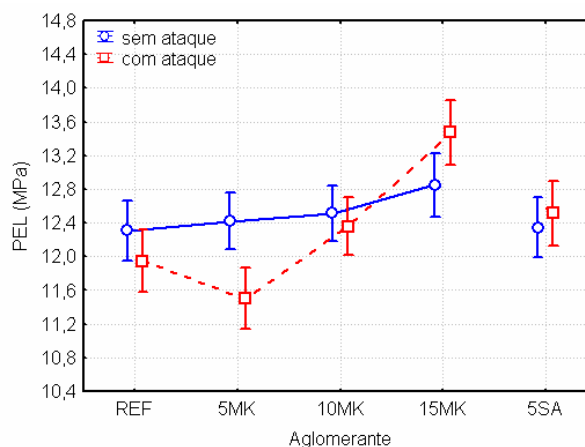


Figura 5.8: efeito da interação entre aglomerante e ataque sobre o PEL

Conforme pode ser observado na Figura 5.8 e é confirmado pelo teste de comparação múltipla de médias, em geral, à medida que se aumenta o teor de adição de metacaulim, há um aumento conjunto do limite de proporcionalidade do material.

Entretanto, enquanto para a situação sem ataque não há diferenças significativas entre o PEL para os diferentes aglomerantes, para os materiais que sofreram o processo de aceleração do envelhecimento verifica-se ganhos significativos de PEL com o aumento do teor de pozolana do material.

Para a situação com ataque não há diferença estatisticamente significativa entre o PEL para os materiais que utilizam-se do aglomerante de referência e os que apresentam adição de 5% de metacaulim. Os materiais com 5% de sílica ativa se comportam, com relação ao PEL, de maneira similar aos materiais com 10% de metacaulim. Já os materiais com adição de 15% de metacaulim apresentam uma média significativamente superior à dos demais materiais.

Esta diferença de comportamento pode ser explicada pelo efeito de aceleração da reatividade pozolânica provocada pelo ataque. Nesse sentido, a imersão funcionaria como uma cura térmica, aumentando a velocidade dos ganhos de resistência da matriz cimentícia e, conseqüentemente, do PEL.

Apesar da Figura 5.8 apresentar diferenças entre as curvas para as diferentes condições, o teste de comparação múltipla de médias confirma que não há diferenças estatisticamente significativas entre as situações com e sem ataque, ao analisar cada tipo de aglomerante separadamente.

O efeito do tipo de aglomerante sobre o PEL também está relacionado com a influência deste sobre a resistência da matriz cimentícia. Quanto maior a quantidade de material pozzolânico no material cimentício, maior é a quantidade de hidróxido de cálcio oriundo da hidratação do cimento que é consumido por este, gerando como produto da reação o silicato de cálcio hidratado (C-S-H). Estes produtos da reação pozzolânica são bastante eficientes no preenchimento dos espaços capilares grandes (processo de refinamento do tamanho de poro), melhorando assim a resistência e durabilidade do sistema (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

A Figura 5.9 ilustra a interação de primeira ordem, estatisticamente significativa, entre a idade e tipo de aglomerante sobre o PEL.

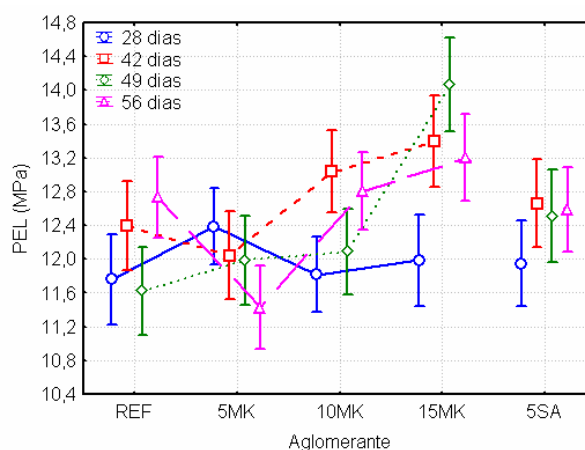


Figura 5.9: efeito da interação entre aglomerante e idade sobre o PEL

A partir da Figura 5.9 e do teste de comparação múltipla de médias, é possível observar que a tendência de ganho de resistência depois dos 28 dias só é observada para os materiais com elevados teores de adições pozzolânicas (10MK e 15MK).

Apesar dos materiais cimentícios contendo superplastificante, baixa relação água/cimento e elevados consumos de cimento apresentarem uma taxa de hidratação aumentada, provocando grande parte das mudanças na estrutura nas primeiras idades, o uso de adições pozzolânicas faz com que ainda haja muitas modificações na estrutura do material cimentício posteriormente à formação dos cristais da hidratação do cimento. Isto ocorre já que as adições pozzolânicas reagem com produtos da hidratação do cimento, fazendo com que o efeito da interação idade

e tipo de aglomerante sobre a resistência da argamassa e, conseqüentemente, sobre o PEL, seja estatisticamente significativo, sendo mais perceptível nos materiais com maiores teores.

5.2.4 Influência da Relação Agregado/Cimento no PEL

No geral, os resultados da ANOVA do PEL permitem concluir que o efeito isolado da relação agregado/cimento, nos níveis estudados, não é significativo. No entanto, a interação entre a relação agregado/cimento e a idade, apresentada na Figura 5.10, se mostrou significativa.

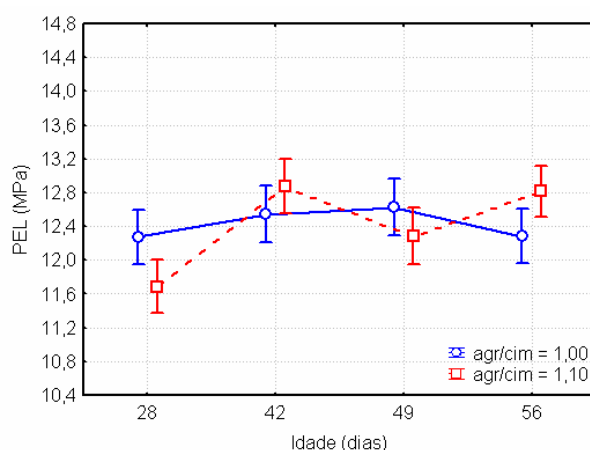


Figura 5.10: efeito da interação entre agregado/cimento e idade sobre o PEL

A Figura 5.10, juntamente com os resultados do teste de comparação múltipla de médias, indicam que os materiais constituídos de uma relação agregado/cimento igual a 1 não apresentam ganhos de PEL ao longo das idades em análise. Por outro lado, para os materiais que possuem uma maior proporção de agregado, o PEL só se estabiliza depois dos 42 dias, apresentando um ganho significativo de resistência entre os 28 e os 42 dias depois da moldagem.

Esta alteração do comportamento do PEL ao longo da idade para materiais com diferentes relações agregado/cimento possivelmente está relacionada com as mudanças existentes na evolução da resistência da matriz cimentícia. Da literatura sobre o assunto (MEHTA e MONTEIRO, 1994; NEVILLE, 1997; entre outros), é sabido que os materiais cimentícios com maiores teores de cimento apresentam ganhos de resistência mais acelerados que os demais, devido ao maior calor de hidratação. Sendo assim, os resultados encontrados estão coerentes com a bibliografia.

A Figura 5.11 mostra a interação entre a relação agregado/cimento e o tipo de aglomerante sobre o PEL, que, conforme a análise estatística, se mostrou significativa.

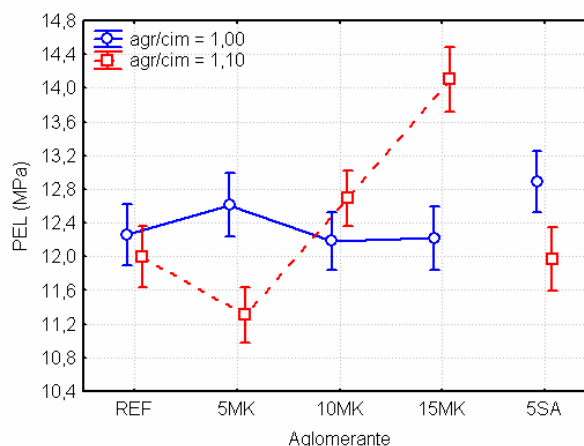


Figura 5.11: efeito da interação entre agregado/cimento e tipo de aglomerante sobre o PEL

A Figura 5.11, juntamente com os resultados apresentados do teste de comparação múltipla de médias, indica que, enquanto os materiais constituídos por diferentes aglomerantes e que possuem mesma proporção de agregado e cimento não apresentam diferenças estatisticamente significativas de PEL entre si, os materiais com maior proporção de agregado apresentam ganhos significativos de resistência, à medida que se aumenta o teor de adição pozolânica.

No caso dos materiais confeccionados com aglomerantes com adições de 15% de metacaulim e relação agregado/cimento igual a 1,10, o PEL é significativamente superior ao de todos os outros materiais, incluindo os com proporções iguais de agregado e cimento.

Tais fatos provavelmente decorrem dos efeitos das reações pozolânicas serem mais importantes nos materiais que apresentam maior porosidade (MEHTA e MONTEIRO, 1994; ; DAL MOLIN, 1995; SOUZA, 2003). No caso em estudo, os materiais constituídos de uma matriz com maior quantidade de agregado (relação agregado/cimento igual a 1,10) apresentam uma maior zona de transição, fazendo com que se obtenha uma maior eficiência das adições. No caso do material com 15% de metacaulim, a maior quantidade de material pozolânico faz com que o efeito de refinamento do tamanho dos poros promovida pelas reações pozolânicas seja ainda mais significativo do que o verificado nos outros materiais.

5.2.5 Influência do Tamanho das Fibras no PEL

Tanto o efeito isolado como o da interação entre o tamanho das fibras e o ataque sobre o PEL se mostraram estatisticamente significativos, sendo o último ilustrado na Figura 5.12.

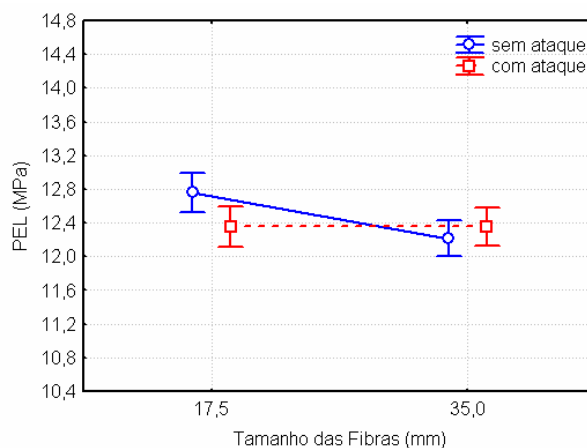


Figura 5.12: efeito da interação entre tamanho das fibras e ataque sobre o PEL

Conforme indicado na Figura 5.12, no caso dos materiais que não sofreram o processo de ataque, o limite de proporcionalidade do GRC produzido com fibras de 35,0 mm (longas) é menor do que o dos materiais confeccionados com fibras mais curtas (17,5 mm).

Estes resultados são consistentes com os obtidos por Ali et al. (1975). Utilizando um método de produção similar ao utilizado neste trabalho (projetado-drenado), e diferentes proporções de agregado com relação à quantidade total de cimento, os autores verificam que a utilização de fibras mais longas (30 e 40 mm) provoca decréscimo do PEL dos GRCs. Esta limitação imposta pelo sistema de produção é justificada pelo aumento do ar aprisionado de ar que ocorre quando se trabalha com fibras maiores, devido à dificuldade de adensamento do material (não se consegue envolver completamente as fibras com a matriz cimentícia). No entanto, estes resultados divergem dos princípios da Mecânica dos materiais cimentícios reforçados com fibras. Segundo esta, o tamanho da fibra é diretamente proporcional aos fatores de eficiência do reforço, mesmo no estágio de pré-fissuração da matriz (intervalo tal que é limitado pelo PEL) (BENTUR e MINDESS, 1990). Esta contradição ocorre devido ao fato destas aproximações não considerarem as limitações impostas pelos sistemas de produção (aumento da dificuldade de adensamento do GRC e, conseqüentemente, da porosidade, ao serem utilizadas fibras mais longas).

A partir da Figura 5.12 e dos resultados apresentados do teste de comparação múltipla de médias, também é possível concluir que, enquanto no caso dos materiais confeccionados com fibras longas o processo de envelhecimento acelerado não causa mudanças significativas no PEL, quando utiliza-se fibras curtas o ataque provoca um decréscimo estatisticamente significativo na propriedade em análise.

O decréscimo do PEL dos materiais produzidos com fibras curtas que passam pelo processo de envelhecimento acelerado pode ser justificado pela perda do efeito destas fibras curtas no

estágio de pré-fissuração da matriz, apresentado pela literatura mais recente (BETTERMAN et al., 1995; NELSON et al., 2002), devido ao ataque. Estes trabalhos citam que as fibras curtas começam a atuar em estágios de tensões inferiores ao das fibras longas. Estes trabalhos afirmam que tais fibras são mais eficientes no processo de supressão da fissuração, diminuindo o nível da concentração de tensões nas extremidades das microfissuras.

Uma vez que os materiais com fibras longas já não exerciam influência neste estágio do carregamento, não há nenhuma mudança de comportamento para o caso dos materiais que sofreram o ataque. Sendo assim, o PEL dos materiais produzidos com fibras longas (com e sem ataque) e dos materiais produzidos com fibras curtas que sofrem o ataque depende majoritariamente das propriedades da matriz.

A Figura 5.13 ilustra a interação de primeira ordem, estatisticamente significativa, entre o tamanho das fibras e o tipo de aglomerante sobre o PEL.

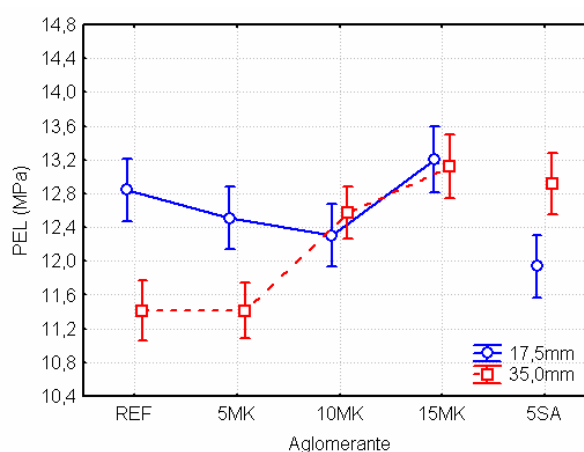


Figura 5.13: efeito da interação entre tamanho das fibras e tipo de aglomerante sobre o PEL

A Figura 5.13 indica que os maiores valores de PEL são alcançados para os GRCs com 15% de metacaulim, independentemente do tamanho de fibra utilizado. A outra solução que também encontra-se no mais alto patamar de PEL é a com 5% de sílica ativa, quando são utilizadas fibras longas.

Ademais, enquanto para os compósitos confeccionados com fibras longas há uma tendência de aumento do PEL com o aumento do teor de metacaulim, os fabricados com fibras mais curtas não apresentam a mesma tendência. Este comportamento pode ser explicado pelo efeito de preenchimento de vazios oriundo das reações pozolânicas, o qual é mais significativo em materiais mais porosos, no caso, nos GRCs confeccionados com fibras mais longas.

O efeito da interação entre o tamanho das fibras, o tipo de aglomerante e o fator agregado/cimento sobre o PEL se mostrou significativo e é apresentado na Figura 5.14.

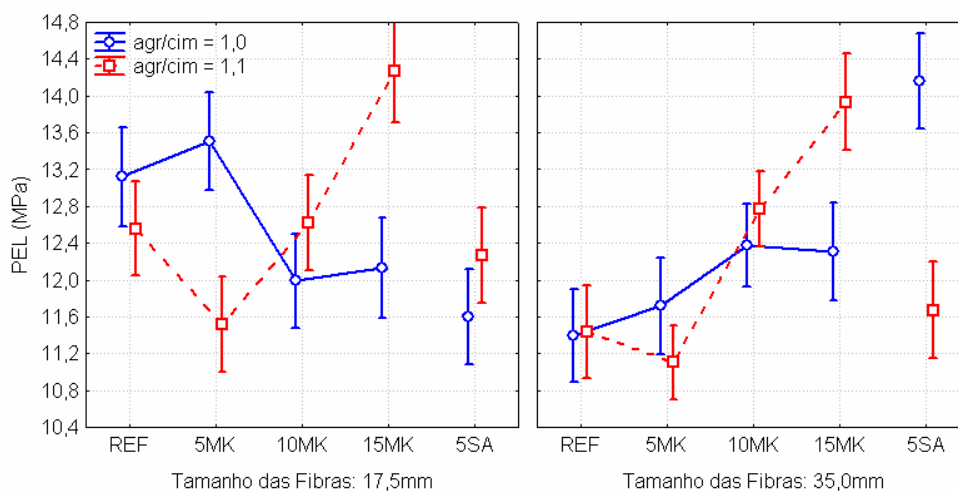


Figura 5.14: efeito da interação entre tamanho das fibras, tipo de aglomerante e agregado/cimento sobre o PEL

Conforme mostrado na Figura 5.14, e confirmado pelos testes de comparação múltipla de médias, somente para os GRCs com maior relação agregado/cimento é que o aumento da quantidade de metacaulim adicionado à matriz provoca aumento do PEL do compósito. No caso dos materiais produzidos com fibras longas este crescimento é mais intenso quando se utiliza uma matriz com menor consumo de cimento. Já para os materiais com fibras curtas, os resultados indicam que enquanto para a matriz com menos cimento ainda é verificada uma tendência de crescimento conjunto com o aumento do teor de adição, para o material com matriz mais rica em cimento, esta relação se inverte.

Este comportamento provavelmente está relacionado ao fato de que na matriz com maior quantidade de agregado (relação agregado/cimento igual a 1,10) há uma maior quantidade de zonas de transição, fazendo com que o efeito de preenchimento de vazios das adições pozolânicas seja mais eficiente para estas matrizes (ver Figura 5.3). Já quando se trata do tamanho das fibras, possivelmente o efeito conjunto de maior aprisionamento de ar à matriz devido às dificuldades de adensamento proporcionado pelas fibras mais longas, assim como a provável existência de uma relação direta entre a espessura da zona de transição e o comprimento das fibras, faz com que o efeito das adições pozolânicas seja mais eficiente quanto maior o tamanho das fibras utilizadas.

5.3 MÓDULO DE RUPTURA (MOR)

Os valores médios do MOR e seus coeficientes de variação estão resumidos na Tabela 5.7.

Tabela 5.7: valores médios do MOR e seus coeficientes de variação

Ataque	Idade (dias)	agr/cim	Tamanho da Fibra	Médias do Módulo de Ruptura (MOR), em MPa e coeficiente de variação (CV), em %									
				REF		5MK		10MK		15MK		5SA	
				MOR	CV	MOR	CV	MOR	CV	MOR	CV	MOR	CV
sem ataque	28	1,0	curta	20,9	14,2	21,2	5,6	25,2	6,0	17,8	15,3	20,6	20,2
			longa	21,7	19,7	18,8	14,1	29,1	14,2	24,3	22,2	25,1	14,2
		1,1	curta	18,4	18,0	19,6	10,2	20,3	18,0	26,8	0,4	18,9	19,3
			longa	21,3	14,5	20,2	23,7	25,4	19,6	25,0	36,1	21,2	14,9
	42	1,0	curta	19,1	12,2	19,9	6,0	20,3	13,1	20,5	35,2	21,3	8,3
			longa	21,0	19,0	21,2	19,2	28,1	1,8	20,6	38,0	30,0	12,7
		1,1	curta	20,6	4,7	15,6	20,2	25,3	6,1	23,7	9,3	20,6	6,2
			longa	21,7	25,5	18,5	33,1	22,3	9,2	24,7	47,7	28,9	28,0
	49	1,0	curta	17,6	32,2	20,5	20,1	23,7	4,1	21,8	16,6	23,6	15,3
			longa	24,6	4,5	24,5	29,8	26,1	11,7	23,7	25,1	27,9	26,9
		1,1	curta	18,5	19,5	18,5	12,2	18,3	12,1	25,8	14,3	23,8	6,8
			longa	18,8	13,7	21,7	35,6	25,3	21,4	19,7	29,6	23,5	20,3
	56	1,0	curta	16,1	17,3	19,2	8,2	17,9	10,1	19,9	24,2	19,4	17,7
			longa	18,5	19,8	21,1	10,6	19,5	25,4	28,4	35,5	22,0	13,4
		1,1	curta	16,8	4,1	21,4	3,3	17,7	16,7	27,7	4,9	20,4	14,7
			longa	17,4	11,5	19,1	20,5	20,7	8,6	18,8	38,3	20,8	27,3
com ataque	42	1,0	curta	13,5	7,7	15,7	7,3	14,9	7,5	13,4	14,8	15,4	17,5
			longa	13,2	13,9	14,3	7,4	13,9	5,3	17,9	14,9	17,5	16,4
		1,1	curta	13,0	12,2	13,6	10,5	14,7	8,2	16,8	15,4	16,9	14,6
			longa	18,8	18,1	13,7	7,3	16,6	19,1	20,6	30,6	16,3	16,7
	49	1,0	curta	13,7	14,5	13,8	15,8	13,2	8,3	19,0	16,8	14,7	5,4
			longa	15,3	13,8	12,7	26,2	13,6	3,9	13,8	17,0	18,1	14,7
		1,1	curta	14,0	11,9	13,4	7,9	11,8	6,2	16,9	9,3	17,3	18,7
			longa	16,1	9,4	13,4	12,8	13,3	7,6	15,4	6,8	13,4	26,5
	56	1,0	curta	13,4	16,1	13,4	10,6	14,5	5,9	16,1	25,8	14,4	20,7
			longa	16,7	18,2	14,1	23,7	13,7	9,3	13,9	18,6	19,3	26,5
		1,1	curta	14,1	3,8	12,3	7,7	15,2	14,7	17,6	4,3	15,4	3,5
			longa	16,8	11,1	13,3	7,0	15,1	10,3	16,5	16,8	15,0	16,7

Os valores da Tabela 5.7 mostram que os coeficientes de variação do Módulo de Ruptura das amostras (valor médio do CV igual a 15,5 %) foi mais elevado que os encontrados para o PEL (valor médio do CV igual a 10,7 %). Isto decorre do fato do MOR ser mais dependente do reforço do que o PEL. Sendo assim, o MOR depende de parâmetros como orientação e volume de fibras, os quais variam muito mesmo em uma única placa de GRC.

A Tabela 5.8 apresenta o resultado da ANOVA do MOR para o experimento realizado (os efeitos significativos estão destacados e com um asterisco ao lado do nível de significância).

Tabela 5.8: resumo da ANOVA do MOR

Efeito	Somas dos Quadrados	Graus de Liberdade	Média dos Quadrados	F	Nível de Significância
Ataque (At)	3985,3	1	3985,3	284,58	0,0000*
Idade (Id)	1971,4	3	657,1	46,92	0,0000*
Aglomerante (Ag)	1000,7	4	250,2	17,86	0,0000*
Agregado/Cimento (Ac)	18,0	1	18,0	1,28	0,2580
Tamanho da Fibra (Tf)	430,5	1	430,5	30,74	0,0000*
At x Id	1461,0	3	487,0	34,78	0,0000*
At x Ag	141,5	4	35,4	2,53	0,0399*
Id x Ag	552,7	12	46,1	3,29	0,0001*
At x Ac	26,1	1	26,1	1,86	0,1728
Id x Ac	72,8	3	24,3	1,73	0,1592
Ag x Ac	275,3	4	68,8	4,91	0,0007*
At x Tf	48,4	1	48,4	3,46	0,0635
Id x Tf	69,8	3	23,3	1,66	0,1745
Ag x Tf	182,8	4	45,7	3,26	0,0117*
Ac x Tf	78,2	1	78,2	5,58	0,0185*
At x Id x Ag	320,3	12	26,7	1,91	0,0312*
At x Id x Ac	19,1	3	6,4	0,46	0,7133
At x Ag x Ac	6,6	4	1,6	0,12	0,9762
Id x Ag x Ac	316,3	12	26,4	1,88	0,0339*
At x Id x Tf	46,7	3	15,6	1,11	0,3441
At x Ag x Tf	50,4	4	12,6	0,90	0,4639
Id x Ag x Tf	248,9	12	20,7	1,48	0,1267
At x Ac x Tf	70,5	1	70,5	5,03	0,0253*
Id x Ac x Tf	39,1	3	13,0	0,93	0,4260
Ag x Ac x Tf	193,3	4	48,3	3,45	0,0085*
At x Id x Ag x Ac	39,9	12	3,3	0,24	0,9964
At x Id x Ag x Tf	136,3	12	11,4	0,81	0,6391
At x Id x Ac x Tf	26,3	3	8,8	0,63	0,5990
At x Ag x Ac x Tf	87,7	4	21,9	1,57	0,1820
Id x Ag x Ac x Tf	226,2	12	18,9	1,35	0,1883
At x Id x Ag x Ac x Tf	248,8	12	20,7	1,48	0,1270
Erro	7702,2	550	14,0		

F – distribuição de Fischer

* – efeito significativo

5.3.1 Influência do Processo de Envelhecimento Acelerado no MOR

A ANOVA do MOR realizada permitiu concluir que, de forma geral, o efeito isolado do processo de envelhecimento acelerado sobre a propriedade em estudo é significativo. A Figura 5.15 ilustra esta relação.

A partir da Figura 5.15 é possível concluir que, em geral, o ataque provoca uma queda acentuada no Módulo de Ruptura do GRC. Os resultados dos ‘Teste F’ apresentados na Tabela 5.8 mostram que o efeito do ataque é, dentre os das variáveis em estudo, o mais forte. Considerando-se os valores médios, a queda do MOR, para os tempos de ataque estudados, foi de 23%.

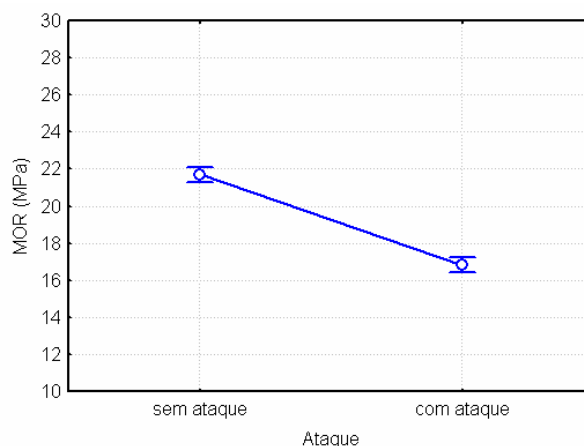


Figura 5.15: efeito isolado do ataque sobre o MOR

O resultado encontrado está de acordo com muitos outros trabalhos apresentados na literatura sobre o assunto (MAJUMDAR et al., 1980; BIJEN, 1983; SHAH et al., 1988; BENTUR e MINDESS, 1990; MAJUMDAR e LAWS, 1991; PARADELA e DEL AGUILA, 1992; KOMLOS et al., 1994; ACI COMMITTEE 544, 1996; MARIKUNTE et al., 1997; CUYPERS et al., 2006). No entanto, não há um consenso ao explicar os motivos que levam a estas perdas de MOR provocadas pelo ataque, como discutido no capítulo 3.

5.3.2 Influência da Idade no MOR

Na Figura 5.16 é ilustrado o efeito da interação, estatisticamente significativa, entre a idade e a presença de ataque sobre o MOR.

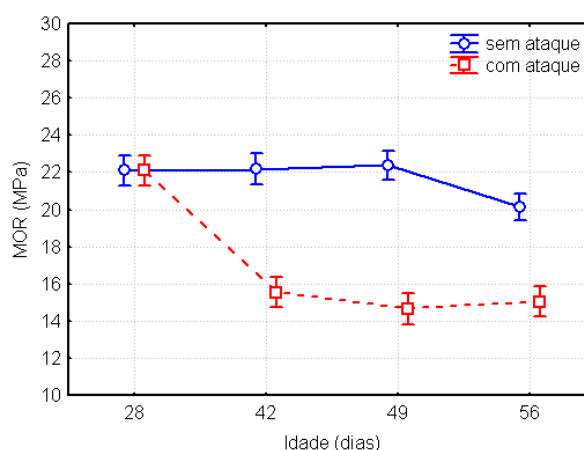


Figura 5.16: efeito da interação entre a idade e presença de ataque sobre o MOR

É importante perceber que no caso da situação com ataque, a idade está relacionada ao tempo de ataque, ou seja, o tempo que os corpos-de-prova estiveram submersos em água a 50°C. O ataque iniciou aos 28 dias depois da moldagem para todos os corpos-de-prova que passaram

pelo processo de envelhecimento acelerado. Dessa forma, os corpos-de-prova com ataque ensaiados com 42, 49 e 56 dias de idade passaram, respectivamente, 14, 21 e 28 dias imersos em água quente.

Os dados do teste de comparação múltipla de médias, juntamente com a Figura 5.16, permitem concluir que os corpos-de-prova que passaram pelo processo de cura imersa em água a 20°C não apresentaram diferenças significativas de MOR entre os 28 e os 49 dias de idade. No entanto, entre os 49 dias e os 56 dias houve um decréscimo significativo desta propriedade. Por outro lado, os corpos-de-prova que sofreram o ataque apresentaram uma queda brusca no MOR nos primeiros 14 dias de imersão em água a 50°C (em média, a queda de MOR foi de 33%), não apresentando mudanças significativas nos valores desta propriedade para tempos maiores de ataque.

A queda de resistência verificada para os corpos-de-prova sob cura imersa em água a 20°C entre os 49 e os 56 dias de idade está em concordância com os dados de West e Majumdar (1982) e com os obtidos no BRE, apresentados por Majumdar e Laws (1991), que verificaram decréscimos na resistência das fibras de vidro retiradas do material cimentício antes dos 6 meses depois de imersos em água.

Se for considerada a relação de 1 dia imerso em água a 50°C corresponder a 101 dias em uma região com temperatura média anual semelhante à da Grã-Bretanha (LITHERLAND et al., 1981), os corpos-de-prova com ataque, ensaiados aos 42 dias (14 dias de ataque), têm MOR correspondente ao de um material com 3,9 anos neste mesmo ambiente. Sendo assim, no caso dos materiais submetidos ao ataque, os resultados mostrados na Figura 5.16 estão coerentes com os dados obtidos no BRE, apresentados por Majumdar e Laws (1991), os quais perceberam uma tendência da estabilização da resistência das fibras de vidro que foram mantidas imersas em contato com uma matriz cimentícia depois de 3 anos de envelhecimento natural.

Os efeitos significativos das interações entre a idade e as demais variáveis sobre o MOR serão discutidos nos itens subseqüentes.

5.3.3 Influência do Tipo de Aglomerante no MOR

A partir da ANOVA realizada é possível concluir que o efeito da interação entre o tipo de aglomerante e a presença de ataque sobre o Módulo de Ruptura é estatisticamente significativo. A Figura 5.17 ilustra o efeito desta interação sobre o MOR.

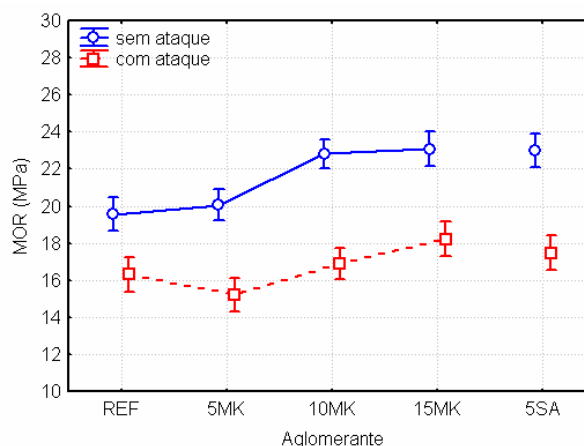


Figura 5.17: efeito da interação entre aglomerante e presença de ataque sobre o MOR

A Figura 5.17, juntamente com os resultados do teste de comparação múltipla de médias, indicam que, para a situação sem ataque, enquanto os materiais sem adição (REF) e com adição de 5% de metacaulim (5MK) não apresentam diferença significativa de MOR entre si, os demais materiais (10MK, 15MK e 5SA) encontram-se em outro patamar de resistência, em média, 17% superior.

Com relação à situação com ataque, as misturas com 15% de metacaulim e 5% de sílica ativa mantêm um MOR significativamente superior ao material sem adição, apesar de que as quedas percentuais de MOR não apresentaram diferenças significativas para os GRCs confeccionados com diferentes tipos de aglomerante.

Estes dados divergem dos resultados encontrados por Marikunte et al. (1997). Os autores analisaram o MOR de GRCs moldados com o mesmo processo de produção utilizado neste trabalho (projeção manual) e sob o mesmo tipo de ataque (imersão em água quente a 50°C por 28 dias), no entanto, com adição de polímero à matriz, e com 25% de adições pozolânicas (sílica ativa e metacaulim). Os resultados mostraram uma maior capacidade de retenção do MOR depois do ataque para os GRCs produzidos com adição de metacaulim com relação aos produzidos com sílica ativa.

Por outro lado, os resultados encontrados neste trabalho são coerentes com os do estudo realizado por Madej (1992). O autor compara, através de análises térmicas diferenciais (ATD) e termogravimétricas (ATG), a quantidade de hidróxido de cálcio livre em argamassas para GRC compostas com adições de diferentes materiais pozolânicos (cinza volante, sílica ativa, metacaulim, dentre outros). Os resultados destas análises mostraram que a argamassa com adição de sílica ativa é a que apresenta a maior capacidade de redução da quantidade de hidróxido de cálcio livre na argamassa.

O efeito da interação entre o tipo de aglomerante, a presença de ataque e a idade sobre o Módulo de Ruptura se mostrou estatisticamente significativo e é ilustrado na Figura 5.18.

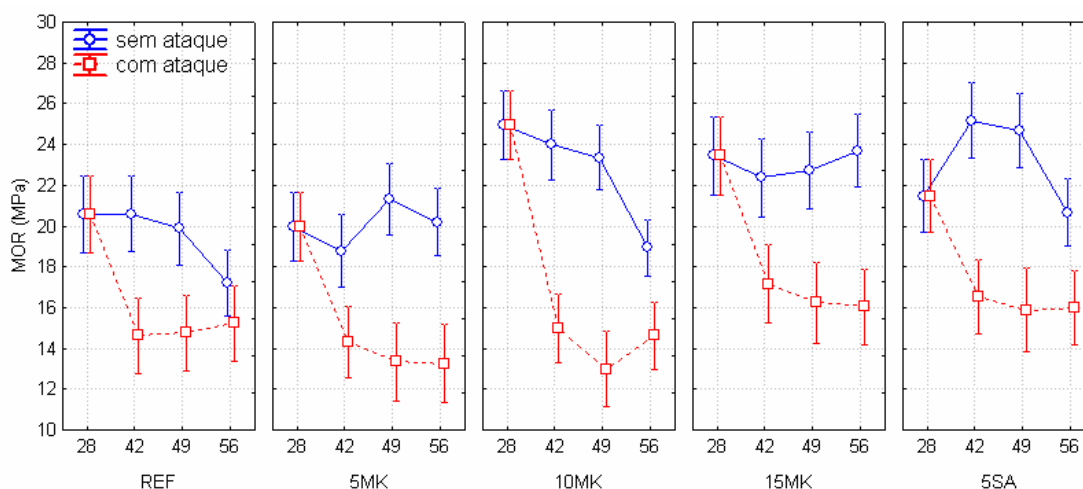


Figura 5.18: efeito da interação entre aglomerante, presença de ataque e idade sobre o MOR

A Figura 5.18, juntamente com o teste de comparação múltipla de médias, mostra que, para a situação sem ataque, a queda de resistência aos 56 dias só é significativa para os materiais sem adição (REF), com 10% de metacaulim (10MK) e com 5% de sílica ativa (5SA). Todavia, não foi encontrada uma explicação lógica para tal comportamento.

Ademais, a Figura 5.18 indica que, para a situação com ataque, há uma queda de resistência dos 28 aos 42 dias, com tendência de estabilização ao longo da idade para todos os materiais. Para as situações com 15% de metacaulim e 5% de sílica ativa, o MOR se estabiliza a um nível mais alto do que o verificado para os demais materiais. Enquanto para as situações 15MK e 5SA o MOR, em média, é de, respectivamente, 14,6 MPa e 14,2 MPa, para as situações REF, 5MK e 10MK estes valores são de 13,0 MPa, 11,8 MPa e 12,5 MPa, na mesma ordem. Possivelmente este fato esteja relacionado à maior eficiência das misturas com maior teor de metacaulim e com sílica ativa no consumo do hidróxido de cálcio da matriz.

Estes resultados indicam que, o tempo de ataque em água a 50°C de 14 dias é suficiente para prever a queda de MOR dos GRCs. Sendo assim, o valor do MOR após este tempo de ataque poderia ser utilizado para o dimensionamento das peças.

5.3.4 Influência da Relação Agregado/Cimento no MOR

A ANOVA realizada indica que o efeito isolado da relação agregado/cimento sobre o MOR não é estatisticamente significativo. Este resultado já era esperado uma vez que o MOR é majoritariamente dependente das propriedades do reforço. Além disto, este resultado mostra

que, nos níveis estudados, a relação agregado/cimento parece não influenciar na interação fibra-matriz a ponto de interferir no MOR do GRC.

A Figura 5.19 ilustra o efeito da interação entre o agregado/cimento e o tipo de aglomerante sobre o módulo de ruptura, o qual foi significativo.

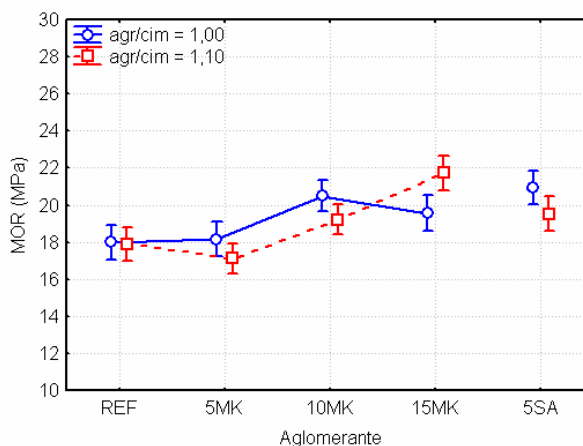


Figura 5.19: efeito da interação entre agregado/cimento e aglomerante sobre o MOR

Os resultados apresentados na Figura 5.19 indicam que, em geral, a diferença entre as duas relações agregado/cimento estudadas não provocam mudanças significativas entre os módulos de ruptura dos materiais. A única exceção é o caso dos materiais produzidos com adição de 15% de metacaulim, onde a matriz com maior teor de cimento apresentou um valor significativamente menor. Porém, não foi encontrada uma explicação lógica para tal comportamento observado.

O efeito da interação entre a relação agregado/cimento, tipo de aglomerante e idade sobre o MOR é estatisticamente significativo e é ilustrado na Figura 5.20.

A Figura 5.20 mostra, juntamente com o resultado do teste de comparação múltipla de médias, que para a idade de 28 dias, enquanto para o material com agregado/cimento igual a 1,00 o maior MOR é alcançado utilizando-se um aglomerante com adição de 10% de metacaulim (10MK), para um agregado/cimento igual a 1,10 a maior resistência é a do GRC com 15% de metacaulim (15MK). Este comportamento pode ser explicado pelo fato dos materiais com maior relação agregado/cimento apresentarem maior quantidade de zonas de transição para serem preenchidas pelos produtos oriundos da reação pozolânica do metacaulim.

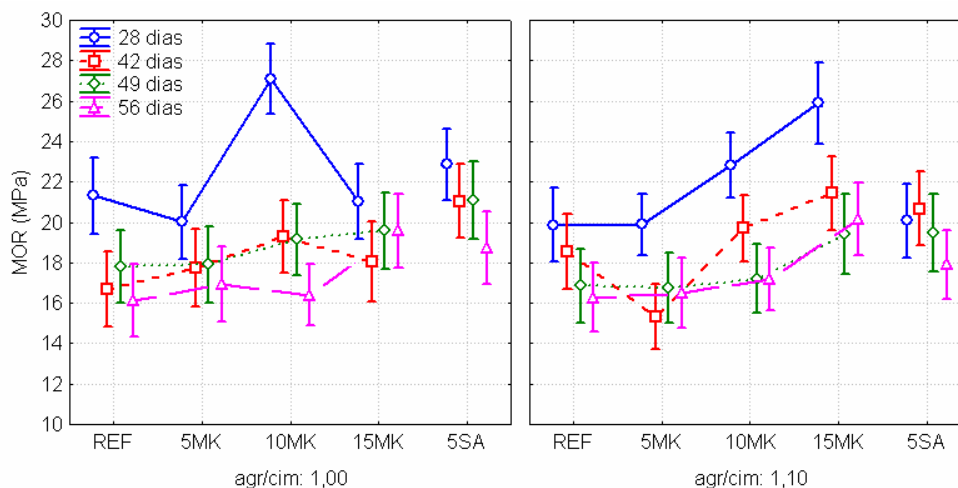


Figura 5.20: efeito da interação entre aglomerante, agregado/cimento e idade sobre o MOR

5.3.5 Influência do Tamanho das Fibras no MOR

O efeito isolado do tamanho da fibra sobre o MOR, o qual é estatisticamente significativo, é apresentado na Figura 5.21.

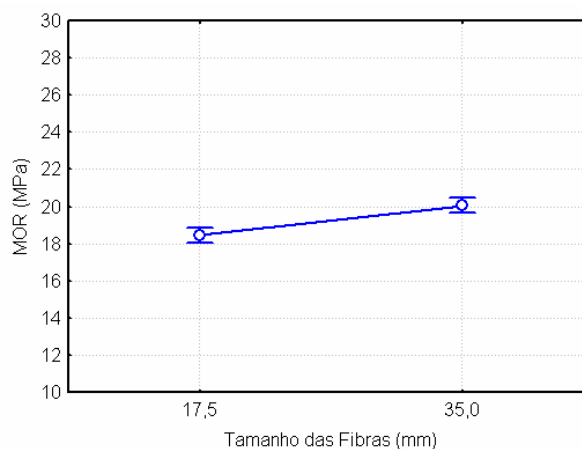


Figura 5.21: efeito isolado do tamanho das fibras sobre o MOR

A Figura 5.21 indica que os GRCs produzidos com fibras de 35 mm (longa) possuem MOR, em média, 9% maiores do que os obtidos com fibras de 17,5 mm (curta).

Este resultado está coerente com a Mecânica dos materiais cimentícios reforçados com fibras (BENTUR e MINDESS, 1990). Esta considera que o aumento do tamanho da fibra provoca um respectivo aumento do MOR (elevação da eficiência), além de uma mudança no modo de fratura do material. Segundo os autores, isto ocorre devido ao fato de somente a partir de um determinado comprimento de fibra que as tensões nas fibras atingem as suas tensões últimas, utilizando assim a maior parte do potencial do reforço. No caso das fibras com comprimentos

inferiores a este limite, as fibras são arrancadas da matriz (*pull-out*) antes que as fibras atinjam as suas resistências últimas, devido à baixa aderência entre as fibras e a matriz.

O efeito da interação de primeira ordem entre aglomerante e tamanho da fibra sobre o MOR foi estatisticamente significativo e é ilustrado na Figura 5.22.

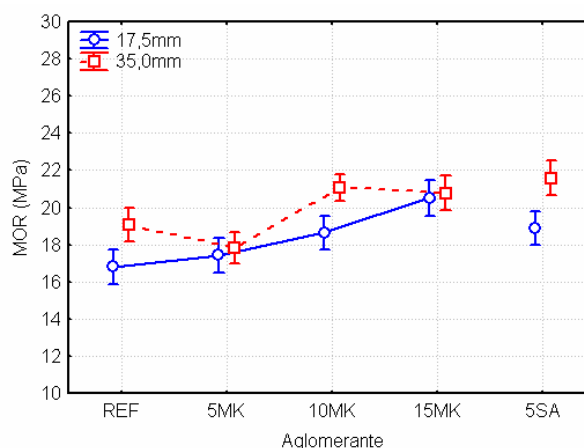


Figura 5.22: efeito da interação entre tamanho das fibras e aglomerante sobre o MOR

A Figura 5.22, juntamente com o resultado do teste de comparação múltipla de médias, mostra que só não é verificada uma diferença significativa entre os materiais com diferentes comprimentos de fibra para as matrizes com adições de 5% e 15% de metacaulim, não sendo encontrada explicação lógica para tal comportamento.

Ademais, no caso dos materiais com fibras curtas, verifica-se uma tendência de aumento do MOR com a elevação do teor de metacaulim, sendo o GRC com 15% de metacaulim o que apresenta maior MOR. Este aumento da resistência última do compósito provavelmente ocorre devido ao aumento da aderência das fibras à matriz cimentícia, fazendo com que níveis de tensões nas fibras mais próximos das suas resistências sejam alcançados antes que ocorram os arrancamentos (*pull-out*) das mesmas.

Ainda para os GRCs produzidos com fibras curtas, os materiais com adição de 5% de sílica ativa apresentam MOR superiores aos GRCs sem adição e com adição de 5% de metacaulim. Isto deve ocorrer devido ao fato da sílica ativa proporcionar uma maior resistência de aderência.

Enquanto para os compósitos produzidos com fibras curtas verifica-se uma tendência de crescimento do MOR com o aumento do teor de metacaulim, para os com fibras longas há dois patamares de resistência. O primeiro engloba os materiais sem adição e com adição de 5% de metacaulim. O segundo, com MOR mais elevado, engloba os materiais com 10% e

15% de metacaulim e com 5% de sílica ativa. Uma provável explicação está no aumento da aderência fibra-matriz proporcionado pela adição pozolânica, que atua modificando a forma de falha das fibras do compósito, fazendo com que estas deixem de falhar por deslizamento e passem a atingir níveis de tensões mais próximos das suas resistências (podendo estas chegar a falhar por ruptura das fibras). Este efeito só é verificado nos GRCs confeccionados com fibras curtas pelo fato destas, aparentemente, possuírem comprimentos inferiores ao comprimento crítico.

A Figura 5.22, juntamente com os testes de comparação múltipla de médias, ainda mostra que, devido a este efeito de aumento de aderência, somente para a situação com 15% de metacaulim o MOR dos GRCs produzidos com fibras curtas alcança o patamar mais alto dos produzidos com fibras longas.

A Figura 5.23 apresenta o efeito da interação entre o ataque, a relação agregado/cimento e o tamanho das fibras sobre o MOR dos GRCs.

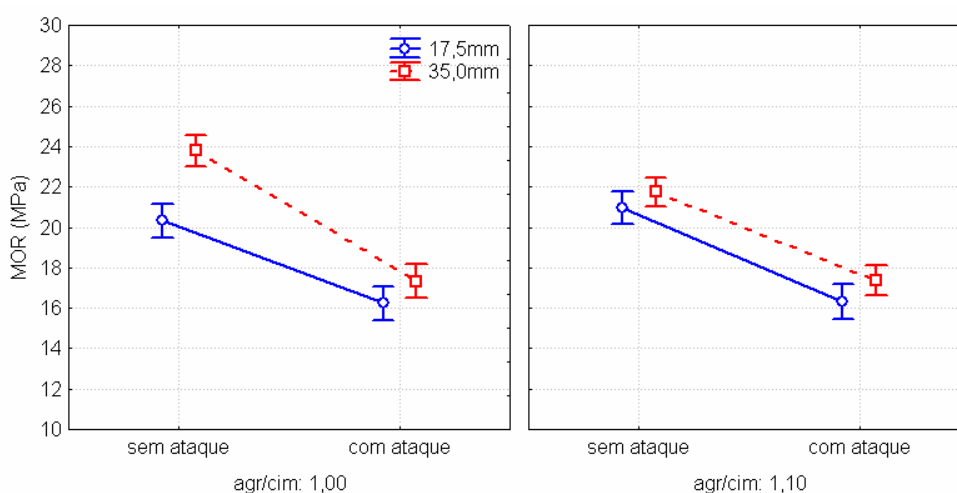


Figura 5.23: efeito da interação do tamanho das fibras, presença de ataque e agregado/cimento sobre o MOR

Esta indica que as maiores quedas de MOR devido ao ataque ocorrem para o caso dos GRCs confeccionados com fibras longas e relação agregado/cimento iguais a 1,00. Os demais casos mostrados nesta figura apresentam retas praticamente paralelas, o que indica que as perdas de MOR destes materiais podem ser consideradas iguais. Um provável motivo para este comportamento é que estes GRCs são os que apresentam maiores absorções de água e porosidade aparente (ver Figuras 5.2 e 5.4)

Majumdar et al. (1980) analisaram o efeito do tamanho das fibras (10, 20, 30 e 40 mm) sobre o MOR de GRCs produzidos através de outro processo de produção (projetado-drenado) e observaram que, assim como ocorreu nos resultados deste trabalho, há uma tendência de

diminuição da significância do efeito do tamanho das fibras sobre o MOR quando os materiais são submetidos ao ataque.

A Figura 5.24, juntamente com os testes de comparação múltipla de médias, apresenta o efeito estatisticamente significativo da interação entre tipo de aglomerante, relação agregado/cimento e tamanho das fibras sobre o MOR dos GRCs.

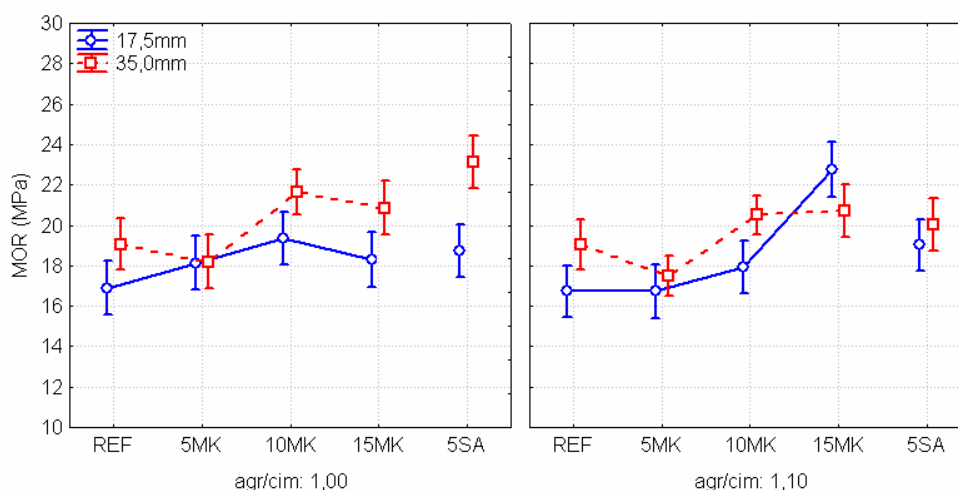


Figura 5.24: efeito da interação do tamanho das fibras, tipo de aglomerante e agregado/cimento sobre o MOR

A Figura 5.24, juntamente com os testes de comparação múltipla de médias, mostra que, em geral, os materiais confeccionados com fibras longas apresentam módulo de ruptura significativamente maior do que os que utilizam fibras curtas, com exceção dos produzidos com adição de 5% de metacaulim e com relação agregado/cimento igual a 1,10 e adições de 15% de metacaulim e 5% de sílica ativa. Também indicam que, para o caso das fibras curtas, a tendência de aumento do MOR com a elevação do teor de metacaulim ocorre para os teores mais baixos no caso dos GRCs com mais cimento ($\text{agr/cim} = 1,00$) e para teores mais elevados de adição no caso dos compósitos com agregado/cimento iguais a 1,10. Este comportamento pode ser explicado pelo fato de que a contribuição da adição de metacaulim no fechamento da porosidade é mais eficaz nas matrizes com menor teor de cimento (ver Figura 5.3).

5.4 TENACIDADE

Neste item são apresentados os resultados do programa experimental realizado correspondentes aos índices de tenacidade I5, I10 e I30 dos GRCs. Os valores médios destes e seus coeficientes de variação estão resumidos nas Tabelas 5.9 a 5.11.

Tabela 5.9: valores médios do I5 e seus coeficientes de variação

Ataque	Idade (dias)	agr/cim	Tamanho das Fibras	Médias do Índice de Tenacidade I5 e coeficiente de variação (CV), em %									
				REF		5MK		10MK		15MK		5SA	
				I5	CV	I5	CV	I5	CV	I5	CV	I5	CV
sem ataque	28	1,0	curta	4,6	3,5	4,8	5,4	5,2	8,7	5,2	6,4	4,7	7,9
			longa	4,9	0,5	4,8	4,7	5,1	1,6	4,7	13,0	5,0	2,4
		1,1	curta	4,5	10,7	5,1	8,2	5,3	6,7	5,4	4,2	5,0	6,5
			longa	5,2	4,2	4,9	5,9	4,9	6,8	5,0	7,2	5,0	5,0
	42	1,0	curta	4,8	1,9	5,1	3,1	5,1	8,1	4,9	7,9	4,6	18,4
			longa	4,7	12,0	5,0	7,3	5,0	0,9	4,8	1,8	4,9	6,9
		1,1	curta	5,0	5,4	4,7	9,8	5,0	5,7	5,0	2,7	4,7	5,6
			longa	4,8	7,8	4,9	4,1	4,8	3,9	5,0	5,3	5,1	6,4
	49	1,0	curta	4,5	5,5	4,9	1,4	5,3	4,2	5,1	2,4	5,4	2,6
			longa	5,0	5,5	5,3	5,9	5,0	0,5	4,8	5,5	5,1	4,5
		1,1	curta	4,9	15,0	4,8	4,8	5,0	4,4	5,2	0,9	4,9	4,6
			longa	5,0	5,6	5,0	9,9	5,1	4,2	4,6	6,8	5,2	5,5
	56	1,0	curta	4,5	3,0	5,0	2,0	5,1	4,2	4,9	4,7	5,2	5,6
			longa	4,6	2,1	5,5	2,5	5,0	4,3	5,2	3,6	4,9	4,1
		1,1	curta	5,0	1,6	4,9	1,1	4,8	3,4	5,2	4,9	5,5	0,6
			longa	4,8	1,5	5,0	0,7	5,2	1,5	4,8	7,2	5,0	6,8
com ataque	42	1,0	curta	4,5	16,7	4,4	13,9	5,2	7,6	4,9	6,1	5,4	2,8
			longa	4,9	7,6	5,0	9,6	4,7	15,6	4,9	4,8	5,0	4,5
		1,1	curta	4,6	5,7	5,0	2,7	4,6	10,3	5,1	12,7	5,2	5,2
			longa	4,9	8,1	5,0	5,4	5,2	4,2	4,9	4,0	4,9	4,9
	49	1,0	curta	4,5	13,7	4,3	12,5	4,9	5,1	4,9	16,7	5,0	7,7
			longa	4,8	20,8	4,5	8,0	4,7	4,9	4,8	9,5	4,9	18,1
		1,1	curta	5,2	5,1	5,2	3,5	4,3	16,5	4,7	15,4	5,5	9,5
			longa	5,3	3,3	5,1	6,1	4,6	11,4	4,6	6,2	5,0	14,4
	56	1,0	curta	4,4	11,9	4,4	13,0	4,6	18,0	5,2	7,4	4,9	15,4
			longa	4,8	9,9	5,3	18,4	4,6	5,9	4,6	10,8	4,5	26,6
		1,1	curta	4,7	14,2	4,8	10,9	4,2	21,9	4,4	10,8	5,0	13,2
			longa	5,0	7,9	5,0	5,8	4,5	16,0	3,8	16,5	5,0	4,7

Tabela 5.10: valores médios do I10 e seus coeficientes de variação

Ataque	Idade (dias)	agr/cim	Tamanho das Fibras	Médias do Índice de Tenacidade I10 e coeficiente de variação (CV), em %									
				REF		5MK		10MK		15MK		5SA	
				I10	CV	I10	CV	I10	CV	I10	CV	I10	CV
sem ataque	28	1,0	curta	9,5	5,0	10,1	5,6	11,6	13,6	11,4	8,6	10,0	10,4
			longa	10,8	3,7	10,2	6,9	11,0	1,3	10,0	16,6	10,9	3,7
		1,1	curta	9,3	13,5	10,7	7,9	11,9	7,7	12,2	4,0	10,7	9,3
			longa	11,7	6,2	10,5	8,5	10,5	9,1	10,7	10,8	11,1	6,7
	42	1,0	curta	10,0	1,3	10,7	3,6	11,1	9,6	10,7	9,6	9,8	23,4
			longa	10,0	15,0	10,8	8,8	11,3	7,5	10,3	3,5	10,8	9,4
		1,1	curta	10,6	6,4	9,9	12,8	11,0	6,6	11,0	3,5	10,0	7,3
			longa	10,3	9,8	10,6	5,5	10,3	3,8	10,9	5,8	11,3	6,8
	49	1,0	curta	9,3	7,2	10,5	1,1	11,7	4,9	11,2	2,5	12,3	3,7
			longa	11,2	4,0	11,5	6,5	11,2	2,4	10,2	8,3	11,3	5,0
		1,1	curta	10,4	19,3	10,1	6,3	10,8	6,2	11,2	0,5	10,6	5,4
			longa	11,1	10,6	10,4	12,4	11,2	5,9	9,8	11,2	11,3	9,0
	56	1,0	curta	9,4	7,8	10,8	2,0	11,1	4,6	10,8	6,7	11,7	4,7
			longa	9,8	2,1	12,8	5,7	10,9	8,5	11,5	1,9	10,8	5,2
		1,1	curta	11,0	1,3	10,5	1,6	10,1	2,3	11,5	1,9	12,1	0,5
			longa	10,2	2,2	11,0	3,6	11,5	1,6	10,3	11,3	10,7	9,6
com ataque	42	1,0	curta	7,8	25,3	7,3	24,0	10,1	12,8	10,4	9,4	10,6	12,1
			longa	10,1	15,4	9,9	20,3	8,2	28,0	10,3	9,8	9,0	17,7
		1,1	curta	7,5	13,1	9,8	4,2	8,2	16,9	9,5	24,9	10,7	11,7
			longa	10,2	9,4	9,9	3,9	9,8	16,1	8,8	20,2	10,3	6,7
	49	1,0	curta	7,3	26,9	7,0	20,9	8,8	4,6	9,4	30,0	9,8	15,3
			longa	9,3	35,9	6,7	35,9	7,1	7,4	9,2	19,6	9,0	29,7
		1,1	curta	10,0	4,6	10,8	6,0	6,8	26,5	7,8	21,6	10,5	26,3
			longa	11,4	6,4	9,2	16,5	6,0	8,0	7,2	3,2	9,3	9,9
	56	1,0	curta	6,4	20,4	6,5	15,9	7,4	22,4	9,6	21,1	8,8	28,0
			longa	8,4	19,8	8,8	24,1	6,3	18,8	7,5	19,3	8,7	41,2
		1,1	curta	7,8	30,2	6,9	29,5	6,7	40,9	8,9	22,0	6,3	19,1
			longa	9,6	13,1	8,9	16,0	6,3	14,5	5,3	17,1	7,7	13,7

Tabela 5.11: valores médios do I30 e seus coeficientes de variação

Ataque	Idade (dias)	agr/cim	Tamanho das Fibras	Médias do Índice de Tenacidade I30 e coeficiente de variação (CV), em %									
				REF		5MK		10MK		15MK		5SA	
				I30	CV	I30	CV	I30	CV	I30	CV	I30	CV
sem ataque	28	1,0	curta	33,2	8,3	35,4	5,0	41,4	17,8	41,5	10,0	35,3	14,8
			longa	38,8	3,9	35,0	15,8	42,1	1,5	37,0	18,8	39,2	10,1
		1,1	curta	31,1	21,9	38,3	9,3	40,0	9,2	45,6	4,7	36,8	12,2
			longa	44,1	7,3	37,2	14,1	41,3	8,7	36,5	31,0	40,7	7,9
	42	1,0	curta	29,5	12,3	32,0	14,2	39,3	10,4	34,1	29,8	34,6	26,9
			longa	35,9	19,9	37,1	13,3	39,8	5,0	35,7	16,9	40,1	9,9
		1,1	curta	37,7	8,1	32,9	19,0	40,2	8,2	39,2	1,0	35,0	7,0
			longa	36,5	16,5	36,2	4,8	37,2	7,0	38,3	5,0	42,6	5,5
	49	1,0	curta	31,0	9,2	31,7	15,7	42,5	5,3	34,4	19,3	45,7	4,8
			longa	42,6	5,2	37,5	21,2	42,5	3,4	37,6	13,1	40,4	12,0
		1,1	curta	32,7	39,8	34,5	9,7	36,4	15,1	37,1	16,1	38,8	4,3
			longa	41,5	14,8	37,7	26,2	40,2	11,7	31,2	28,0	41,6	13,9
	56	1,0	curta	26,3	7,6	33,4	7,7	38,3	4,2	35,1	19,1	42,3	7,4
			longa	34,6	4,9	47,2	11,8	35,0	31,4	43,3	9,3	36,3	17,3
		1,1	curta	33,5	5,1	34,4	4,7	31,2	22,1	41,1	8,1	43,8	3,7
			longa	33,1	2,3	40,2	10,4	43,4	2,2	31,5	30,2	40,7	6,6
com ataque	42	1,0	curta	14,2	21,9	12,6	32,4	20,5	25,3	27,0	21,6	22,6	32,0
			longa	24,1	20,0	19,2	36,5	9,9	3,0	25,3	39,9	16,6	28,2
		1,1	curta	12,9	20,9	15,5	29,9	13,8	34,4	18,0	41,5	21,4	16,5
			longa	24,8	9,3	22,6	6,3	17,8	28,2	15,7	47,2	26,5	5,2
	49	1,0	curta	11,9	30,3	11,6	23,2	15,8	4,6	14,6	11,9	18,8	21,6
			longa	18,6	54,1	11,1	69,1	9,2	25,8	19,3	34,3	15,1	30,0
		1,1	curta	17,8	7,6	21,2	3,7	11,5	29,3	14,0	21,3	19,6	34,6
			longa	25,5	9,3	16,0	19,1	10,6	28,8	11,6	6,3	16,5	8,4
	56	1,0	curta	7,8	17,1	8,9	22,4	12,4	19,8	17,0	24,9	15,1	28,7
			longa	14,0	43,5	12,7	25,7	7,8	10,9	12,8	23,4	15,9	46,3
		1,1	curta	11,6	38,2	10,2	50,2	11,9	53,4	8,8	22,1	15,8	26,5
			longa	17,3	14,3	14,2	8,3	9,5	13,5	7,8	15,9	11,5	33,2

Os valores das Tabelas 5.9 a 5.11 mostram que os coeficientes de variação do I5 (valor médio do CV igual a 6,9 %) foram muito menores do que os dos outros dois índices (valores médios do CV iguais a 11,4 % e 19,3 %, respectivamente para 10 e I30).

As Tabelas 5.12 a 5.14 apresentam, respectivamente, os resultados das ANOVAs dos índices de tenacidade I5, I10 e I30 para o experimento realizado (os efeitos significativos estão destacados e marcados com um asterisco ao lado do nível de significância).

Tabela 5.12: resumo da ANOVA do I5

Efeito	Somas dos Quadrados	Graus de Liberdade	Média dos Quadrados	F	Nível de Significância
Ataque (At)	2,25	1	2,25	14,3	0,0002*
Idade (Id)	1,19	3	0,40	2,5	0,0562
Aglomerante (Ag)	2,56	4	0,64	4,1	0,0029*
Agregado/Cimento (Ac)	0,44	1	0,44	2,8	0,0953
Tamanho das Fibras (Tf)	0,00	1	0,00	0,0	0,9506
At x Id	3,24	3	1,08	6,9	0,0001*
At x Ag	1,72	4	0,43	2,7	0,0282*
Id x Ag	5,06	12	0,42	2,7	0,0016*
At x Ac	0,08	1	0,08	0,5	0,4825
Id x Ac	0,69	3	0,23	1,5	0,2232
Ag x Ac	2,80	4	0,70	4,5	0,0015*
At x Tf	0,02	1	0,02	0,2	0,6918
Id x Tf	0,14	3	0,05	0,3	0,8229
Ag x Tf	5,95	4	1,49	9,5	0,0000*
Ac x Tf	0,09	1	0,09	0,6	0,4564
At x Id x Ag	2,28	12	0,19	1,2	0,2720
At x Id x Ac	0,80	3	0,27	1,7	0,1678
At x Ag x Ac	2,41	4	0,60	3,8	0,0044*
Id x Ag x Ac	3,11	12	0,26	1,6	0,0752
At x Id x Tf	0,07	3	0,02	0,2	0,9264
At x Ag x Tf	0,72	4	0,18	1,1	0,3373
Id x Ag x Tf	4,44	12	0,37	2,4	0,0058*
At x Ac x Tf	0,02	1	0,02	0,1	0,7351
Id x Ac x Tf	0,17	3	0,06	0,4	0,7741
Ag x Ac x Tf	1,30	4	0,33	2,1	0,0831
At x Id x Ag x Ac	2,09	12	0,17	1,1	0,3513
At x Id x Ag x Tf	2,66	12	0,22	1,4	0,1570
At x Id x Ac x Tf	0,11	3	0,04	0,2	0,8722
At x Ag x Ac x Tf	0,55	4	0,14	0,9	0,4759
Id x Ag x Ac x Tf	1,86	12	0,16	1,0	0,4579
At x Id x Ag x Ac x Tf	1,96	12	0,16	1,0	0,4115
Erro	85,78	546	0,16		

F – distribuição de Fischer

* – efeito significativo

Tabela 5.13: resumo da ANOVA do I10

Efeito	Somas dos Quadrados	Graus de Liberdade	Média dos Quadrados	F	Nível de Significância
Ataque (At)	465,01	1	465,01	324,42	0,0000*
Idade (Id)	193,14	3	64,38	44,91	0,0000*
Aglomerante (Ag)	31,32	4	7,83	5,46	0,0003*
Agregado/Cimento (Ac)	0,92	1	0,92	0,64	0,4247
Tamanho das Fibras (Tf)	1,17	1	1,17	0,82	0,3665
At x Id	260,97	3	86,99	60,69	0,0000*
At x Ag	47,22	4	11,80	8,24	0,0000*
Id x Ag	69,41	12	5,78	4,04	0,0000*
At x Ac	1,11	1	1,11	0,77	0,3795
Id x Ac	8,36	3	2,79	1,94	0,1215
Ag x Ac	42,33	4	10,58	7,38	0,0000*
At x Tf	0,02	1	0,02	0,01	0,9134
Id x Tf	4,24	3	1,41	0,99	0,3988
Ag x Tf	103,09	4	25,77	17,98	0,0000*
Ac x Tf	0,46	1	0,46	0,32	0,5697
At x Id x Ag	35,82	12	2,99	2,08	0,0165*
At x Id x Ac	8,44	3	2,81	1,96	0,1184
At x Ag x Ac	43,10	4	10,78	7,52	0,0000*
Id x Ag x Ac	41,45	12	3,45	2,41	0,0048*
At x Id x Tf	3,59	3	1,20	0,84	0,4750
At x Ag x Tf	20,38	4	5,09	3,55	0,0071*
Id x Ag x Tf	41,71	12	3,48	2,42	0,0045*
At x Ac x Tf	0,33	1	0,33	0,23	0,6299
Id x Ac x Tf	1,64	3	0,55	0,38	0,7666
Ag x Ac x Tf	10,23	4	2,56	1,78	0,1307
At x Id x Ag x Ac	27,68	12	2,31	1,61	0,0849
At x Id x Ag x Tf	31,51	12	2,63	1,83	0,0405*
At x Id x Ac x Tf	1,92	3	0,64	0,45	0,7202
At x Ag x Ac x Tf	3,69	4	0,92	0,64	0,6312
Id x Ag x Ac x Tf	15,07	12	1,26	0,88	0,5716
At x Id x Ag x Ac x Tf	21,06	12	1,75	1,22	0,2624
Erro	781,19	545	1,43		

F – distribuição de Fischer

* – efeito significativo

Tabela 5.14: resumo da ANOVA do I30

Efeito	Somas dos Quadrados	Graus de Liberdade	Média dos Quadrados	F	Nível de Significância
Ataque (At)	44100,4	1	44100,4	1823,98	0,0000*
Idade (Id)	19699,9	3	6566,6	271,59	0,0000*
Aglomerante (Ag)	795,0	4	198,7	8,22	0,0000*
Agregado/Cimento (Ac)	41,7	1	41,7	1,72	0,1899
Tamanho das Fibras (Tf)	447,4	1	447,4	18,50	0,0000*
At x Id	16322,0	3	5440,7	225,02	0,0000*
At x Ag	746,4	4	186,6	7,72	0,0000*
Id x Ag	1179,7	12	98,3	4,07	0,0000*
At x Ac	0,5	1	0,5	0,02	0,8914
Id x Ac	54,3	3	18,1	0,75	0,5234
Ag x Ac	501,5	4	125,4	5,19	0,0004*
At x Tf	75,7	1	75,7	3,13	0,0773
Id x Tf	37,6	3	12,5	0,52	0,6699
Ag x Tf	1841,1	4	460,3	19,04	0,0000*
Ac x Tf	0,2	1	0,2	0,01	0,9308
At x Id x Ag	629,5	12	52,5	2,17	0,0120*
At x Id x Ac	149,9	3	50,0	2,07	0,1037
At x Ag x Ac	280,0	4	70,0	2,90	0,0217*
Id x Ag x Ac	393,4	12	32,8	1,36	0,1832
At x Id x Tf	73,9	3	24,6	1,02	0,3841
At x Ag x Tf	164,7	4	41,2	1,70	0,1479
Id x Ag x Tf	1006,8	12	83,9	3,47	0,0001*
At x Ac x Tf	80,4	1	80,4	3,32	0,0688
Id x Ac x Tf	58,2	3	19,4	0,80	0,4926
Ag x Ac x Tf	548,4	4	137,1	5,67	0,0002*
At x Id x Ag x Ac	304,6	12	25,4	1,05	0,4012
At x Id x Ag x Tf	412,2	12	34,4	1,42	0,1519
At x Id x Ac x Tf	118,9	3	39,6	1,64	0,1794
At x Ag x Ac x Tf	78,4	4	19,6	0,81	0,5185
Id x Ag x Ac x Tf	358,5	12	29,9	1,24	0,2546
At x Id x Ag x Ac x Tf	478,6	12	39,9	1,65	0,0746
Erro	13032,0	539	24,2		

F – distribuição de Fischer

* – efeito significativo

5.4.1 Influência do Processo de Envelhecimento Acelerado na Tenacidade

A ANOVA dos índices de tenacidade realizada permitiu concluir que, de forma geral, o efeito isolado do processo de envelhecimento acelerado sobre o a propriedade em estudo é significativo para os três índices calculados. A Figura 5.25 ilustra esta relação.

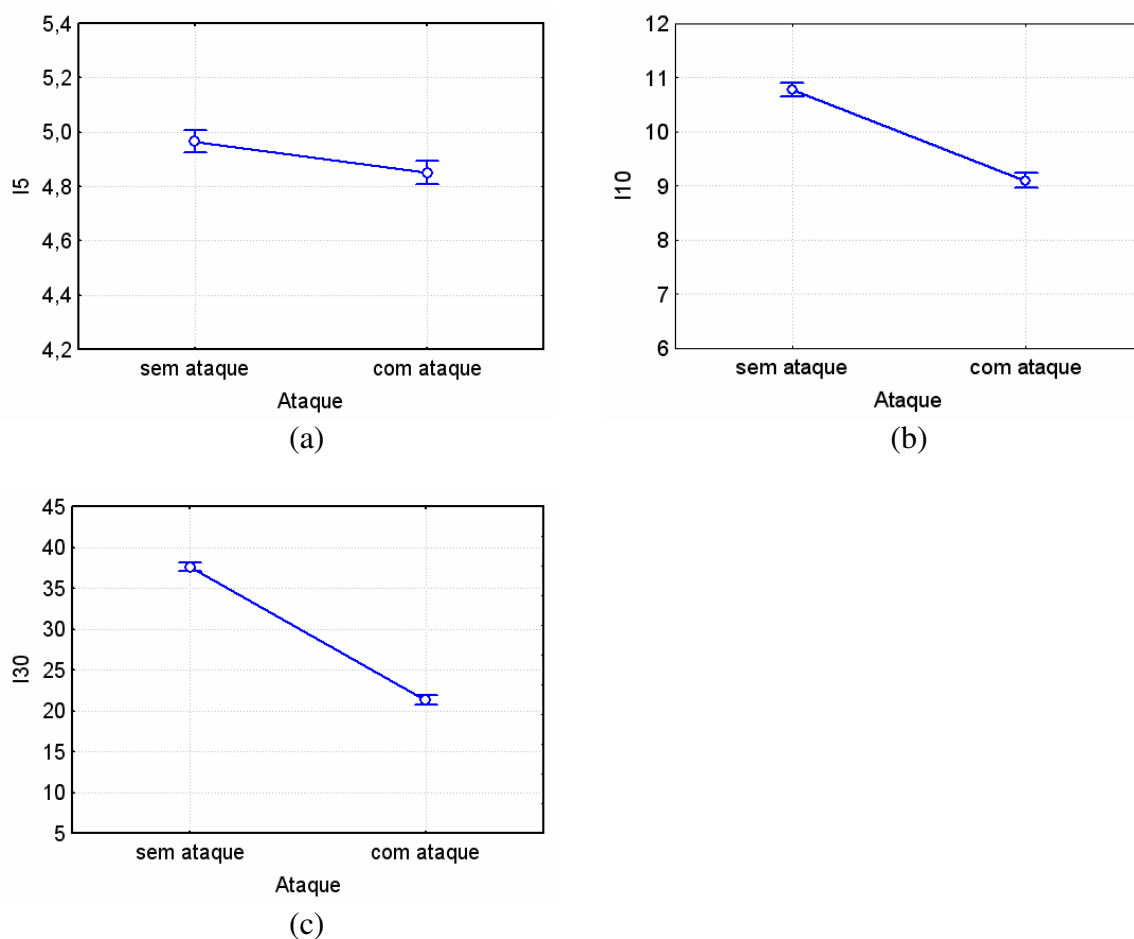


Figura 5.25: efeito isolado do ataque sobre os índices de tenacidade.
(a) I5, (b) I10 e (c) I30

A Figura 5.25 indica que, em geral, o ataque provoca uma queda acentuada nos índices de tenacidade do GRC. Os resultados dos ‘Teste F’ apresentados nas Tabelas 5.12 a 5.14 mostram que o efeito do ataque é, dentre os das variáveis em estudo, o mais forte. Considerando-se os valores médios, as quedas dos valores do I5, I10 e I30, para os tempos de ataque estudados, foram de, respectivamente, 2,3 %, 15,5 % e 43,3 %.

Bentur e Mindess (1990) citam as mudanças microestruturais que ocorrem no GRC quando está submetido a um ambiente úmido como a causa desta redução da capacidade de deformação do material. Tal fato decorre da densificação da interface fibra-matriz e da solidificação dos feixes de fibra as quais provocam uma elevação da aderência entre a fibra e a matriz cimentícia. Esta resistência de aderência mais elevada faz com que as tensões nas fibras não sejam suficientes para que estas sejam arrancadas da matriz (*pull-out*), praticamente zerando o trabalho que antes da densificação era realizado por este processo. Sendo assim, com o aumento do número de fibras mais aderidas à matriz, o compósito passa a se comportar de forma cada vez mais frágil, rompendo-se somente quando o nível de tensão nas fibras atingir as suas resistências à tração.

Ademais, a Figura 5.25 indica que os índices de tenacidade são mais sensíveis ao ataque quando consideram um trecho maior da curva tensão x deflexão, ou seja, o I30 sofre uma maior queda devido ao ataque e o I5 a menor.

5.4.2 Influência da Idade na Tenacidade

Na Figura 5.26 é ilustrado o efeito da interação, estatisticamente significativo, entre a idade e a presença de ataque sobre os índices de tenacidade.

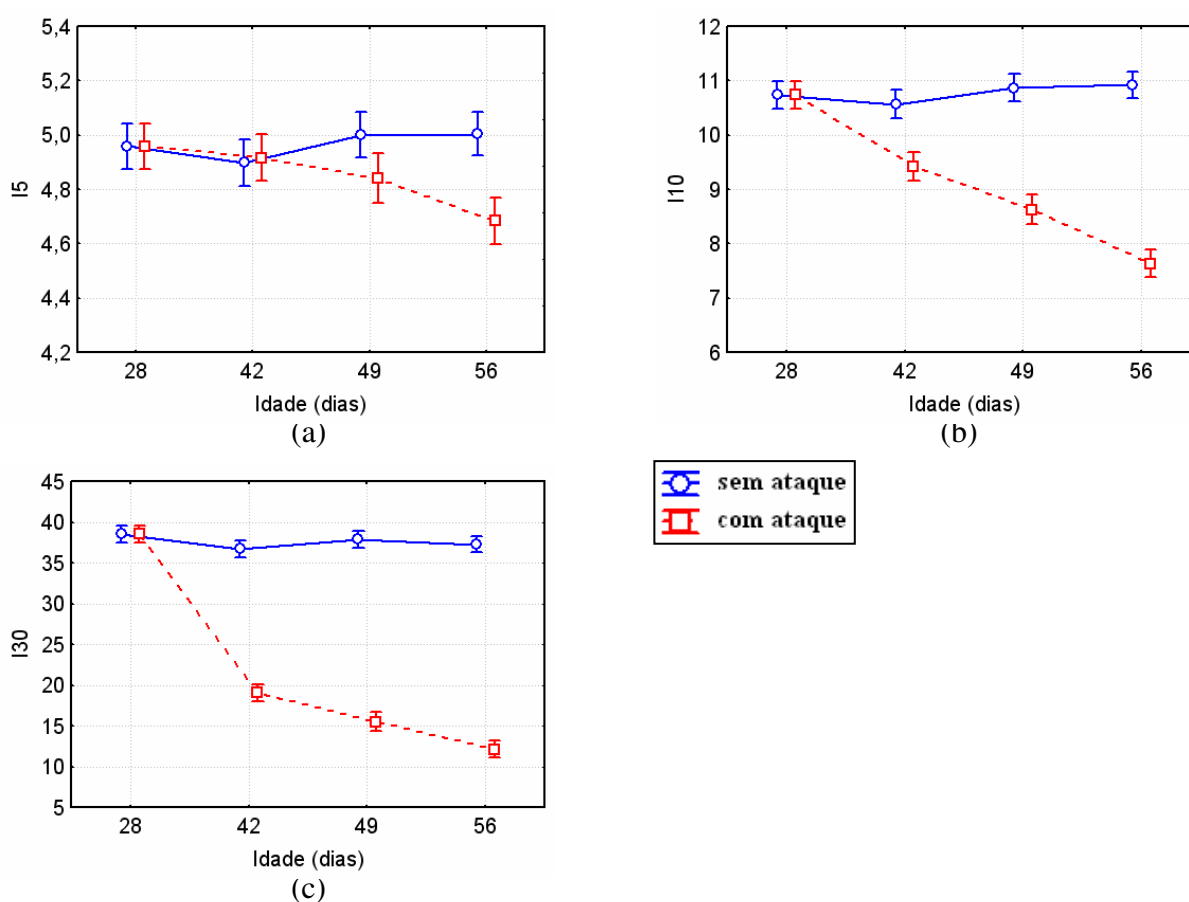


Figura 5.26: efeito da interação entre a idade e presença de ataque sobre os índices de tenacidade. (a) I5, (b) I10 e (c) I30

Os dados do teste de comparação múltipla de médias, juntamente com a Figura 5.26, permitem concluir que, enquanto para os corpos-de-prova que não sofreram ataque não são verificadas mudanças significativas de tenacidade ao longo da idade, no caso dos que sofreram o ataque há quedas significativas de tenacidade ao longo da idade e estas são maiores quanto maior for o tempo de ataque. Um provável motivo para este comportamento está no efeito conjunto do aumento da aderência entre a fibra e a matriz a níveis tais que provocam mudança no processo de falha das fibras de deslizamento para ruptura brusca destas

(BENTUR e MINDESS, 1990), e do aumento do número de falhas nas fibras ocasionado por estas se encontrarem em meio aquoso, processo tal que é acelerado devido ao pH alcalino onde se encontram as fibras, aos processos de nucleação e recristalização do hidróxido de cálcio na superfície das fibras e à elevada temperatura (PURNELL et al., 2001a; PURNELL e BEDDOWS, 2005).

Além disso, o índice I5 só apresenta quedas significativas de tenacidade a partir dos 21 dias de ataque (49 dias de idade), enquanto os demais índices já apresentam decréscimos significativos a partir dos 14 dias de ataque (42 dias de idade). E no caso do I30, a maior perda de tenacidade acontece justamente nestes primeiros 14 dias de ataque. Isto provavelmente ocorre devido ao fato dos índices de tenacidade que levam em consideração uma parcela maior da região pós-pico (I30 e I10) serem mais sensíveis aos efeitos do ataque.

Considerando-se os valores médios, as quedas dos índices de tenacidade encontrados neste trabalho, para o caso de 28 dias de imersão em água a 50°C (56 dias de idade com ataque), são de 6%, 30% e 67%, respectivamente para os índices I5, I10 e I30.

Estudando materiais confeccionados pelo mesmo sistema de produção utilizado neste trabalho, com relações agregado/cimento iguais a 1,00 e com 5 % de fibras (com relação à massa do compósito), Marikunte et al. (1997) determinaram a tenacidade dos GRCs através da área sob a curva carga deflexão até uma carga correspondente a 5% do valor correspondente ao pico da curva. Assim, os autores verificam perdas de tenacidade de, em média, 47% para o caso dos materiais submetidos a 28 dias de ataque imersos em água a 50°C.

No entanto, a literatura (SHAH et al., 1988; BENTUR e MINDESS, 1990; MAJUMDAR e LAWS, 1991; MARIKUNTE et al., 1997) coloca que, mesmo para o GRC produzido com fibras AR, com tempos maiores de ataque em água quente, o material perde a capacidade de deformação (tenacidade), tornando-se um material tão frágil quanto a matriz cimentícia que compõe o compósito. Bentur e Mindess (1990) citam que o tempo para que o GRC se comporte como um material frágil numa condição de exposição natural é de 5 a 30 anos, dependendo da umidade relativa do ar e da temperatura média anual do local.

Os efeitos significativos das interações entre a idade e as demais variáveis sobre os índices de tenacidade serão discutidos nos itens subseqüentes.

5.4.3 Influência do Tipo de Aglomerante na Tenacidade

A partir da ANOVA realizada é possível concluir que o efeito da interação de primeira ordem entre o tipo de aglomerante e a presença de ataque sobre os índices de tenacidade é

estatisticamente significativo. A Figura 5.27 ilustra o efeito desta interação sobre os índices I5, I10 e I30.

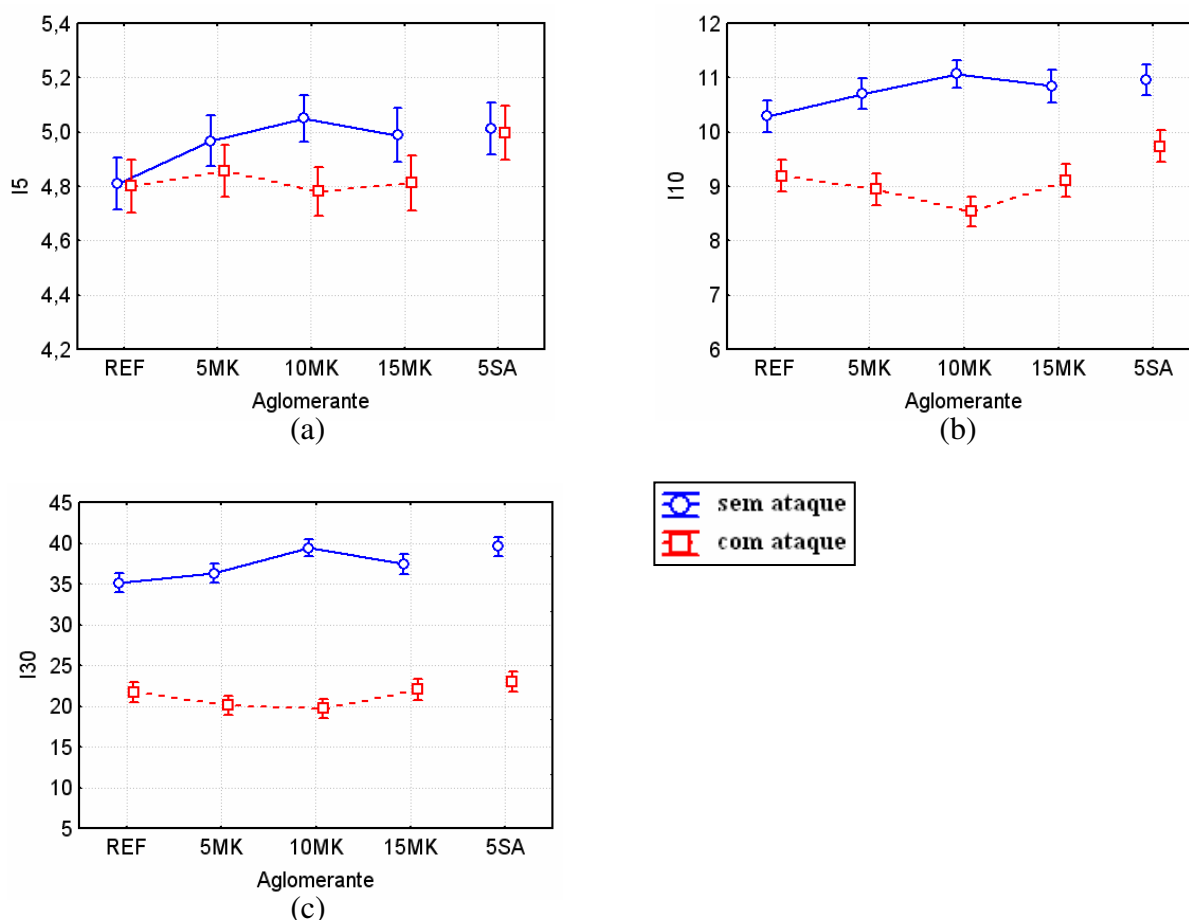


Figura 5.27: efeito da interação entre aglomerante e presença de ataque sobre os índices de tenacidade. (a) I5, (b) I10 e (c) I30

A Figura 5.27, juntamente com os testes de comparação múltiplas de médias, indicam que para a situação sem ataque, quando utilizados aglomerantes com adições pozolânicas, os compósitos apresentam índices de tenacidade significativamente superiores aos dos com aglomerante de referência.

Todavia, nenhum dos tipos de adição pozolânica avaliados, nos níveis em estudo, proporcionaram ao GRC uma elevada capacidade de retenção da tenacidade depois de sofrido o ataque. Os compósitos constituídos por aglomerante com adição de 5% de sílica ativa foram os que apresentaram menores quedas de tenacidade. Esta solução não apresentou decréscimo significativo do índice I5 e decréscimos de, em média, 11,5% e 43,5% para os índices I10 e I30, respectivamente (as médias das quedas correspondentes às demais soluções foram de 17,0% e 45,0%, na mesma ordem). Já os GRCs com adições de metacaulim apresentaram as mesmas capacidades de retenção da tenacidade do que o material de referência, com exceção

do I10, onde a solução com adição de 10% de metacaulim se mostra com a pior capacidade de retenção da tenacidade.

Estes resultados divergem dos encontrados por Marikunte et al. (1996), que estudando GRCs sem adições pozolânicas e com adições de 25% tanto de sílica ativa quanto de metacaulim, observaram que os materiais confeccionados com metacaulim apresentaram elevadas capacidades de retenção da tenacidade do material (os autores quantificaram a tenacidade definindo como a área sob a curva carga x deflexão até uma carga correspondente a 5% do pico da curva).

O efeito da interação entre o tipo de aglomerante, ataque e idade sobre os índices de tenacidade I10 e I30 se mostrou estatisticamente significativo e é ilustrado na Figura 5.28. Apesar do efeito desta interação de segunda ordem não ter se mostrado significativo para o I5, a Figura 5.28 apresenta o gráfico para este índice de tenacidade onde pode ser visto o efeito estatisticamente significativo da interação de primeira ordem entre aglomerante e idade.

Para a situação sem ataque, na maioria das situações não há uma mudança significativa nos valores dos índices de tenacidade ao longo do tempo. No entanto, principalmente para os índices I10 e I30, há uma tendência de decréscimos ao longo da idade dos valores para os materiais com aglomerante de referência e com 10% e 15% de metacaulim; e de aumento para os com 5% de adição de sílica ativa e 5% de metacaulim. Não foi encontrada uma explicação lógica para tal comportamento.

No caso dos compósitos que sofreram o ataque, para o índice I5, enquanto os confeccionados sem adições, com 5% de metacaulim e 5% de sílica ativa não apresentam mudanças significativas ao longo da idade, os compósitos com 10% e 15% de adição de metacaulim apresentam quedas significativas no valor deste índice com o aumento do tempo de ataque. Tal fato provavelmente ocorre devido aos efeitos do aumento de aderência entre a fibra e a matriz em níveis tais que ocasionam mudanças no modo de ruptura das fibras.

Outras interações significativas que envolvem o tipo de aglomerante serão apresentadas nas seções subsequentes.

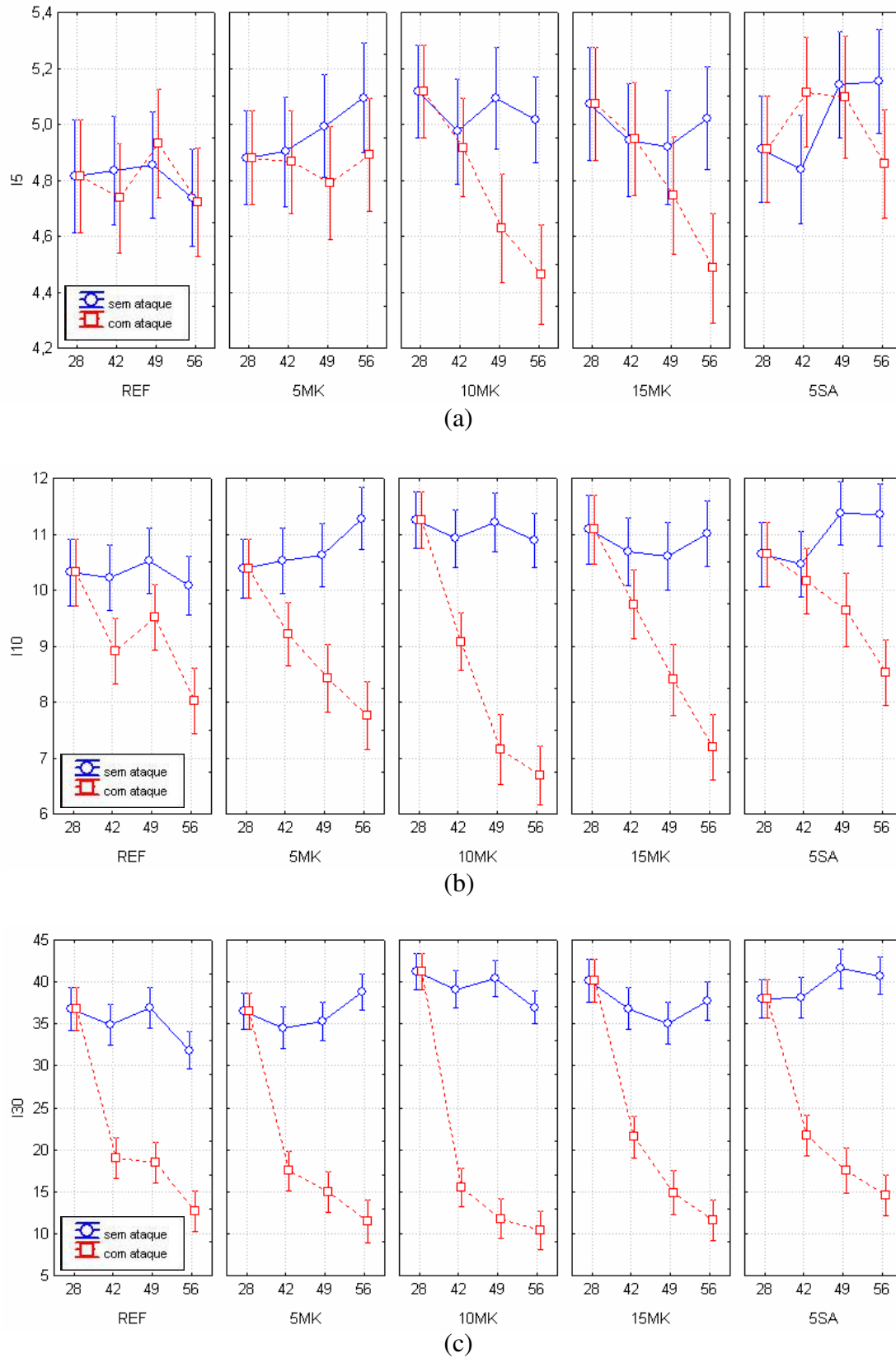


Figura 5.28: efeito da interação entre aglomerante, presença de ataque e idade sobre os índices de tenacidade. (a) I5, (b) I10 e (c) I30

5.4.4 Influência da Relação Agregado/Cimento na Tenacidade

O efeito isolado do agregado/cimento não se mostrou estatisticamente significativo para nenhum dos índices de tenacidade calculados. Já o efeito da interação de primeira ordem entre a relação agregado/cimento e o tipo de aglomerante, e o da interação de segunda ordem entre o agregado/cimento, aglomerante e ataques se mostraram significativos.

A Figura 5.29 ilustra o efeito da interação de segunda ordem entre o agregado/cimento, o tipo de aglomerante e a presença de ataque sobre os índices de tenacidade, o qual foi estatisticamente significativo para os três índices calculados.

Os resultados indicam que, em geral, para a situação sem ataque e uma mesma proporção de agregado e cimento (agr/cim igual a 1,00), a utilização de aglomerantes com adições pozolânicas leva a um aumento dos índices de tenacidade calculados. Já para os materiais com maior quantidade de agregado, não há diferenças estatisticamente significativas entre os índices de tenacidade dos materiais.

A respeito do efeito dos corpos-de-prova que sofreram o ataque, enquanto os materiais com relação agregado/cimento igual a 1,00 apresentam uma tendência de aumento dos índices de tenacidade com o aumento do teor de adição de metacaulim, no caso dos materiais com maior teor de agregado os GRCs confeccionados com aglomerantes com 10% e 15% de metacaulim apresentam as maiores perdas de tenacidade devido ao ataque.

Uma provável explicação para estes comportamentos está no fato dos materiais com relação agregado/cimento iguais a 1,00 serem mais porosos do que os com maior quantidade de agregado (ver Figura 5.2). Assim, o aumento do teor de adição proporciona um aumento da aderência entre a fibra e a matriz até um nível tal que provoca uma elevação do trabalho de arrancamento das fibras, aumentando assim os índices de tenacidade dos compósitos que não sofreram ataque. No entanto, quando os GRCs sofrem o ataque, enquanto a elevação da aderência continua a levar a um aumento dos índices de tenacidade do material mais poroso (agregado/cimento = 1,00), nos materiais menos porosos (agregado/cimento = 1,10) ela acarreta em resistências de aderência em níveis tais que levam a mudanças na forma de ruptura da fibra, provocando assim quedas na tenacidade dos compósitos.

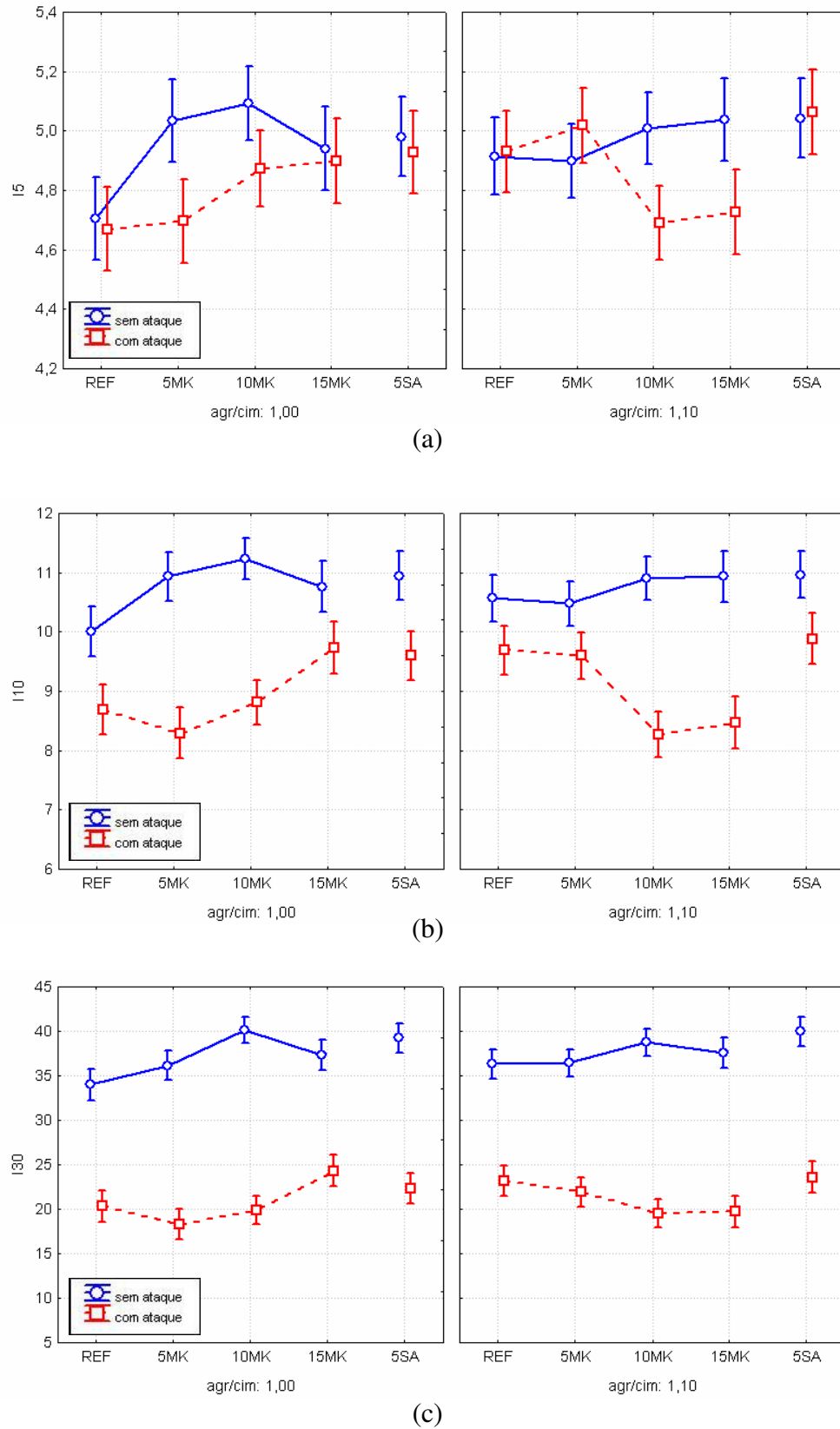


Figura 5.29: efeito da interação entre relação agregado/cimento, aglomerante e ataque sobre os índices de tenacidade. (a) I5, (b) I10 e (c) I30

5.4.5 Influência do Tamanho das Fibras na Tenacidade

O efeito isolado do tamanho das fibras se mostrou estatisticamente significativo somente para o índice de tenacidade I30 e é apresentado na Figura 5.30.

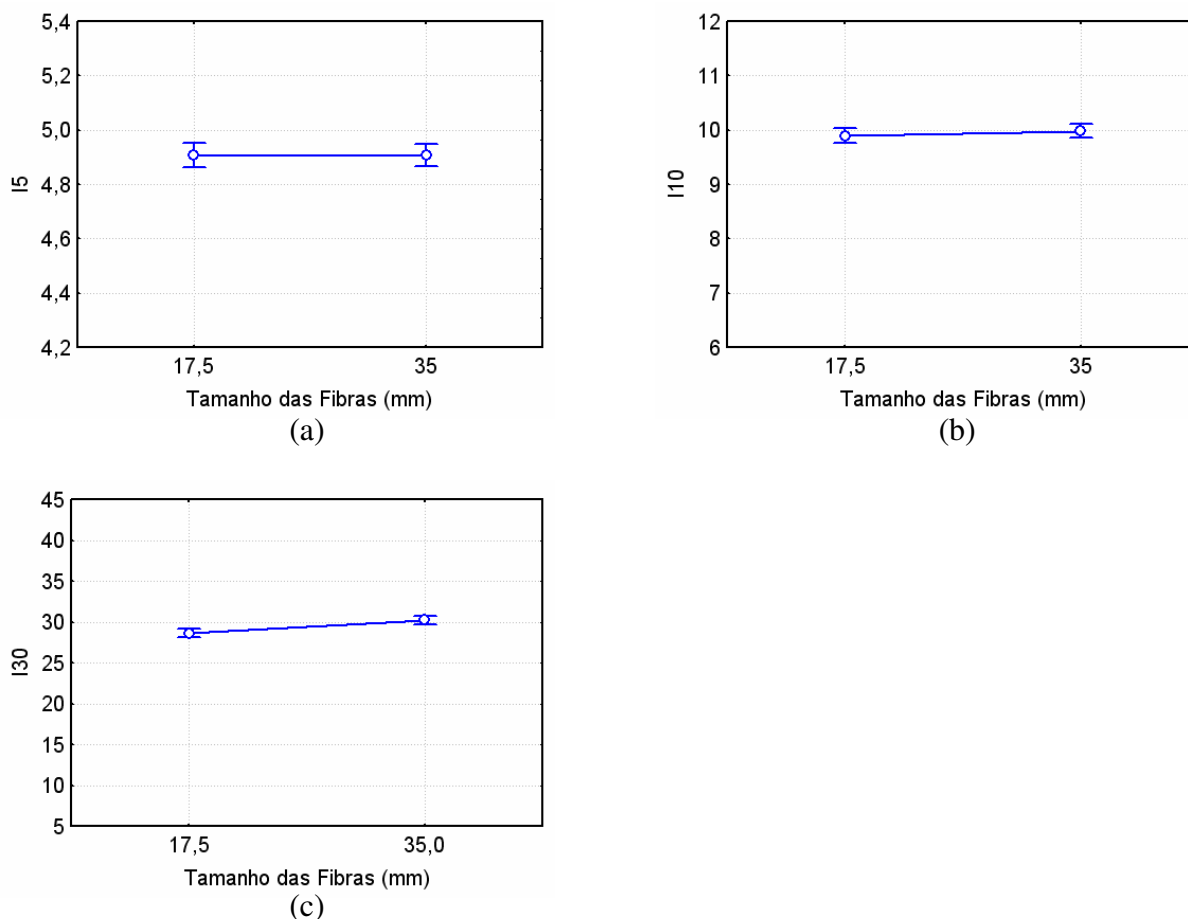


Figura 5.30: efeito do tamanho das fibras sobre os índices de tenacidade. (a) I5, (b) I10 e (c) I30

A Figura 5.30 indica que os GRCs produzidos com fibras de 35 mm (longas) só apresentam uma capacidade de aumento da tenacidade significativamente maior que os com fibras curtas, quando no cálculo desta é considerado um trecho maior da curva tensão x deflexão. Isto decorre do fato das fibras mais longas atuarem majoritariamente aumentando a resistência do material no trecho pós-pico da curva tensão x deflexão.

O efeito da interação de primeira ordem entre tamanho das fibras e aglomerante sobre os índices de tenacidade foi estatisticamente significativo e é ilustrado na Figura 5.31.

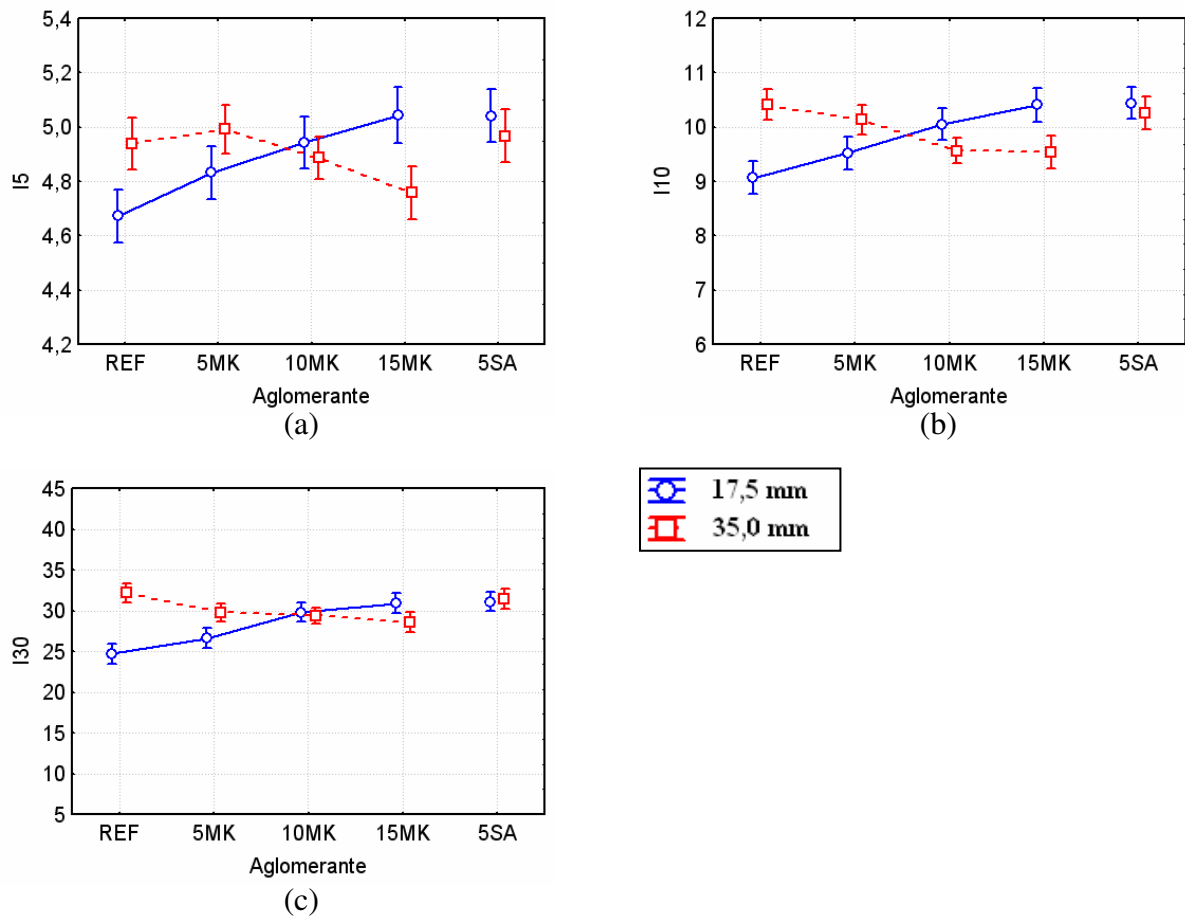


Figura 5.31: efeito da interação entre tamanho das fibras e aglomerante sobre os índices de tenacidade. (a) I5, (b) I10 e (c) I30

A Figura 5.31, juntamente com o resultado do teste de comparação múltipla de médias, indica que, enquanto para os materiais confeccionados com fibras curtas há uma tendência de aumento dos índices de tenacidade com o aumento do teor de adições pozolânicas, esta relação se inverte no caso dos materiais que possuem fibras longas.

Este comportamento ocorre devido ao fato de que aumentos na aderência entre a fibra-matriz, neste caso provocados pelo efeito de preenchimento de vazios das reações pozolânicas, provocam aumentos do trabalho de arrancamento das fibras. E como as fibras curtas geralmente apresentam baixas aderências, estes aumentos não são suficientes para levar à ruptura frágil das fibras e, conseqüentemente, do material compósito. No entanto, nos GRCs confeccionados com fibras mais longas, a aderência entre as fibras e a matriz já é elevada e aumentos desta acabam por provocar um aumento do número de fibras que falham por ruptura frágil, não apresentando o processo de arrancamento das fibras, o qual é responsável pela elevada tenacidade do material.

A Figura 5.31 ainda indica que, com a adição de 15% de metacaulim, provavelmente devido ao efeito do aumento de aderência citado acima, os índices de tenacidade dos GRCs produzidos com fibras curtas se elevam aos maiores níveis de índices de tenacidade alcançados (se igualando aos produzidos sem adição com fibras longas e aos produzidos com 5% de sílica ativa).

5.5 MÓDULO DE ELASTICIDADE NA FLEXÃO (MEF)

Neste item são apresentados os resultados do programa experimental realizado correspondentes ao módulo de elasticidade na flexão (MEF). Os valores médios destes e seus coeficientes de variação estão resumidos na Tabela 5.15.

Tabela 5.15: valores médios do MEF e seus coeficientes de variação

Ataque	Idade (dias)	agr/cim	Tamanho das Fibras	Médias do Módulo de Elasticidade na Flexão (MEF), em MPa/mm e coeficiente de variação (CV), em %									
				REF		5MK		10MK		15MK		5SA	
				MEF	CV	MEF	CV	MEF	CV	MEF	CV	MEF	CV
sem ataque	28	1,0	curta	51,9	5,5	63,7	5,4	52,8	6,2	55,7	10,9	53,7	14,8
			longa	53,1	4,6	54,1	12,2	62,1	10,5	46,1	30,7	46,2	17,2
		1,1	curta	65,8	6,7	57,8	13,9	66,4	12,8	74,8	8,7	54,7	16,1
			longa	51,5	18,1	63,2	8,2	57,5	8,2	63,6	21,8	44,9	16,1
	42	1,0	curta	50,5	18,1	73,2	1,9	56,9	5,8	58,5	12,1	44,4	22,6
			longa	49,8	22,0	58,4	31,8	61,3	4,1	50,9	26,8	52,4	5,1
		1,1	curta	67,0	6,4	59,8	23,1	59,3	17,8	68,5	17,6	43,5	25,0
			longa	59,9	7,0	57,2	3,2	55,5	9,0	58,7	24,4	61,2	30,6
	49	1,0	curta	45,2	30,0	64,8	4,2	63,2	12,0	58,2	7,9	60,1	27,6
			longa	46,7	19,7	69,9	17,8	65,9	1,3	54,9	23,4	50,4	4,1
		1,1	curta	69,9	6,3	47,9	10,5	61,3	13,9	71,2	5,4	57,7	1,9
			longa	53,0	25,7	55,7	7,4	58,8	15,0	69,2	11,0	60,2	16,5
	56	1,0	curta	48,7	10,1	59,8	3,8	60,6	3,9	56,2	34,2	49,1	24,7
			longa	68,5	13,4	63,0	23,3	54,8	15,4	51,9	23,2	46,8	5,4
		1,1	curta	65,0	4,4	60,6	20,5	72,4	7,1	63,9	7,8	68,2	15,7
			longa	64,0	2,9	51,0	3,4	62,0	0,6	49,7	16,9	59,5	9,2
com ataque	42	1,0	curta	52,4	11,9	55,9	18,4	58,9	2,2	54,0	5,9	53,4	11,9
			longa	53,9	10,2	59,1	16,1	73,7	5,4	53,3	38,0	50,7	10,8
		1,1	curta	57,8	10,4	67,2	15,8	67,0	9,3	71,5	14,5	57,7	11,9
			longa	55,7	12,7	55,6	14,2	59,5	7,6	59,1	13,4	55,0	10,4
	49	1,0	curta	46,4	8,7	58,1	11,1	64,8	5,1	65,5	9,2	58,0	32,8
			longa	50,7	7,0	58,7	35,0	62,2	8,6	56,6	4,5	56,9	20,7
		1,1	curta	67,8	18,5	50,0	13,4	55,4	23,3	72,4	4,9	65,4	4,6
			longa	47,8	12,6	62,4	4,5	52,5	10,6	64,3	21,2	47,5	4,0
	56	1,0	curta	44,2	11,5	56,9	17,6	67,1	12,6	54,8	26,0	53,1	19,4
			longa	48,3	18,5	79,9	12,5	65,8	5,2	58,0	10,0	49,6	33,5
		1,1	curta	59,2	15,5	70,1	13,4	72,3	16,4	73,9	10,0	61,9	14,1
			longa	58,4	7,7	62,6	4,1	57,6	3,5	75,6	15,4	62,1	11,6

Os valores da Tabela 5.15 mostram que os coeficientes de variação do módulo de elasticidade na flexão das amostras foram altos (13,3%, em média). Tal fato provavelmente decorre das variabilidades inerentes ao processo de produção, da complexidade da interação entre as fases matriz e fibra e do método utilizado para a determinação desta propriedade.

A Tabela 5.16 apresenta o resultado da ANOVA do MEF para o experimento realizado (os efeitos significativos estão marcados com um asterisco ao lado do nível de significância).

Tabela 5.16: resumo da ANOVA do MEF

Efeito	Somas dos Quadrados	Graus de Liberdade	Média dos Quadrados	F	Nível de Significância
Ataque (At)	90	1	90	1,26	0,2618
Idade (Id)	936	3	312	4,36	0,0048*
Aglomerante (Ag)	6532	4	1633	22,80	0,0000*
Agregado/Cimento (Ac)	3393	1	3393	47,37	0,0000*
Tamanho das Fibras (Tf)	1404	1	1404	19,59	0,0000*
At x Id	337	3	112	1,57	0,1957
At x Ag	599	4	150	2,09	0,0808
Id x Ag	1529	12	127	1,78	0,0486*
At x Ac	2	1	2	0,02	0,8850
Id x Ac	633	3	211	2,94	0,0326*
Ag x Ac	5362	4	1340	18,71	0,0000*
At x Tf	1	1	1	0,01	0,9295
Id x Tf	423	3	141	1,97	0,1179
Ag x Tf	788	4	197	2,75	0,0276*
Ac x Tf	1362	1	1362	19,01	0,0000*
At x Id x Ag	2014	12	168	2,34	0,0062*
At x Id x Ac	72	3	24	0,34	0,7990
At x Ag x Ac	751	4	188	2,62	0,0343*
Id x Ag x Ac	2067	12	172	2,40	0,0049*
At x Id x Tf	239	3	80	1,11	0,3428
At x Ag x Tf	321	4	80	1,12	0,3467
Id x Ag x Tf	2950	12	246	3,43	0,0001*
At x Ac x Tf	129	1	129	1,81	0,1795
Id x Ac x Tf	277	3	92	1,29	0,2771
Ag x Ac x Tf	1348	4	337	4,70	0,0010*
At x Id x Ag x Ac	1250	12	104	1,45	0,1377
At x Id x Ag x Tf	903	12	75	1,05	0,4011
At x Id x Ac x Tf	266	3	89	1,24	0,2957
At x Ag x Ac x Tf	200	4	50	0,70	0,5935
Id x Ag x Ac x Tf	2117	12	176	2,46	0,0039*
At x Id x Ag x Ac x Tf	878	12	73	1,02	0,4276
Erro	38039	531	72		

F – distribuição de Fischer

* – efeito significativo

5.5.1 Influência do Processo de Envelhecimento Acelerado no MEF

A ANOVA realizada permitiu concluir que, de forma geral, o MEF dos GRC não é significativamente influenciado pelo processo de envelhecimento acelerado.

Por outro lado, o processo de envelhecimento acelerado influencia significativamente juntamente com a idade (que no caso dos corpos-de-prova com ataque indica o tempo de aceleração) e com o tipo de aglomerante sobre o MEF. Também verifica-se uma influência significativa da interação entre o ataque, tipo de aglomerante e relação agregado/cimento sobre a propriedade em estudo. Tais influências serão analisadas nos itens subseqüentes correspondentes às propriedades afetadas.

5.5.2 Influência da Idade no MEF

A ANOVA do módulo de elasticidade na flexão indica que o efeito da idade, ilustrado na Figura 5.32, é significativo.

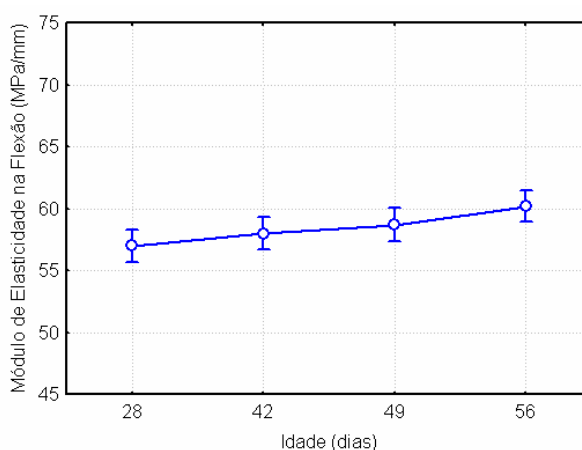


Figura 5.32: efeito isolado da idade sobre o MEF

Conforme pode ser observado na Figura 5.32 e pelo resultado do teste de comparação múltipla de médias, há uma tendência de aumento do módulo de elasticidade com a idade.

Contudo, este efeito da idade sobre o MEF está relacionado com a velocidade do desenvolvimento da resistência da matriz cimentícia, que por sua vez é diferenciada para os materiais constituídos por diferentes aglomerantes e agregados/cimento (confirmado pelos efeitos significativos das interações entre idade e tipo de aglomerante e idade e agregado/cimento sobre o MEF).

Os efeitos significativos das interações entre a idade e as demais variáveis sobre o MEF serão discutidos nos itens subseqüentes.

5.5.3 Influência do Tipo de Aglomerante no MEF

A partir da ANOVA realizada é possível concluir que o efeito do tipo de aglomerante no módulo de elasticidade na flexão é estatisticamente significativo. A Figura 5.33 ilustra este efeito.

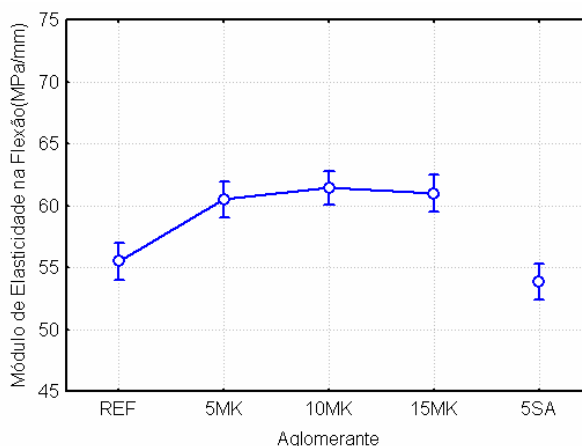


Figura 5.33: efeito isolado do aglomerante sobre o MEF

A Figura 5.33 indica que os módulos de elasticidade na flexão dos compósitos constituídos por aglomerantes que contêm metacaulim são significativamente maiores do que os dos demais. Já os confeccionados com aglomerantes com adição de sílica ativa apresentam um MEF inferior ao do compósito de referência. Esta diminuição do MEF dos compósitos produzidos com sílica ativa, provavelmente é decorrente do aumento da porosidade do material (ver Figura 5.1), que por sua vez é consequência da combinação dos efeitos da elevada coesão dos GRCs produzidos com este tipo de adição e do processo de adensamento deficiente (característica do processo de produção).

A Figura 5.34 ilustra o efeito da interação de primeira ordem, estatisticamente significativo, entre a idade e tipo de aglomerante sobre o MEF.

A Figura 5.34 indica que, com exceção do material com adição de sílica ativa, os demais materiais não apresentam mudanças significativas no módulo de elasticidade na flexão ao longo da idade. No caso dos materiais com sílica ativa só é observada a tendência de estabilização do módulo depois dos 49 dias. Provavelmente isto ocorre devido ao processo de preenchimento de vazios das reações pozolânicas, sendo significativo somente nos compósitos com a sílica ativa devido a maior porosidade deste material (ver Figura 5.1).

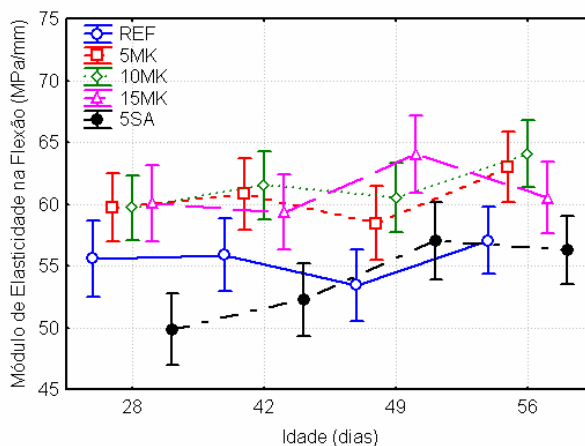


Figura 5.34: efeito da interação entre aglomerante e idade sobre o MEF

Os efeitos significativos das interações entre tipo de aglomerante e demais fatores sobre o MEF serão discutidos nos itens subsequentes.

5.5.4 Influência da Relação Agregado/Cimento no MEF

No geral, os resultados da ANOVA do MEF permitem concluir que o efeito isolado da relação agregado/cimento, é significativo. O “teste F” (Tabela 5.16) indica que o efeito deste fator é o mais forte dentre os estudados.

A Figura 5.35 ilustra o efeito isolado da relação agregado/cimento no módulo de elasticidade na flexão.

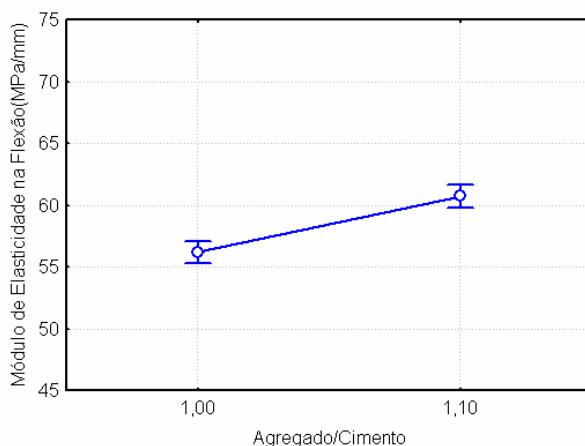


Figura 5.35: efeito isolado da relação agregado/cimento sobre o MEF

A Figura 5.35 indica que os módulos de elasticidade na flexão dos GRCs são fortemente influenciados pelo teor de agregado, crescendo juntamente com a relação agregado/cimento. Considerando-se os valores médios, os módulos de elasticidade dos materiais com maior teor

de agregado (agregado/cimento = 1,10) são 8,1% superiores aos dos materiais com a proporção 1,00 de agregado/cimento.

Esta dependência está correlacionada com as propriedades da matriz cimentícia do compósito. A literatura (METHA e MONTEIRO, 1994; NEVILLE, 1997; entre outros) coloca que o módulo de elasticidade depende da proporção em volume e do módulo de elasticidade do agregado utilizado no material cimentício. Em geral, quanto maior a quantidade de agregado com módulo de elasticidade alto, maior será o módulo de elasticidade do material cimentício.

A interação entre a relação agregado/cimento e a idade, apresentada na Figura 5.36, se mostrou significativa.

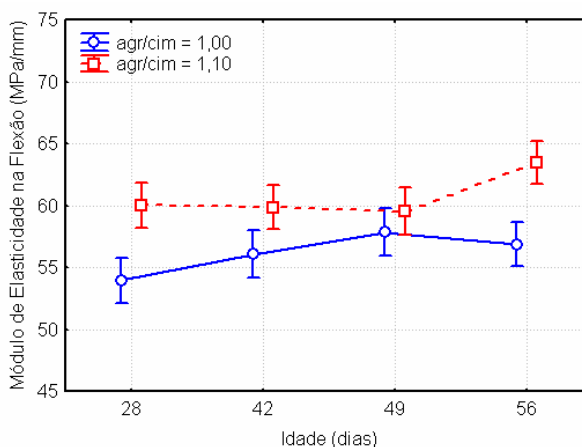


Figura 5.36: efeito da interação entre relação agregado/cimento e idade sobre o MEF

A Figura 5.36, juntamente com os resultados do teste de comparação múltipla de médias, indicam que os materiais constituídos de uma relação agregado/cimento igual a 1,00 apresentam crescimento do valor dos seus módulos de elasticidade na flexão até os 49 dias. Por outro lado, os materiais com maior teor de agregado apresentam uma estabilidade do valor do módulo até os 49 dias, somente apresentando aumento do valor entre os 49 e 56 dias.

O aumento do MEF para os compósitos com agregado/cimento iguais a 1,00 provavelmente ocorre devido ao efeito combinado do fato destes materiais serem mais porosos (ver Figura 5.2) e do efeito de preenchimento de vazios proporcionado pelas reações pozolânicas. Com relação ao aumento de resistência verificado para os GRCs com relação agregado/cimento iguais a 1,10 depois dos 49 dias não foi encontrada uma explicação lógica para tal comportamento.

A Figura 5.37 apresenta o efeito da interação entre a relação agregado/cimento e o tipo de aglomerante sobre o MEF, que conforme a análise estatística, se mostrou significativa.

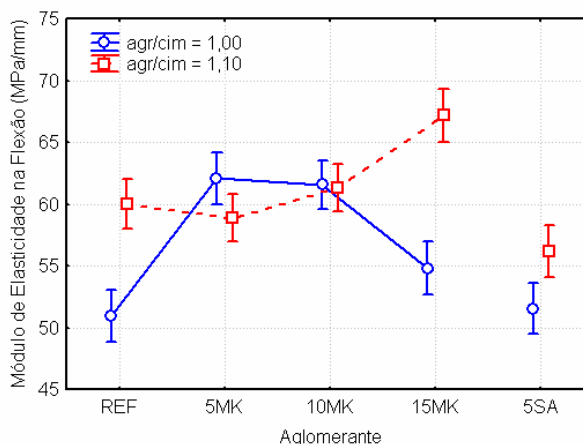


Figura 5.37: efeito da interação entre relação agregado/cimento e tipo de aglomerante sobre o MEF

A Figura 5.37, juntamente com os resultados apresentados do teste de comparação múltipla de médias, indica que para os GRCs com relação agregado/cimento igual a 1,00 as soluções com 5% e 10% de metacaulim são as que apresentam um maior módulo de elasticidade na flexão, o material com 15% de metacaulim apresenta um valor intermediário e os materiais de referência e com 5% de sílica ativa são os correspondentes aos valores mais baixos.

Por outro lado, para os materiais com maior proporção de agregado há uma tendência de crescimento do módulo de elasticidade com o aumento do teor de metacaulim. Já a solução com sílica ativa apresenta um módulo inferior ao módulo de elasticidade do material de referência (sem adições).

Estes resultados apresentados na Figura 5.38 estão coerentes com os resultados da porosidade aparente (Figura 5.3), estando o MEF se comportando de forma inversamente proporcional à porosidade do compósito.

5.5.5 Influência do Tamanho das Fibras no MEF

O efeito isolado do tamanho das fibras sobre o MEF se mostrou estatisticamente significativo e é ilustrado na Figura 5.38.

Conforme indicado na Figura 5.38, o módulo de elasticidade na flexão do GRC produzido com fibras de 35,0 mm é menor do que o dos materiais confeccionados com fibras mais curtas.

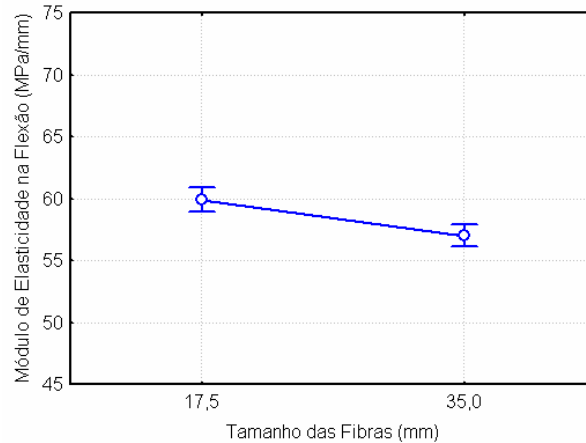


Figura 5.38: efeito isolado do tamanho das fibras sobre o MEF

É conhecido da literatura (CALLISTER JR, 2002) que o módulo de elasticidade de um material cerâmico qualquer depende fortemente da fração volumétrica da porosidade neste material, diminuindo em função da porosidade. Mehta e Monteiro (1994) e Neville (1997) confirmam esta relação inversa entre módulo de elasticidade e porosidade para os materiais cimentícios. Sendo assim, os resultados encontrados neste trabalho estão coerentes com a literatura, uma vez que os materiais produzidos utilizando-se fibras mais longas apresentaram uma maior dificuldade de adensamento do material, aprisionando mais ar do que no caso dos GRCs produzidos com fibras curtas (ver Figura 5.4).

A Figura 5.39 ilustra o efeito da interação, estatisticamente significativa, entre o tamanho das fibras e o tipo de aglomerante sobre o módulo de elasticidade na flexão.

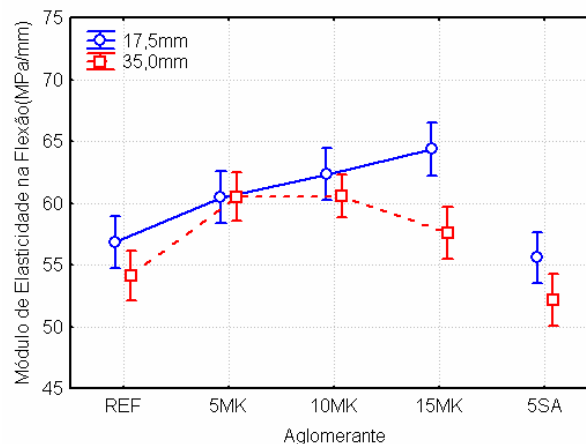


Figura 5.39: efeito conjunto do tamanho das fibras e tipo de aglomerante sobre o MEF

A partir da Figura 5.39 e dos resultados apresentados do teste de comparação múltipla de médias, é possível concluir que enquanto para os compósitos confeccionados com fibras curtas há uma tendência de elevação do módulo com o aumento do teor de metacaulim, para

os GRCs produzidos com fibras longas este aumento só é verificado entre o aglomerante de referência e o com adição de 5% de metacaulim, estabilizando-se para o aglomerante com 10% e havendo uma tendência de queda para o com 15% desta adição. Já os materiais produzidos com sílica ativa apresentam MEF similares aos GRCs com aglomerante de referência. Uma provável explicação para estes resultados está no fato de que para os GRCs com fibras curtas o processo de adensamento se dá mais facilmente, não sendo tão influenciado pelo aumento da coesão da argamassa com o aumento do teor de adições. Nestes compósitos as reações pozolânicas das adições agem como preenchedoras de vazios, acarretando em aumento do MEF com o teor de adições. Já para os GRCs confeccionados com fibras longas, até 5% de metacaulim o efeito de preenchimento de vazios se sobrepõe ao aumento da coesão devido às adições, mas para teores maiores de adição o aumento da coesão começa a impor dificuldades muito grandes de expulsão do ar aprisionado. Quando adicionada a sílica ativa, por este material pozolânico ter uma maior área específica e ser mais fino, é adicionada uma quantidade maior de grãos à argamassa, fazendo com que estas apresentem um maior atrito entre as partículas e, conseqüentemente, maior coesão. Esta característica das matrizes com sílica ativa, combinadas com o adensamento deficiente dos GRCs, faz com que sejam produzidos compósitos mais porosos e, conseqüentemente, com menor MEF. Esta porosidade é aumentada quando se trabalha com fibras mais longas, uma vez que o processo de adensamento é dificultado ainda mais para estas misturas.

O efeito da interação entre o tamanho das fibras e a relação agregado/cimento sobre o MEF se mostrou significativo e é apresentado na Figura 5.40.

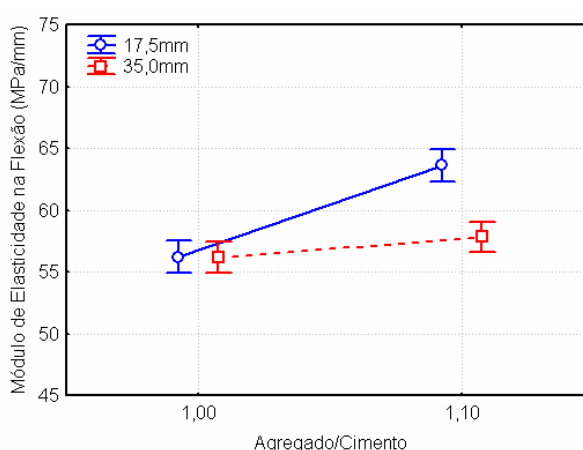


Figura 5.40: efeito conjunto do tamanho das fibras e relação agregado/cimento sobre o MEF

A Figura 5.40 indica que enquanto para o caso dos materiais com relação agregado/cimento igual a 1,00 não há diferenças significativas entre o efeito do tamanho das fibras sobre o módulo de elasticidade na flexão, para os GRCs com maior proporção de agregado, os

materiais confeccionados com fibras curtas apresentam módulo de elasticidade significativamente superior ao dos materiais produzidos com fibras mais longas. Este comportamento provavelmente ocorre devido ao fato de que nos GRCs com fibras longas o efeito decorrente das dificuldades de adensamento se sobrepõe ao efeito da relação agregado/cimento sobre a porosidade e, conseqüentemente, no MEF. Já para os compósitos com fibras curtas, como não há a mesma dificuldade de adensamento, as propriedades da argamassa são as que influenciam majoritariamente na porosidade e no MEF. E, neste caso, as argamassas mais porosas, provavelmente devido à elevada coesão, são as com agregado/cimento iguais a 1,00 (ver Figura 5.2), fazendo com que este material apresente menor MEF.

A Figura 5.41 ilustra o efeito da interação de segunda ordem, estatisticamente significativa, entre o tamanho das fibras o tipo de aglomerante e a relação agregado/cimento sobre o módulo de elasticidade na flexão.

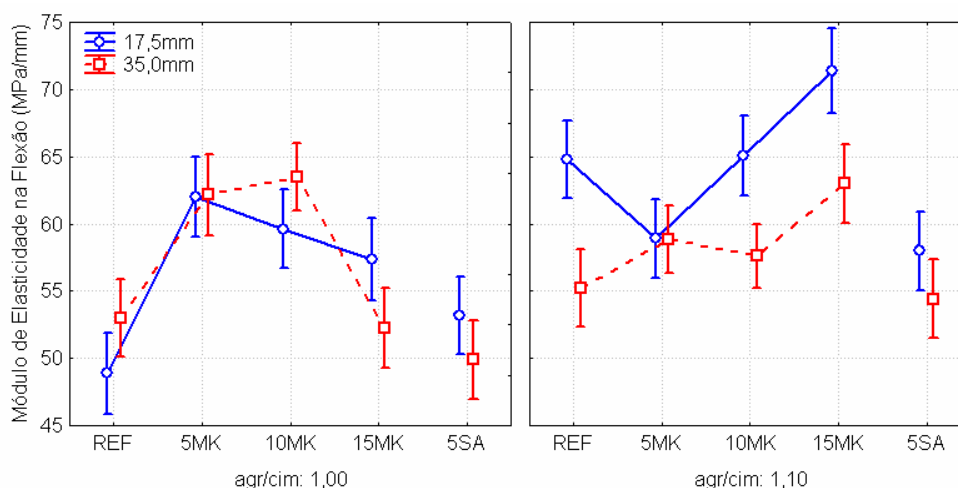


Figura 5.41: efeito conjunto do tamanho das fibras, aglomerante e relação agregado/cimento sobre o MEF

A Figura 5.41, juntamente com o teste de comparação múltipla de médias, indica que, enquanto para relações agregado/cimento iguais a 1,00 não há diferença significativa do efeito do tamanho das fibras sobre o MEF, para os materiais com maior quantidade de agregado, as fibras curtas levam a um maior MEF, com exceção do caso das matrizes com 5% de metacaulim e 5% de sílica ativa. Não foi encontrada uma explicação lógica para o fato de que para estes teores não há uma diferença significativa para os diferentes tamanhos das fibras.

Também é mostrado na Figura 5.41 que, por possuir uma matriz mais porosa, os GRCs constituídos por uma relação agregado/cimento iguais a 1,10 são mais sensíveis à adição de material pozolânico, havendo uma tendência de aumento do MEF destes com o aumento do

teor de metacaulim (devido ao preenchimento de vazios proporcionados pela reação da pozolana com os produtos de hidratação do cimento; ver Figura 5.3).

5.6 COMPARAÇÃO ENTRE RESULTADOS

Dentro dos limites estudados, os resultados indicam que, em média, enquanto o PEL do material aos 28 dias é de 11,8 MPa (se estabilizando depois dos 42 dias em 12,3 MPa), o MOR, depois dos 56 dias de ataque, mantém uma resistência de 14,2 MPa. Ou seja, como citado pela literatura, com o envelhecimento (ataque), o MOR decresce a um nível próximo ao do PEL, mas não inferior a este.

Em geral, os resultados mostram que as propriedades estão divididas em dois grupos: as que dependem fundamentalmente das propriedades da matriz e aquelas que dependem majoritariamente das propriedades do reforço.

As propriedades que dependem majoritariamente das propriedades da matriz são: limite de proporcionalidade (PEL), módulo de elasticidade na flexão (MEF), absorção (ABS), massa específica (MES) e porosidade aparente (PAP). Nestas propriedades, um maior teor de material pozolânico e uma menor relação agregado/cimento levam a uma matriz menos porosa e, conseqüentemente, mais rígida (maior MEF) e mais resistente (com maior PEL).

Para estas propriedades o reforço se mostra somente como um agente perturbador da homogeneidade da matriz. Quanto maior for o comprimento das fibras utilizadas, mais difícil se torna envolver completamente as fibras na matriz, acarretando em um material mais poroso e, conseqüentemente, menos rígido e menos resistente.

O envelhecimento do material leva a um maior preenchimento dos vazios e o efeito do ataque em água quente parece estar mais relacionado com a aceleração das reações de hidratação do que com as mudanças ocorridas na microestrutura do compósito (principalmente na interface fibra x matriz). Assim, a idade se mostra significativa, principalmente quando são utilizados teores elevados de material pozolânico, cujas reações são caracterizadas por ocorrerem posteriormente à reação de hidratação do cimento.

Já o módulo de ruptura (MOR) e a tenacidade (I5, I10 e I30) estão entre as propriedades que são fundamentalmente dependentes do reforço. Os resultados obtidos indicam que quanto maior o tamanho das fibras, apesar do aumento da porosidade, maiores são os módulos de ruptura e as capacidades de absorver energia dos GRCs.

Estas propriedades se mostram muito sensíveis ao efeito do ataque em água quente e as propriedades da matriz estão mais relacionada com a durabilidade do material. Quanto menos

alcalina é a sua matriz (caso dos materiais com maior teor de adições pozolânicas), menos vulnerável à degradação destas propriedades é o GRC.

Portanto, para realizar a dosagem dos GRCs deve-se balancear as proporções e características dos materiais constituintes em função da propriedade que se deseja otimizar.

Um outro exemplo que reforça a necessidade de realizar estas compensações nas dosagens dos GRCs e que foi verificada nesta pesquisa está relacionado com a influência da aderência das fibras à matriz na resistência última do compósito (MOR) e na capacidade deste absorver energia (I5, I10 e I30).

Enquanto um aumento da aderência das fibras à matriz é capaz de aumentar o MOR do GRC independentemente do comprimento das fibras, a capacidade de absorção de energia do compósito pode ser afetada negativamente pelo aumento desta aderência caso ela ultrapasse a tensão de ruptura das fibras. Isto pode ocorrer quando está se utilizando fibras suficientemente longas para atingirem este nível de tensão. Já quando são utilizadas fibras curtas, aumentos na aderência acabam por provocar um aumento do trabalho de deslizamento das fibras, mas não são suficientes para provocar uma mudança na forma de ruptura do compósito, e, neste caso, o efeito do aumento da aderência é capaz de aumentar a tenacidade do material.

Os resultados indicam que com a adição de 15% de metacaulim, devido ao efeito de aumento de aderência fibra x matriz provocado pelo preenchimento de vazios ocasionado pelas reações pozolânicas, é possível aproveitar os efeitos benéficos da utilização de fibras curtas (maior facilidade de adensamento do material, melhorando as propriedades que são majoritariamente dependentes das propriedades da matriz, ou seja: aumentando o PEL e reduzindo a porosidade aparente do compósito) e mesmo assim manter as propriedades que são fundamentalmente dependentes das propriedades do reforço (MOR, I5, I10 e I30) nos níveis mais altos encontrados para as fibras longas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de avaliar o GRC produzido com os materiais disponíveis comercialmente na cidade de Porto Alegre com relação as suas propriedades mecânicas e durabilidade, neste trabalho foram estudados GRCs produzidos com fibras de vidro AR de 17,5 mm e 35,0 mm; com matriz cimentícia com adição de 5% de sílica ativa e 5%, 10% e 15% de metacaulim; com relações agregado/cimento de 1,00 e 1,10; com 28, 42, 49 e 56 dias de idade e para as situações com e sem ataque em água a 50°C.

As propriedades analisadas foram os seus limites de proporcionalidade (PEL), módulo de ruptura (MOR), tenacidade (I5, I10 e I30), módulo de elasticidade na flexão (MEF), absorção de água (ABS), massa específica (MES) e porosidade aparente (PAP).

A influência de cada variável independente nas propriedades em análise, bem como suas interações de primeira e segunda ordem foram avaliadas através de análise de variância. Os resultados levaram às conclusões apresentadas a seguir, cabendo lembrar que as mesmas são válidas para os materiais utilizados e para o intervalo de dados investigado.

6.1 CONCLUSÕES

6.1.1 Com Relação à Influência do Processo de Envelhecimento Acelerado nas Propriedades em Análise

Os resultados mostraram que, analisando isoladamente, o PEL dos GRC não foi significativamente influenciado pelo processo de envelhecimento acelerado.

Os resultados do efeito do ataque em água quente sobre o MOR mostraram um comportamento coerente com o observado na bibliografia. O ataque em água a 50°C levou a uma diminuição brusca do MOR dos GRCs. Considerando-se os valores médios, a queda do MOR para os tempos de ataque estudados foi de 23%.

Apesar de já haver um consenso no meio acadêmico que os GRCs produzidos com materiais utilizados nesta pesquisa, ou seja, sem utilizar matrizes especiais, como as com adição de polímeros ou as produzidas com outros tipos de cimento, apresentam quedas de MOR com o envelhecimento (e com o ataque em água quente), ainda existem divergências quanto ao mecanismo de degradação das propriedades do compósito.

Os índices de tenacidade foram as propriedades que se mostraram mais sensíveis ao efeito do ataque. Considerando-se os valores médios, as quedas dos índices I5, I10 e I30, para os tempos de ataque analisados, foram de, respectivamente, 2,3%, 15,5% e 43,3%.

O estudo realizado permitiu concluir ainda que, de forma geral, o MEF dos GRC não é significativamente influenciado pelo processo de envelhecimento acelerado.

6.1.2 Com Relação à Influência da Idade nas Propriedades em Análise

Os GRCs apresentaram ganhos significativos no PEL depois de 28 dias da hidratação, se estabilizando depois de decorridos 42 dias da moldagem do material.

Os dados deste trabalho indicam uma estabilização do MOR dos 28 aos 49 dias, seguida de um pequeno decréscimo entre os 49 e 56 dias, para os compósitos mantidos sob cura imersa em água a 20°C (sem ataque).

Já no caso dos GRCs submetidos ao processo de imersão em água a 50°C, foi constatada uma redução brusca do MOR nos primeiros 14 dias de ataque, seguidos de uma estabilização do mesmo a um nível correspondente a, em média, 33% do MOR apresentado no início do processo.

Utilizando-se as relações propostas por Litherland et al. (1981), a qual estabelece que 1 dia imerso em água a 50°C corresponde a 18 e 101 dias em regiões com temperaturas médias anuais semelhantes às de Miami e Grã-Bretanha, respectivamente, conclui-se que a esta queda de aproximadamente 33% do MOR ocorre em, aproximadamente, 8 meses e 3,9 anos nestes ambientes.

Os resultados indicam ainda que, em média, enquanto o PEL do material aos 28 dias é de 11,8 MPa (se estabilizando depois dos 42 dias em 12,3 MPa), o MOR depois dos 56 dias de ataque mantém uma resistência de 14,2 MPa, ou seja, como citado pela literatura, com o envelhecimento o MOR decresce a um nível próximo ao do PEL, mas não inferior a este. Sendo assim, é possível utilizar para o dimensionamento das peças produzidas com o compósito em estudo os valores de PEL aos 28 dias (com os devidos coeficientes de segurança).

Os corpos-de-prova que não sofreram ataque apresentaram mudanças significativas de tenacidade ao longo da idade. Já no caso dos que sofreram o ataque em água quente, foram verificadas quedas significativas de tenacidade ao longo da idade e estas são maiores quanto maior for o tempo de ataque.

Ao contrário do que ocorreu com o MOR, os índices de tenacidade não apresentaram uma tendência de estabilização dos seus valores para os tempos de ataque estudados, podendo haver quedas maiores que as verificadas caso sejam estudados tempos de ataque que simulem um maior tempo de envelhecimento.

Verificou-se ainda que há uma tendência de aumento do módulo de elasticidade com a idade, relacionado com a velocidade do desenvolvimento da resistência da matriz cimentícia.

6.1.3 Com Relação à Influência do Tipo de Aglomerante nas Propriedades em Análise

A medida que o teor de adição de metacaulim foi aumentado se verificou um aumento conjunto do limite de proporcionalidade do material.

Os maiores valores de PEL foram alcançados pelos materiais com 15% de metacaulim. Já os GRCs com adições de 5% de sílica ativa se comportaram de maneira similar aos com 10% de metacaulim.

Com relação ao tipo e teor de adição pozolânica utilizados, os materiais com 10% e 15% de metacaulim e 5% de sílica ativa foram os que apresentaram maiores valores de MOR para a situação sem ataque.

Quando submetidos ao ataque, todos os GRCs, independentemente do tipo de aglomerante utilizado, apresentaram MOR inferior aos da situação sem ataque. Somente os materiais com 15% de adição de metacaulim e 5% de sílica ativa mantiveram MOR ligeiramente superior ao do GRC produzido com o aglomerante de referência. Enquanto para as situações 15MK e 5SA o MOR, em média, os MORs se estabilizam em, respectivamente, 14,6 MPa e 14,2 MPa, para REF, 5MK e 10MK estes valores são de 13,0 MPa, 11,8 MPa e 12,5 MPa, na mesma ordem.

Para a situação sem ataque, os dados obtidos nesta pesquisa indicam que, quando utilizados aglomerantes com adições pozolânicas, os compósitos apresentam índices de tenacidade significativamente superiores aos GRCs com aglomerante de referência.

Nenhum dos tipos de adição pozolânica avaliados, nos níveis em estudo, proporcionaram ao GRC uma elevada capacidade de retenção da tenacidade depois de sofrido o ataque. Os compósitos constituídos por aglomerante com adição de 5% de sílica ativa foram os que apresentaram menores quedas de tenacidade. Esta solução não apresentou decréscimo significativo do índice I5 e decréscimos de, em média, 11,5% e 43,5% para os índices I10 e I30, respectivamente (as médias das quedas correspondentes às demais soluções foram de 17,0% e 45,0%, na mesma ordem).

Os módulos de elasticidade na flexão dos materiais constituídos por aglomerantes que contêm metacaulim são significativamente maiores do que os dos demais materiais.

Houve uma tendência de diminuição da absorção de água e da porosidade aparente do compósito com o aumento do teor de adição de metacaulim. Este comportamento já era previsível, uma vez que as reações pozolânicas promovem o preenchimento de vazios. No entanto, os GRCs produzidos com adição de sílica ativa apresentaram elevadas absorções de água e porosidade aparente, o que possivelmente ocorreu devido à elevada coesão das matrizes produzidas com este tipo de adição, que dificultou o processo de moldagem.

6.1.4 Com Relação à Influência da Relação Agregado/Cimento nas Propriedades em Análise

Nos níveis estudados, o efeito isolado da relação agregado/cimento sobre o PEL não se mostrou significativo. No entanto, o efeito da interação desta variável com o aglomerante foi significativa.

Os resultados indicam uma tendência de crescimento do PEL com o aumento do teor de adição de metacaulim somente para os materiais com maior relação agregado/cimento.

Para os níveis estudados, o efeito isolado da relação agregado/cimento sobre o MOR não foi significativo. Assim, materiais com menor quantidade de cimento, ou seja, mais econômicos, podem ser utilizados no lugar dos com maior consumo de cimento sem perdas significativas de resistência última do material.

O efeito isolado do agregado/cimento não se mostrou estatisticamente significativo para nenhum dos índices de tenacidade calculados. Este resultado reforça a teoria de que a capacidade de absorção de energia do compósito está majoritariamente relacionada com as propriedades do reforço, sendo que as propriedades da matriz só mostram-se significativas quando interferem nos mecanismos de interação entre as fibras e a matriz (exemplo: resistência de aderência entre as fases).

Os módulos de elasticidade na flexão dos GRCs são fortemente influenciados pelo teor de agregado, crescendo juntamente com a relação agregado/cimento. Considerando-se os valores médios, os módulos de elasticidade dos materiais com maiores teores de agregado são 8,1% superiores aos dos materiais com mesma proporção de agregado e cimento.

Somente foi verificada uma tendência de diminuição da absorção de água e da porosidade aparente dos GRCs com o aumento do teor de metacaulim para os materiais com maior relação agregado/cimento (1,10), o que justifica o aumento do PEL e do MEF com o aumento do teor deste tipo de adição somente para os GRCs produzidos com esta mesma relação agregado/cimento.

Foi verificado, neste estudo, um aumento da absorção de água e da porosidade aparente com o aumento da quantidade de cimento do material, o que provavelmente ocorreu devido ao aumento da coesão destas matrizes, dificultando a expulsão do ar aprisionado durante o processo de moldagem.

Com relação à massa específica, somente no caso dos materiais confeccionados com o aglomerante 15MK que há uma diferença significativa da propriedade para as diferentes relações agregado/cimento, sendo maior a massa específica para os materiais produzidos com um maior teor de agregado.

6.1.5 Com Relação à Influência do Tamanho das Fibras nas Propriedades em Análise

Com relação ao tamanho das fibras, os resultados seguiram as tendências esperadas, apresentando diminuição do PEL com o aumento do tamanho das fibras.

Além disso, o efeito da interação entre o tamanho das fibras e o ataque sugere que, quando mantidos em cura, as fibras mais curtas apresentam uma maior eficiência na supressão das microfissuras, como é sugerido pela bibliografia, levando a valores de PEL superiores aos encontrados para os materiais com fibras mais longas.

Os MORs dos GRCs produzidos com fibras de 35 mm foram, em média, 9% superiores aos dos obtidos em compósitos com fibras mais curtas. Este comportamento está coerente com a Mecânica dos materiais cimentícios reforçados com fibras, a qual considera que o aumento dos tamanhos das fibras provoca mudança no modo de fratura do compósito. Segundo esta, somente a partir de um determinado comprimento de fibra que as tensões nas fibras atingem as suas tensões últimas, utilizando assim a maior parte do potencial do reforço. Nas fibras com comprimentos inferiores a este limite, as fibras não apresentam aderência suficiente com a matriz (devido à baixa área de contato) para levar as tensões no reforço às suas resistências últimas, sendo arrancadas da matriz antes que isto ocorra.

O efeito do tamanho das fibras sobre o MOR, aparentemente, é influenciado pela aderência das fibras à matriz cimentícia. Os resultados indicam que com a adição de 15% de metacaulim é possível aproveitar os efeitos benéficos da utilização de fibras curtas (maior facilidade de adensamento do material, melhorando assim as propriedades que são majoritariamente dependentes das propriedades da matriz, ou seja: aumentando o PEL e diminuindo a porosidade aparente) e mesmo assim manter as propriedades que são fundamentalmente dependentes das propriedades do reforço (MOR, I5, I10 e I30) nos níveis mais altos encontrados para as fibras longas.

Os resultados indicam que os GRCs produzidos com fibras de 35 mm (mais longas) só apresentam uma capacidade de aumento da tenacidade significativamente maior que os com fibras curtas quando no cálculo desta é considerado um trecho maior da curva tensão x deflexão.

Com a adição de 15% de metacaulim, os índices de tenacidade dos GRCs produzidos com fibras curtas se elevam, provavelmente devido ao aumento da resistência de aderência entre as fibras e a matriz, aos maiores níveis de índices de tenacidade alcançados (em alguns casos se igualando aos produzidos sem adição e com fibras longas e aos produzidos com 5% de sílica ativa.

Os resultados indicam que, devido ao fato dos materiais produzidos utilizando-se fibras mais longas apresentarem uma maior dificuldade de adensamento do material, incorporando mais ar do que no caso dos GRCs produzidos com fibras curtas, os módulos de elasticidade na flexão dos GRCs produzidos com fibras de 35,0 mm foram menores do que o dos materiais confeccionados com fibras mais curtas.

A absorção de água e a porosidade aparente dos materiais constituídos por fibras longas (35,0 mm) foram significativamente maiores que as dos GRCs com fibras curtas. Admite-se que este aumento da porosidade com o aumento do tamanho das fibras, provavelmente está relacionado com a maior facilidade de adensamento e, conseqüentemente, maior homogeneidade do GRC produzido com fibras mais curtas. As fibras mais curtas apresentam uma maior capacidade de serem completamente envolvidas pela matriz cimentícia, apresentando raros ninhos de fibras no meio do material final.

6.1.6 Considerações Finais Quanto aos Métodos Adotados

Apesar de ter sido utilizado um método gráfico para determinação dos limites de proporcionalidades dos GRCs, este método levou a dados coerentes com a literatura. Os PELs determinados se mostraram sensíveis às variáveis que se esperava que fossem, e os efeitos das daquelas variáveis que literatura indicava não exercer influência sobre o PEL, realmente não demonstraram ser significativos sobre o mesmo. Assim, apesar da baixa precisão do método e da vulnerabilidade deste a diferentes interpretações, a depender de quem esteja analisando os dados, ele se mostrou capaz de ser utilizado satisfatoriamente para os fins desta pesquisa.

O método adotado para avaliar a capacidade de absorção de energia dos GRCs (tenacidade) se mostrou ser sensível às variáveis estudadas, levando a resultados coerentes com a literatura científica que aborda este material. Além disso, verificou-se que os índices de tenacidade são

mais sensíveis ao ataque quando consideram um trecho maior da curva tensão x deflexão, ou seja, o I30 sofre uma maior queda devido ao ataque e o I5 a menor.

O critério utilizado para determinar o módulo de elasticidade na flexão dos GRCs também levou a resultados satisfatórios e coerentes com a bibliografia. No entanto, recomenda-se que, caso seja dada uma maior importância a esta propriedade em estudos futuros e se deseje utilizar este método, sejam realizados estudos preliminares para avaliar a sensibilidade do mesmo a depender do número de pontos utilizados para a determinação e dos trechos utilizados/desprezados na análise (por exemplo: avaliar a influência da não utilização de um trecho inicial da curva devido às prováveis acomodações iniciais existentes).

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Visto que o presente trabalho ficou limitado às variáveis estudadas, e que durante a sua realização surgiram novos questionamentos, são sugeridos os seguintes estudos:

- Da influência da relação água/cimento e do teor de fibras sobre as propriedades mecânicas e durabilidade dos GRCs;
- Do efeito da utilização de diferentes materiais pozolânicos, em diferentes teores, determinando coeficientes de eficiência relativos às capacidades de retenção de resistência e de absorção de energia;
- Da capacidade de absorção de energia dos GRCs através de ensaios dinâmicos;
- Das causas de degradação das propriedades do GRC com o envelhecimento;
- Das melhorias das propriedades das fibras, buscando materiais menos suscetíveis a propagação de falhas;
- Da capacidade de retenção das propriedades mecânicas dos GRCs através de envelhecimento natural;
- Da capacidade de retenção das propriedades iniciais dos GRCs constituídos por outras matrizes (com polímeros ou à base de outros tipos de cimento);

Por fim, vale ressaltar que as soluções para a atual principal lacuna do conhecimento no tocante ao GRC, que é a sua durabilidade, passa pela compreensão dos mecanismos químicos e microestruturais envolvidos no problema. Sendo assim, para se obter êxito, considera-se necessário que as pesquisas tenham caráter interdisciplinar, envolvendo profissionais da Engenharia Civil, da Química e da Engenharia e Ciência dos Materiais.

REFERÊNCIAS

ACI COMMITTEE 544. **ACI 544.1R-96**: State-of-the-art report on fiber reinforced concrete. 1996.

ACI COMMITTEE 544. **ACI 544.2R-89**: Measurement of properties of fiber reinforced concrete. 1999.

ALI, M.A.; MAJUMDAR, A.J.; SINGH, B. Properties of glass fibre cement – the effect of fibre length and content. **Journal of Materials Science**. v. 10, 1975. p. 1732-1740.

AMBROISE, J.; PERA, J. Pressing of premixed GRC: influence of fiber length on toughness. In: RILEM SYMPOSIUM ON FIBRE REINFORCED CEMENT AND CONCRETE, 4., 1992, London. **Anais...** London: E & FN Spon, 1992. p. 316-323.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. **ASTM C947-97**: Standard Test Method for Flexural Properties of Thin-Section Glass-Fiber-Reinforced Concrete (Using Simple Beam With Third-Point Loading). 1997. West Conshohocken, Pennsylvania State.

_____. **ASTM C948-81**: Standard test method for dry and wet bulk density, water absorption, and apparent porosity of thin sections of glass-fiber reinforced concrete. 1994. West Conshohocken, Pennsylvania State.

_____. **ASTM C1018-97**: Standard test method for flexural toughness and first-crack strength of fiber-reinforced concrete (using beam with third-point loading). 1997. West Conshohocken, Pennsylvania State.

_____. **ASTM C 1228**: Standard practice for preparing coupons for flexural and washout tests on glass fiber reinforced concrete. 1996. West Conshohocken, Pennsylvania State.

_____. **ASTM C1229-94**: Standard test method for determination of glass fiber content in glass fiber reinforced concrete (GFRC) (wash-out test). 1994. West Conshohocken, Pennsylvania State.

_____. **ASTM C1560-03**: Standard test method for hot water accelerated aging of glass-fiber reinforced cement-based composites. 2003. West Conshohocken, Pennsylvania State.

ASHBY, M.F.; JONES, D.R.H. **Engineering materials volume 2**: An introduction to microstructures, processing and design. 2 ed., 384 p., Butterworth-Heinemann. 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR9776**: Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. 1987. Rio de Janeiro.

_____. **NBR 12989**: Cimento Portland branco. 1993. Rio de Janeiro.

_____. **NBRNM23**: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação de massa específica. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBRNM248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

BARR, B.I.G.; LIU, K. Fracture of GRC materials. **The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete**. v. 4, n. 3. aug. 1982. p. 163-171.

BARTOS, P.J.M.; ZHU, W. Effect of microsilica and acrylic polymer treatment on the ageing of grc. **Cement and Concrete Composites**. v. 18, issue 1. 1996. p. 31-39.

BENTUR, A.; DIAMOND, S. Effect of ageing of glass fibre reinforced cement on the response of an crack on intersecting a glass fibre strand. **The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete**. v. 8, issue 4. nov. 1986. p. 213-222.

BENTUR, A.; MINDESS, S. **Fibre Reinforced Cementitious Composites**. 449 p., London: Elsevier Applied Science, 1990.

BETTERMAN, L.R.; OUYANG, C.; SHAH, S.P. Fiber-matrix interaction in microfiber-reinforced mortar. **Advanced Cement Based Materials**. v. 2, issue 2, mar.1995. p. 53-61.

BIJEN, J. Durability of some glass fiber reinforced cement composites. **ACI Journal**, jul.-aug., 1983. p. 305-311.

BIJEN, J. Improved mechanical properties of glass fibre reinforced cement by polymer modification. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE MATERIAIS REFORÇADOS COM FIBRAS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Anais...** São Paulo, EPUSP, 1993. p. 55-82.

CALLISTER JR, W.D. **Ciência e Engenharia de Materiais – Uma Introdução**. 5 ed., 590 p., LTC, 2002.

CEM-FIL. **Cem-FIL GRC Technical Data**. Madrid, 1997. 91 p.

CEM-FIL. Disponível em: <http://www.cem-fil.com/products/cf_ar_product.html>. Acessado em 11/04/2005.

CEM-FIL. **Guide to Premix Manufacture**. 20 p. Disponível em: <http://www.cem-fil.com/cf_literature.html>. Acessado em 11/04/2005.

CEM-FIL. **Guide to Spray Manufacture**. 32 p. Disponível em: <http://www.cem-fil.com/cf_literature.html>. Acessado em 11/04/2005.

CUYPERS, H.; WASTIELS, J.; VAN ITTERBEECK, P.; DE BOLSTER, E.; ORLOWSKY, J.; RAUPACH, M. Durability of glass fibre reinforced composites experimental methods and results. **Composites**. Part A: Applied Science and Manufacturing. Elsevier. v. 37, issue 2, feb. 2006. p. 207-215.

DAL MOLIN, D.C.C. **Contribuição ao estudo das propriedades mecânicas dos concretos de alta resistência com e sem adições de microssílica**. 1995. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

DE VEKEY, R.C.; MAJUMDAR, A.J. Interfacial bond strength of glass fibre reinforced cement composites. **Journal of Materials Science**. v. 5, 1970. p. 183-185

EL-SHAKRA, Z.M. e GOPALARATNAM, V. Deflection measurements and toughness evaluations for FRC. **Cement and Concrete Research**, v. 23, 1993. p. 1455-1466.

ENFOQUE. **Uma onda de concreto branco e leve**. 24 de maio de 2005. Disponível em: < <http://www.enfoque.com/?system=news&action=read&id=984&eid=142>>. Acessado em 15/08/2006.

FERREIRA, J.G.; BRANCO, F.A. Structural application of GRC in telecommunication towers. **Construction and Building Materials**. v. 21, issue 1, jan. 2007. p. 19-28.

GAVA, G.V. **Ensaio de Flexão em Corpos-de-Prova Prismáticos de Concreto Reforçado com Fibras de Aço**. Trabalho acadêmico da disciplina 'Instrumentação de Ensaios' – PPGEC-UFSC, 2003.

GLASSFIBRE REINFORCED CONCRETE ASSOCIATION - GRCA. Disponível em: < www.grca.co.uk >. Acessado em 11/04/2005.

_____. **GRC in action**, 2003. 24 p.

_____. **GRC Today**, 1995. 15 p.

_____. **Specification for the manufacture, curing and testing of GRC products**, 2 ed, 2000, 12 p.

GLINICKI, M.A.; VAUTRIN, A.; SOUKATCHOFF, P.; FRANÇOIS-BRAZIER, J. Plate impact testing method for GRC materials. **Cement and Concrete Composites**, v. 16, p.241-251. Elsevier. 1994

GOPALARATNAM, V. e GETTU, R. On the characterization of flexural toughness in fiber reinforced concretes. **Cement and Concrete Composites**, v. 17, p. 239-254, 1995.

GRC-GROUP. Disponível em: < www.grc-group.com >. Acessado em 10/08/2006.

HANNANT, D. J. **Fiber Cements and Fiber Concretes**. 209 p., Guildford, United Kingdom: John Wiley & Sons, 1978.

HAYASHI, M.; SUENAGA, T.; UCHIDA, L.; TAKAHASHI, S. High durability GFRC using low-alkali, low shrinkage (CGC) cement. In: RILEM SYMPOSIUM ON FIBRE REINFORCED CEMENT AND CONCRETE, 4., 1992, London. **Anais...** London: E & FN Spon, 1992. p. 888-901.

HIBBERT, A.P.; GRIMER, F.J. Flexural fatigue of glass-fibre-reinforced cement. **Journal of Materials Science**. v. 10, 1975. p. 2124-2133.

JIN, W. Development and application of a GRC lightweight prestressed slab for networked roofs. In: RILEM SYMPOSIUM ON FIBRE REINFORCED CEMENT AND CONCRETE, 4., 1992, London. **Anais...** London: E & FN Spon, 1992. p. 700-712.

KOMLOS, K.; BABÁL, B.; VANIS, M.; KOZÁNKOVÁ, J. Determining of glassfibre-reinforced cement durability. **Bulletin of Materials Science**, v. 17, n. 2, apr. 1994, Indian Academy of Sciences, p. 181-194.

KOSA, K.; NAAMAN, A. E.; HANSEN, W. Durability of fiber reinforced mortar. **ACI Materials Journal**. May-Jun., 1991. p. 310-319.

KRENCHER, H. Fiber reinforced brittle matrix materials. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FIBER REINFORCED CONCRETE. 1973. Ottawa, Canada. **Anais...** Detroit: ACI, 1974. ACI Committee 544. p. 45-77.

LAWS, V. On the mixture rule for strength of fibre reinforced cements. **Journal of Materials Science**. v. 2, 1983, p. 527-531.

LIANG, W.; CHENG, J.; HU, Y.; LUO, H. Improved properties of GRC composites using commercial E-glass fibers with new coatings. **Materials Research Bulletin**. v. 37, p. 641-646, 2002.

LITHERLAND, K.L.; OAKLEY, D.R.; PROCTOR, B.A. The use of accelerated aging procedures to predict the long term strength of GRC composites. **Cement and Concrete Research**, v. 11, n. 3, may, 1981, p. 455-466.

MADEJ, J. Properties of GFRC mortars with different pozzolanic additives. In: RILEM SYMPOSIUM ON FIBRE REINFORCED CEMENT AND CONCRETE, 4., 1992, London. **Anais...** London: E & FN Spon, 1992. p. 114-125.

MÄDER, E.; PLONKA, R.; SCHIEKEL, M.; HEMPEL, R. Coatings on alkali-resistant glass fibres for the improvement of concrete. **Journal of Industrial Textiles**, v. 33, n. 3, jan. 2004. Sage Publications, p. 191-207.

MAGALHÃES, A.G.; MARQUES, A.T.; OLIVEIRA, F.M.F.; SOUKATCHOFF, P.; CASTRO, P.T. de. Mechanical Behaviour of Cementitious Matrix Composites. **Cement and Concrete Composites**. v. 18, p. 9-22, 1996.

MAJUMDAR, A.J.; LAWS, V. **Glass Fibre Reinforced Cement**. Oxford: BSP Professional Books, 1991. 197 p.

MAJUMDAR, A.J.; SINGH, B.; LANGLEY, A.A.; ALI, M.A. The durability of glass fibre cement – the effect of fibre length and content. **Journal of Materials Science**. v. 15, 1980, p. 1085-1096.

MARIKUNTE, S.; ALDEA, C.; SHAH, S. P. Durability of glass fiber reinforced cement composites: effect of silica fume and metakaolin. **Advanced Cement Based Materials**. v. 5, p.100-108, 1997.

MATHCAD. Version 2000. [S.l.]: Mathsoft, Inc., 1999.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, 1994.

MILLS, R.H. Preferential precipitation of calcium hydroxide on alkali-resistant glass fibres. **Cement and Concrete Research**, v. 11, 1981. p. 689-697.

MOBASHER, B.; SHAH, S. P. Test parameters for evaluating toughness of glass-fiber reinforced concrete panels. **ACI Materials Journal**. Sept. – Oct., 1989. p. 448-458.

MONTGOMERY, D.C. **Design and analysis of experiments**. 5 ed. New York: John Wiley & Sons, 2001. 684 p.

NELSON, P.K.; LI, V.C.; KAMADA, T. Fracture toughness of microfiber reinforced cement composites. **Journal of Materials in Civil Engineering**. American Society of Civil Engineers - ASCE. v. 14, sep./oct. 2002. p. 384-391.

NEVILLE, A.M. **Propriedades do Concreto**. São Paulo: Pini, 1997.

OLIVEIRA, C.T.A.; ANTUNES, R.P.N. Novas tecnologias em CRV. 2000. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL COMPONENTES PRÉ-MOLDADOS EM CIMENTO REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO – CRV, 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2000. 1 CD-ROM.

PARADELA, M.L.S.; DEL AGUILA, A. El envejecimiento de las pastas de cemento reforzadas con fibras de vidrio. **Materiales de Construcción**, v. 42, n. 226, abril/mayo/junio 1992, p. 65-71.

PROCTOR, B.A. A Review of the Theory of *GRC*. **Cement and Concrete Composites**. v. 12, 1990, p. 53-61.

PURNELL, P.; BEDDOWS, J. Durability and simulated ageing of new matrix glass fibre reinforced concrete. **Cement and Concrete Composites**. v. 27, 2005, p. 875-884.

PURNELL, P.; SENEVIRATNE, A. M. G.; SHORT, N. R.; PAGE, C. L. Super-critical carbonation of glass-fibre reinforced cement. Part 2: Microstructural observations. **Composites - Part A: applied science and manufacturing**. v. 34, 2003. p. 1105-1112.

PURNELL, P.; SHORT, N. R.; PAGE, C. L. A static fatigue model for the durability of glass fibre reinforced cement. **Journal of Materials Science**. [S.l.]: Kluwer Academic Publishers. v. 36, 2001. p. 5385-5390.

PURNELL, P.; SHORT, N. R.; PAGE, C. L.; MAJUMDAR, A. J. Microstructural observations in new matrix glass fibre reinforced cement. **Cement and Concrete Research**. v.30, p. 1747-1753, 2000.

PURNELL, P.; SHORT, N. R.; PAGE, C. L. Super-critical carbonation of glass-fibre reinforced cement. Part 1: mechanical testing and chemical analysis. **Composites - Part A: applied science and manufacturing**. v. 32, 2001. p. 1777-1787.

SANTOS, A.P. **Análise de parâmetros influentes na cromaticidade e no comportamento mecânico de concretos à base de cimento branco**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SENEVIRATNE, A.M.G.; SHORT, N.R.; PURNELL, P.; PAGE, C.L. Preliminary investigations of the dimensional stability of super-critically carbonated glass fibre reinforced cement. **Cement and Concrete Research**. v. 32, 2002. p. 1639-1644.

SHAH, S. P.; LUDIRDJA, D.; DANIEL, J. I.; MOBASHER, B. Toughness-Durability of glass fiber reinforced concrete systems. **ACI Materials Journal**. Sept.-Oct., 1988. p. 352-360.

SILVA, V. G. **Diretrizes para o projeto de painéis de fachada em cimento reforçado com fibras de vidro (GRC)**. 1998. 145 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SINGH, B.; MAJUMDAR, A.J.; ALI, M.A. Properties of grc containing pfa. **The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete**. v. 6, n. 2, 1984. p. 65-74.

SINGH, B.; MAJUMDAR, A.J. The effect of pfa addition on the properties of grc. **The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete**. v. 7, n. 1, feb. 1985. p. 3-10.

SINGH, B.; MAJUMDAR, A.J. The effect of sand addition on the properties of grc. **The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete**, v. 9, n. 2, 1987. p. 75-79.

SOUZA, P.S.L. **Verificação da influência do uso de metacaulim de alta reatividade nas propriedades mecânicas do concreto de alta resistência**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

SOUZA SANTOS, P. **Ciência e Tecnologia das Argilas**, v. 2, 2 ed., Edgard Blucher, 1992 234 p.

STATISTICA: data analysis software system. Version 7.0. [S.l.]: StatSoft, Inc., 2004

STUCKE, M.S.; MAJUMDAR, A.J. Microstructure of glass fibre-reinforced cement composites. **Journal of Materials Science**, Great Britian: Chapman and Hall, v. 11, 1976, p. 1019-1030.

TAYLOR, H.F.W. **Cement Chemistry**. 475 p., London: Academic Press, 1990.

UNITED STATES PATENT – US PATENT. David Ralph Cockram. **Coating Compositions for Glass Fibres**. US PATENT 3,954,490. May 4, 1976.

WEST, J.M.; WALTON, P.L. Fatigue endurance of aged glass fibre reinforced cement. **Journal of Materials Science**. v. 16, 1981, p. 2398-2400.

WEST, J.M.; MAJUMDAR, A.J. Strength of glass fibres in cement environments. **Journal of Materials Science Letters**, v. 1, 1982, p. 214-216.

ZHANG, Y.; SUN, W.; SHANG, L.; PAN, G. The effect of high content of fly ash on the properties of glass fiber reinforced cementitious composites. **Cement and Concrete Research**, v. 27, n. 12, 1997, p. 1885-1891.

ZHU, W.; BARTOS, P.J.M. Assessment of interfacial microstructure and bond properties in aged GRC using a novel microindentation method. **Cement and Concrete Research**, v. 27, n. 11, 1997, p. 1701-1711.

ZOLLO, R.F. Fiber-reinforced concrete: an overview after 30 years of development. **Cement and Concrete Composites**, v. 19, issue 2, 1997, p. 107-122.

**APÊNDICE A – DADOS BRUTOS, TESTES DE COMPARAÇÃO
MÚTIPLA DE MÉDIAS E CURVAS TENSÃO X DEFLEXÃO**

DADOS BRUTOS

Valores brutos da absorção de água, massa específica e porosidade aparente

Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	Absorção (%)	Massa Específica (g/cm³)	Porosidade Aparente (%)
REF	1,0	17,5	11,31	1,93	21,84
REF	1,0	17,5	12,84	2,21	28,36
REF	1,0	17,5	12,05	2,05	24,73
REF	1,1	17,5	10,38	2,08	21,57
REF	1,1	17,5	10,01	2,09	20,93
REF	1,1	17,5	10,73	2,07	22,22
REF	1,1	17,5	10,50	2,08	21,86
REF	1,1	17,5	10,37	2,07	21,50
REF	1,1	17,5	10,40	2,09	21,77
5MK	1,0	17,5	11,20	2,07	23,20
5MK	1,0	17,5	11,32	2,05	23,27
5MK	1,0	17,5	11,08	2,07	22,96
5MK	1,0	17,5	11,15	2,06	23,01
5MK	1,0	17,5	11,59	2,03	23,58
5MK	1,1	17,5	11,74	2,01	23,57
5MK	1,1	17,5	11,75	2,01	23,60
5MK	1,1	17,5	11,71	2,01	23,52
10MK	1,0	17,5	11,00	2,04	22,38
10MK	1,0	17,5	10,80	2,04	22,03
10MK	1,0	17,5	11,74	2,02	23,73
10MK	1,0	17,5	11,47	2,02	23,19
10MK	1,0	17,5	10,84	2,04	22,13
10MK	1,1	17,5	10,56	2,05	21,66
10MK	1,1	17,5	10,77	2,04	21,94
10MK	1,1	17,5	10,96	2,03	22,27
10MK	1,1	17,5	11,10	2,02	22,40
15MK	1,0	17,5	11,00	2,01	22,13
15MK	1,0	17,5	11,04	2,01	22,22
15MK	1,0	17,5	11,02	2,01	22,18
15MK	1,1	17,5	10,59	2,06	21,79
15MK	1,1	17,5	10,74	2,05	21,99
5SA	1,0	17,5	12,16	1,96	23,89
5SA	1,0	17,5	12,13	1,96	23,84
5SA	1,0	17,5	12,10	1,96	23,77
5SA	1,1	17,5	10,75	2,00	21,50
5SA	1,1	17,5	12,76	1,95	24,94
REF	1,0	35,0	11,80	2,05	24,15
REF	1,0	35,0	11,66	2,03	23,68
REF	1,1	35,0	11,38	2,04	23,22
REF	1,1	35,0	11,56	2,05	23,69
5MK	1,0	35,0	12,29	2,00	24,53
5MK	1,0	35,0	11,46	2,02	23,18
5MK	1,0	35,0	12,19	2,00	24,35
5MK	1,0	35,0	11,53	2,03	23,41
5MK	1,0	35,0	12,28	2,01	24,66
5MK	1,0	35,0	11,07	2,04	22,58
5MK	1,1	35,0	12,46	2,02	25,19
5MK	1,1	35,0	12,43	2,02	25,12
5MK	1,1	35,0	12,49	2,02	25,24
5MK	1,1	35,0	11,31	2,02	22,89
5MK	1,1	35,0	11,29	2,02	22,84

Continuação

Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	Absorção (%)	Massa Específica (g/cm³)	Porosidade Aparente (%)
5MK	1,1	35,0	11,33	2,02	22,93
10MK	1,0	35,0	12,17	2,02	24,55
10MK	1,0	35,0	11,94	2,04	24,33
10MK	1,0	35,0	11,77	2,02	23,74
10MK	1,0	35,0	12,02	2,03	24,44
10MK	1,0	35,0	12,16	2,03	24,66
10MK	1,0	35,0	11,46	2,03	23,24
10MK	1,0	35,0	9,66	2,10	20,34
10MK	1,0	35,0	10,00	2,09	20,89
10MK	1,0	35,0	10,46	2,10	21,95
10MK	1,1	35,0	11,37	2,08	23,61
10MK	1,1	35,0	11,16	2,09	23,37
10MK	1,1	35,0	11,30	2,08	23,45
10MK	1,1	35,0	11,64	2,05	23,90
10MK	1,1	35,0	11,47	2,07	23,71
10MK	1,1	35,0	9,88	2,09	20,69
10MK	1,1	35,0	10,59	2,07	21,96
10MK	1,1	35,0	10,55	2,07	21,86
10MK	1,1	35,0	11,06	2,08	22,96
10MK	1,1	35,0	10,75	2,08	22,34
10MK	1,1	35,0	11,11	2,06	22,84
10MK	1,1	35,0	10,57	2,08	22,01
10MK	1,1	35,0	10,63	2,08	22,08
15MK	1,0	35,0	11,55	2,04	23,51
15MK	1,0	35,0	12,97	1,97	25,55
15MK	1,0	35,0	12,30	2,00	24,61
15MK	1,0	35,0	11,93	2,01	24,02
15MK	1,0	35,0	11,49	2,04	23,41
15MK	1,1	35,0	10,49	2,07	21,76
15MK	1,1	35,0	10,50	2,07	21,73
15MK	1,1	35,0	11,01	2,06	22,72
15MK	1,1	35,0	10,87	2,06	22,44
5SA	1,0	35,0	11,09	2,04	22,64
5SA	1,0	35,0	11,21	2,04	22,83
5SA	1,0	35,0	11,88	2,02	23,94
5SA	1,0	35,0	11,88	2,02	23,95
5SA	1,0	35,0	12,18	2,01	24,46
5SA	1,0	35,0	11,47	2,04	23,38
5SA	1,1	35,0	12,21	2,01	24,55
5SA	1,1	35,0	12,20	2,01	24,50
5SA	1,1	35,0	12,17	2,01	24,47

Valores brutos do limite de proporcionalidade (PEL), módulo de ruptura (MOR), índices de tenacidade (I5, I10 e I30) e módulo de elasticidade na flexão (MEF)

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
28	sem ataque	REF	1,0	17,5	15,269	24,282	4,689	9,930	35,336	48,609
28	sem ataque	REF	1,0	17,5	14,223	18,569	4,388	8,991	30,104	54,091
28	sem ataque	REF	1,0	17,5	12,629	19,968	4,627	9,584	34,160	52,869
28	sem ataque	REF	1,1	17,5	14,133	14,258	3,807	7,492	21,171	60,401
28	sem ataque	REF	1,1	17,5	12,879	18,484	4,799	9,941	33,841	64,596
28	sem ataque	REF	1,1	17,5	14,276	18,595	4,594	9,487	32,671	70,826
28	sem ataque	REF	1,1	17,5	12,897	22,381	4,850	10,299	36,638	67,353
28	sem ataque	5MK	1,0	17,5	13,519	19,507	4,981	10,409	35,826	65,754
28	sem ataque	5MK	1,0	17,5	14,403	22,097	4,699	10,014	35,604	59,093
28	sem ataque	5MK	1,0	17,5	14,281	21,910	4,949	10,522	37,107	66,771
28	sem ataque	5MK	1,0	17,5	14,343	21,319	4,424	9,280	32,914	63,300
28	sem ataque	5SA	1,0	35,0	15,160	25,692	4,612	9,925	35,386	48,000
28	sem ataque	5SA	1,0	35,0	13,834	20,707	4,792	10,377	33,568	48,530
28	sem ataque	5SA	1,0	35,0	12,769	27,202	5,024	10,865	40,984	42,302
28	sem ataque	5SA	1,0	35,0	9,199	22,514	4,957	11,176	42,902	22,788
28	sem ataque	5SA	1,0	35,0	12,940	29,573	5,110	11,375	43,060	35,419
28	sem ataque	5SA	1,0	35,0	15,669	36,101	4,937	10,644	39,024	56,737
28	sem ataque	5SA	1,1	35,0	9,441	17,318	5,156	11,647	40,128	38,796
28	sem ataque	5SA	1,1	35,0	12,036	25,038	5,028	11,053	41,479	46,407
28	sem ataque	5SA	1,1	35,0	9,495	21,770	4,641	10,015	36,732	39,760
28	sem ataque	5SA	1,1	35,0	8,232	20,861	5,181	11,523	44,435	54,448
28	sem ataque	REF	1,0	35,0	9,526	17,995	5,115	11,202	40,722	51,960
28	sem ataque	REF	1,0	35,0	11,408	19,557	4,918	10,622	37,579	65,952
28	sem ataque	REF	1,0	35,0	9,160	10,683	4,085	8,417	27,851	50,869
28	sem ataque	REF	1,0	35,0	7,387	18,572	4,946	11,244	44,489	32,050
28	sem ataque	REF	1,0	35,0	14,520	27,795	4,938	10,514	37,577	56,520
28	sem ataque	REF	1,0	35,0	12,183	24,457	4,973	10,395	39,296	53,196
28	sem ataque	REF	1,1	35,0	9,423	23,181	5,362	12,349	45,962	50,906
28	sem ataque	REF	1,1	35,0	11,234	20,225	4,985	10,829	39,803	44,854
28	sem ataque	REF	1,1	35,0	10,610	24,394	5,464	12,174	47,096	64,872
28	sem ataque	REF	1,1	35,0	6,794	17,490	5,106	11,295	43,714	45,416

Continuação

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
28	sem ataque	5MK	1,1	17,5	10,406	18,488	5,524	11,950	42,438	67,608
28	sem ataque	5MK	1,1	17,5	10,156	17,315	4,938	10,680	37,239	49,851
28	sem ataque	5MK	1,1	17,5	11,281	22,551	4,904	10,952	40,252	32,177
28	sem ataque	5MK	1,1	17,5	13,809	19,305	4,664	9,596	32,942	49,021
28	sem ataque	5MK	1,1	17,5	14,486	26,470	4,909	10,523	38,475	61,489
28	sem ataque	5MK	1,0	35,0	10,954	16,149	4,626	10,022	27,623	28,796
28	sem ataque	5MK	1,0	35,0	15,731	27,699	4,986	10,751	38,644	46,487
28	sem ataque	5MK	1,0	35,0	10,578	20,455	5,052	11,079	41,729	51,768
28	sem ataque	5MK	1,0	35,0	14,069	21,661	4,685	9,898	35,164	62,006
28	sem ataque	5MK	1,0	35,0	11,879	16,997	4,551	9,302	31,961	56,224
28	sem ataque	5SA	1,0	17,5	12,329	18,980	4,419	9,046	31,126	54,121
28	sem ataque	5SA	1,0	17,5	12,303	16,220	4,374	9,114	30,496	46,397
28	sem ataque	5SA	1,0	17,5	11,588	21,034	4,984	10,519	38,359	49,620
28	sem ataque	5SA	1,0	17,5	13,339	26,057	5,085	11,135	41,231	64,662
28	sem ataque	5SA	1,1	17,5	10,469	14,412	4,615	9,948	33,201	46,417
28	sem ataque	5SA	1,1	17,5	12,564	19,612	5,261	11,625	38,116	66,475
28	sem ataque	5SA	1,1	17,5	10,983	18,390	4,776	9,686	33,196	49,815
28	sem ataque	5SA	1,1	17,5	12,105	23,255	5,216	11,428	42,548	55,910
28	sem ataque	5MK	1,1	35,0	11,226	17,323	4,546	9,776	34,435	70,637
28	sem ataque	5MK	1,1	35,0	10,825	23,822	5,277	11,707	43,721	66,895
28	sem ataque	5MK	1,1	35,0	12,289	31,338	4,969	10,857	40,066	61,015
28	sem ataque	5MK	1,1	35,0	9,469	22,884	5,199	11,657	43,932	60,759
28	sem ataque	5MK	1,1	35,0	9,654	13,151	4,690	10,154	32,425	64,168
28	sem ataque	5MK	1,1	35,0	12,136	17,125	4,767	10,197	33,506	51,015
28	sem ataque	5MK	1,1	35,0	13,122	27,235	3,356	6,520	20,723	35,896
28	sem ataque	5MK	1,1	35,0	12,496	19,745	4,620	9,412	32,250	55,884
28	sem ataque	15MK	1,0	35,0	11,937	22,662	5,040	11,101	39,489	52,579
28	sem ataque	15MK	1,0	35,0	10,112	17,470	3,784	7,581	26,612	27,356
28	sem ataque	15MK	1,0	35,0	12,303	29,657	4,888	10,492	40,868	44,247
28	sem ataque	15MK	1,0	35,0	13,248	27,322	5,065	11,022	40,981	60,363
28	sem ataque	15MK	1,1	35,0	12,964	27,768	5,117	11,068	40,407	60,459

Continuação

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
28	sem ataque	15MK	1,1	35,0	11,166	20,161	5,193	11,280	41,259	46,680
28	sem ataque	15MK	1,1	35,0	14,842	15,711	4,434	8,943	19,767	79,928
28	sem ataque	15MK	1,1	35,0	14,788	36,221	5,124	11,369	44,690	67,409
28	sem ataque	10MK	1,1	17,5	9,986	17,190	5,788	13,065	36,182	72,220
28	sem ataque	10MK	1,1	17,5	12,705	23,151	5,237	11,666	42,627	66,847
28	sem ataque	10MK	1,1	17,5	11,103	23,684	5,296	11,834	43,566	72,306
28	sem ataque	10MK	1,1	17,5	10,601	17,046	4,934	10,864	37,495	54,191
28	sem ataque	10MK	1,0	17,5	13,153	25,878	5,574	12,866	40,404	50,177
28	sem ataque	10MK	1,0	17,5	10,812	14,235	4,589	9,301	30,477	51,889
28	sem ataque	10MK	1,0	17,5	11,396	22,986	4,981	11,135	42,893	72,288
28	sem ataque	10MK	1,0	17,5	8,970	26,413	5,706	13,287	51,069	51,532
28	sem ataque	10MK	1,0	17,5	12,795	25,405	5,145	11,386	42,175	57,571
28	sem ataque	15MK	1,0	17,5	7,561	16,331	5,656	12,760	46,156	47,818
28	sem ataque	15MK	1,0	17,5	12,594	18,468	4,911	10,383	36,089	60,515
28	sem ataque	15MK	1,0	17,5	11,564	21,291	5,210	11,298	42,332	54,102
28	sem ataque	15MK	1,0	17,5	8,094	15,054	4,995	11,316	41,225	60,409
28	sem ataque	15MK	1,1	17,5	13,931	26,939	5,212	11,694	43,135	67,540
28	sem ataque	15MK	1,1	17,5	12,701	26,804	5,673	12,666	46,751	80,157
28	sem ataque	15MK	1,1	17,5	11,302	26,703	5,426	12,171	46,953	76,798
28	sem ataque	10MK	1,0	35,0	11,433	31,895	4,965	10,920	42,237	55,133
28	sem ataque	10MK	1,0	35,0	14,769	40,005	5,133	11,213	42,472	66,902
28	sem ataque	10MK	1,0	35,0	14,012	34,161	5,176	11,397	43,010	63,395
28	sem ataque	10MK	1,0	35,0	10,861	28,824	5,049	11,198	41,942	70,129
28	sem ataque	10MK	1,0	35,0	9,822	16,403	5,170	10,960	38,810	52,425
28	sem ataque	10MK	1,0	35,0	13,444	26,531	5,022	10,999	41,406	60,222
28	sem ataque	10MK	1,0	35,0	11,285	23,844	5,033	10,889	41,346	66,716
28	sem ataque	10MK	1,1	35,0	13,514	24,314	4,859	10,549	39,158	61,640
28	sem ataque	10MK	1,1	35,0	12,866	24,260	4,969	10,444	38,061	53,906
28	sem ataque	10MK	1,1	35,0	11,923	30,927	5,238	11,737	45,828	63,468
28	sem ataque	10MK	1,1	35,0	11,558	31,638	5,353	11,769	45,154	50,890
28	sem ataque	10MK	1,1	35,0	11,253	22,731	4,601	10,036	37,597	41,446

Continuação

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
28	sem ataque	10MK	1,1	35,0	13,311	18,990	4,466	9,372	29,710	54,779
28	sem ataque	10MK	1,1	35,0	12,449	19,983	4,497	9,289	31,979	61,468
28	sem ataque	10MK	1,1	35,0	13,288	30,189	5,017	11,091	42,048	56,052
28	com ataque	REF	1,0	17,5	15,269	24,282	4,689	9,930	35,336	48,609
28	com ataque	REF	1,0	17,5	14,223	18,569	4,388	8,991	30,104	54,091
28	com ataque	REF	1,0	17,5	12,629	19,968	4,627	9,584	34,160	52,869
28	com ataque	REF	1,1	17,5	14,133	14,258	3,807	7,492	21,171	60,401
28	com ataque	REF	1,1	17,5	12,879	18,484	4,799	9,941	33,841	64,596
28	com ataque	REF	1,1	17,5	14,276	18,595	4,594	9,487	32,671	70,826
28	com ataque	REF	1,1	17,5	12,897	22,381	4,850	10,299	36,638	67,353
28	com ataque	5MK	1,0	17,5	13,519	19,507	4,981	10,409	35,826	65,754
28	com ataque	5MK	1,0	17,5	14,403	22,097	4,699	10,014	35,604	59,093
28	com ataque	5MK	1,0	17,5	14,281	21,910	4,949	10,522	37,107	66,771
28	com ataque	5MK	1,0	17,5	14,343	21,319	4,424	9,280	32,914	63,300
28	com ataque	5SA	1,0	35,0	15,160	25,692	4,612	9,925	35,386	48,000
28	com ataque	5SA	1,0	35,0	13,834	20,707	4,792	10,377	33,568	48,530
28	com ataque	5SA	1,0	35,0	12,769	27,202	5,024	10,865	40,984	42,302
28	com ataque	5SA	1,0	35,0	9,199	22,514	4,957	11,176	42,902	22,788
28	com ataque	5SA	1,0	35,0	12,940	29,573	5,110	11,375	43,060	35,419
28	com ataque	5SA	1,0	35,0	15,669	36,101	4,937	10,644	39,024	56,737
28	com ataque	5SA	1,1	35,0	9,441	17,318	5,156	11,647	40,128	38,796
28	com ataque	5SA	1,1	35,0	12,036	25,038	5,028	11,053	41,479	46,407
28	com ataque	5SA	1,1	35,0	9,495	21,770	4,641	10,015	36,732	39,760
28	com ataque	5SA	1,1	35,0	8,232	20,861	5,181	11,523	44,435	54,448
28	com ataque	REF	1,0	35,0	9,526	17,995	5,115	11,202	40,722	51,960
28	com ataque	REF	1,0	35,0	11,408	19,557	4,918	10,622	37,579	65,952
28	com ataque	REF	1,0	35,0	9,160	10,683	4,085	8,417	27,851	50,869
28	com ataque	REF	1,0	35,0	7,387	18,572	4,946	11,244	44,489	32,050
28	com ataque	REF	1,0	35,0	14,520	27,795	4,938	10,514	37,577	56,520
28	com ataque	REF	1,0	35,0	12,183	24,457	4,973	10,395	39,296	53,196
28	com ataque	REF	1,1	35,0	9,423	23,181	5,362	12,349	45,962	50,906

Continuação

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
28	com ataque	REF	1,1	35,0	11,234	20,225	4,985	10,829	39,803	44,854
28	com ataque	REF	1,1	35,0	10,610	24,394	5,464	12,174	47,096	64,872
28	com ataque	REF	1,1	35,0	6,794	17,490	5,106	11,295	43,714	45,416
28	com ataque	5MK	1,1	17,5	8,010	20,366	5,742	13,778	53,269	60,878
28	com ataque	5MK	1,1	17,5	10,406	18,488	5,524	11,950	42,438	67,608
28	com ataque	5MK	1,1	17,5	10,156	17,315	4,938	10,680	37,239	49,851
28	com ataque	5MK	1,1	17,5	11,281	22,551	4,904	10,952	40,252	32,177
28	com ataque	5MK	1,1	17,5	13,809	19,305	4,664	9,596	32,942	49,021
28	com ataque	5MK	1,1	17,5	14,486	26,470	4,909	10,523	38,475	61,489
28	com ataque	5MK	1,0	35,0	10,954	16,149	4,626	10,022	27,623	28,796
28	com ataque	5MK	1,0	35,0	15,731	27,699	4,986	10,751	38,644	46,487
28	com ataque	5MK	1,0	35,0	10,578	20,455	5,052	11,079	41,729	51,768
28	com ataque	5MK	1,0	35,0	14,069	21,661	4,685	9,898	35,164	62,006
28	com ataque	5MK	1,0	35,0	11,879	16,997	4,551	9,302	31,961	56,224
28	com ataque	5SA	1,0	17,5	12,329	18,980	4,419	9,046	31,126	54,121
28	com ataque	5SA	1,0	17,5	12,303	16,220	4,374	9,114	30,496	46,397
28	com ataque	5SA	1,0	17,5	11,588	21,034	4,984	10,519	38,359	49,620
28	com ataque	5SA	1,0	17,5	13,339	26,057	5,085	11,135	41,231	64,662
28	com ataque	5SA	1,1	17,5	10,469	14,412	4,615	9,948	33,201	46,417
28	com ataque	5SA	1,1	17,5	12,564	19,612	5,261	11,625	38,116	66,475
28	com ataque	5SA	1,1	17,5	10,983	18,390	4,776	9,686	33,196	49,815
28	com ataque	5SA	1,1	17,5	12,105	23,255	5,216	11,428	42,548	55,910
28	com ataque	5MK	1,1	35,0	11,226	17,323	4,546	9,776	34,435	70,637
28	com ataque	5MK	1,1	35,0	10,825	23,822	5,277	11,707	43,721	66,895
28	com ataque	5MK	1,1	35,0	12,289	31,338	4,969	10,857	40,066	61,015
28	com ataque	5MK	1,1	35,0	9,469	22,884	5,199	11,657	43,932	60,759
28	com ataque	5MK	1,1	35,0	9,654	13,151	4,690	10,154	32,425	64,168
28	com ataque	5MK	1,1	35,0	12,136	17,125	4,767	10,197	33,506	51,015
28	com ataque	5MK	1,1	35,0	13,122	27,235	3,356	6,520	20,723	35,896
28	com ataque	5MK	1,1	35,0	12,496	19,745	4,620	9,412	32,250	55,884
28	com ataque	15MK	1,0	35,0	11,937	22,662	5,040	11,101	39,489	52,579

Continuação

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
28	com ataque	15MK	1,0	35,0	10,112	17,470	3,784	7,581	26,612	27,356
28	com ataque	15MK	1,0	35,0	12,303	29,657	4,888	10,492	40,868	44,247
28	com ataque	15MK	1,0	35,0	13,248	27,322	5,065	11,022	40,981	60,363
28	com ataque	15MK	1,1	35,0	12,964	27,768	5,117	11,068	40,407	60,459
28	com ataque	15MK	1,1	35,0	11,166	20,161	5,193	11,280	41,259	46,680
28	com ataque	15MK	1,1	35,0	14,842	15,711	4,434	8,943	19,767	79,928
28	com ataque	15MK	1,1	35,0	14,788	36,221	5,124	11,369	44,690	67,409
28	com ataque	10MK	1,1	17,5	9,986	17,190	5,788	13,065	36,182	72,220
28	com ataque	10MK	1,1	17,5	12,705	23,151	5,237	11,666	42,627	66,847
28	com ataque	10MK	1,1	17,5	11,103	23,684	5,296	11,834	43,566	72,306
28	com ataque	10MK	1,1	17,5	10,601	17,046	4,934	10,864	37,495	54,191
28	com ataque	10MK	1,0	17,5	13,153	25,878	5,574	12,866	40,404	50,177
28	com ataque	10MK	1,0	17,5	10,812	14,235	4,589	9,301	30,477	51,889
28	com ataque	10MK	1,0	17,5	11,396	22,986	4,981	11,135	42,893	72,288
28	com ataque	10MK	1,0	17,5	8,970	26,413	5,706	13,287	51,069	51,532
28	com ataque	10MK	1,0	17,5	12,795	25,405	5,145	11,386	42,175	57,571
28	com ataque	15MK	1,0	17,5	7,561	16,331	5,656	12,760	46,156	47,818
28	com ataque	15MK	1,0	17,5	12,594	18,468	4,911	10,383	36,089	60,515
28	com ataque	15MK	1,0	17,5	11,564	21,291	5,210	11,298	42,332	54,102
28	com ataque	15MK	1,0	17,5	8,094	15,054	4,995	11,316	41,225	60,409
28	com ataque	15MK	1,1	17,5	13,931	26,939	5,212	11,694	43,135	67,540
28	com ataque	15MK	1,1	17,5	12,701	26,804	5,673	12,666	46,751	80,157
28	com ataque	15MK	1,1	17,5	11,302	26,703	5,426	12,171	46,953	76,798
28	com ataque	10MK	1,0	35,0	11,433	31,895	4,965	10,920	42,237	55,133
28	com ataque	10MK	1,0	35,0	14,769	40,005	5,133	11,213	42,472	66,902
28	com ataque	10MK	1,0	35,0	14,012	34,161	5,176	11,397	43,010	63,395
28	com ataque	10MK	1,0	35,0	10,861	28,824	5,049	11,198	41,942	70,129
28	com ataque	10MK	1,0	35,0	9,822	16,403	5,170	10,960	38,810	52,425
28	com ataque	10MK	1,0	35,0	13,444	26,531	5,022	10,999	41,406	60,222
28	com ataque	10MK	1,0	35,0	11,285	23,844	5,033	10,889	41,346	66,716
28	com ataque	10MK	1,1	35,0	13,514	24,314	4,859	10,549	39,158	61,640

Continuação

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
28	com ataque	10MK	1,1	35,0	12,866	24,260	4,969	10,444	38,061	53,906
28	com ataque	10MK	1,1	35,0	11,923	30,927	5,238	11,737	45,828	63,468
28	com ataque	10MK	1,1	35,0	11,558	31,638	5,353	11,769	45,154	50,890
28	com ataque	10MK	1,1	35,0	11,253	22,731	4,601	10,036	37,597	41,446
28	com ataque	10MK	1,1	35,0	13,311	18,990	4,466	9,372	29,710	54,779
28	com ataque	10MK	1,1	35,0	12,449	19,983	4,497	9,289	31,979	61,468
28	com ataque	10MK	1,1	35,0	13,288	30,189	5,017	11,091	42,048	56,052
42	sem ataque	REF	1,0	17,5	14,456	18,465	4,790	9,994	28,139	58,843
42	sem ataque	REF	1,0	17,5	13,983	19,455	4,685	9,882	33,733	50,295
42	sem ataque	REF	1,0	17,5	16,287	21,965	4,820	10,183	30,920	54,862
42	sem ataque	REF	1,0	17,5	13,813	16,370	4,902	10,102	25,291	37,803
42	sem ataque	REF	1,1	17,5	12,694	20,159	5,026	10,673	38,286	67,665
42	sem ataque	REF	1,1	17,5	15,295	21,778	4,739	9,890	34,569	64,362
42	sem ataque	REF	1,1	17,5	14,105	20,938	4,869	10,321	36,255	63,156
42	sem ataque	REF	1,1	17,5	10,919	19,535	5,360	11,487	41,705	72,700
42	sem ataque	5MK	1,0	17,5	16,258	21,236	4,871	10,297	26,998	72,883
42	sem ataque	5MK	1,0	17,5	13,813	19,529	5,169	10,996	32,998	71,981
42	sem ataque	5MK	1,0	17,5	13,200	18,944	5,116	10,947	35,873	74,658
42	sem ataque	15MK	1,0	35,0	11,194	18,225	4,911	10,536	37,081	60,234
42	sem ataque	15MK	1,0	35,0	9,465	10,729	4,750	9,764	26,763	30,639
42	sem ataque	15MK	1,0	35,0	13,030	24,988	4,708	10,207	39,065	57,327
42	sem ataque	15MK	1,0	35,0	14,700	28,443	4,788	10,523	39,766	55,560
42	sem ataque	15MK	1,1	35,0	12,777	20,413	5,228	11,181	38,929	63,164
42	sem ataque	15MK	1,1	35,0	14,240	24,041	5,131	11,254	40,754	72,144
42	sem ataque	15MK	1,1	35,0	18,578	41,066	4,627	9,920	37,063	61,205
42	sem ataque	15MK	1,1	35,0	8,300	13,323	5,031	11,103	36,510	38,442
42	sem ataque	5SA	1,0	35,0	11,034	24,365	5,295	12,117	44,936	51,560
42	sem ataque	5SA	1,0	35,0	16,186	32,843	4,925	10,792	40,586	54,118
42	sem ataque	5SA	1,0	35,0	13,141	30,855	4,468	9,641	35,300	54,884
42	sem ataque	5SA	1,0	35,0	13,475	31,742	4,948	10,649	39,457	48,949
42	sem ataque	5SA	1,1	35,0	14,171	27,175	5,265	11,409	41,464	66,998

Continuação

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
42	sem ataque	5SA	1,1	35,0	17,060	40,737	5,413	12,171	46,014	73,338
42	sem ataque	5SA	1,1	35,0	11,029	23,597	5,236	11,274	42,321	71,156
42	sem ataque	5SA	1,1	35,0	8,532	23,911	4,663	10,305	40,726	33,446
42	sem ataque	REF	1,0	35,0	11,297	15,498	4,752	9,988	32,251	44,924
42	sem ataque	REF	1,0	35,0	10,612	22,645	5,497	12,042	46,014	66,018
42	sem ataque	REF	1,0	35,0	12,489	24,861	4,535	9,496	35,505	41,980
42	sem ataque	REF	1,0	35,0	12,636	21,004	4,147	8,469	29,802	46,160
42	sem ataque	REF	1,1	35,0	14,163	22,229	4,906	10,434	36,491	65,876
42	sem ataque	REF	1,1	35,0	12,971	19,962	4,678	9,829	34,644	56,693
42	sem ataque	REF	1,1	35,0	11,812	29,005	5,261	11,579	44,708	59,844
42	sem ataque	REF	1,1	35,0	11,900	15,757	4,366	9,220	30,288	57,338
42	sem ataque	5MK	1,1	17,5	10,260	13,607	4,606	9,710	31,659	56,685
42	sem ataque	5MK	1,1	17,5	11,081	12,564	4,344	8,916	28,224	60,159
42	sem ataque	5MK	1,1	17,5	12,405	16,701	4,441	9,110	29,606	44,538
42	sem ataque	5MK	1,1	17,5	10,698	19,506	5,357	11,677	41,975	77,970
42	sem ataque	10MK	1,1	17,5	13,925	26,215	5,142	11,378	42,108	44,207
42	sem ataque	10MK	1,1	17,5	14,189	26,049	5,326	11,793	43,504	66,020
42	sem ataque	10MK	1,1	17,5	13,256	25,809	4,887	10,848	39,107	67,063
42	sem ataque	10MK	1,1	17,5	13,488	22,980	4,675	10,103	36,102	59,918
42	sem ataque	10MK	1,0	17,5	11,713	17,985	4,785	10,257	36,143	61,341
42	sem ataque	10MK	1,0	17,5	12,130	23,580	5,602	12,410	45,268	53,588
42	sem ataque	10MK	1,0	17,5	12,028	18,277	5,233	11,435	37,991	56,829
42	sem ataque	10MK	1,0	17,5	12,486	21,309	4,732	10,169	37,631	55,687
42	sem ataque	15MK	1,0	17,5	11,536	16,972	4,970	10,686	35,738	61,257
42	sem ataque	15MK	1,0	17,5	13,008	15,702	4,527	9,625	23,256	50,478
42	sem ataque	15MK	1,0	17,5	14,597	28,771	5,308	11,661	43,415	63,840
42	sem ataque	15MK	1,1	17,5	14,076	21,834	5,248	11,541	38,576	78,341
42	sem ataque	15MK	1,1	17,5	15,951	26,127	5,012	10,902	39,366	75,258
42	sem ataque	15MK	1,1	17,5	12,677	21,805	4,982	10,804	39,351	51,342
42	sem ataque	15MK	1,1	17,5	14,041	24,977	4,944	10,674	39,363	69,040
42	sem ataque	5MK	1,0	35,0	11,975	19,231	5,159	11,310	33,453	70,737

Continuação

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
42	sem ataque	5MK	1,0	35,0	12,391	20,569	5,206	11,383	40,202	75,314
42	sem ataque	5MK	1,0	35,0	11,756	17,791	4,426	9,422	32,456	52,902
42	sem ataque	5MK	1,0	35,0	11,832	27,014	5,062	11,280	42,479	34,579
42	sem ataque	5SA	1,0	17,5	11,696	22,205	5,131	11,269	40,962	40,644
42	sem ataque	5SA	1,0	17,5	11,689	18,724	4,966	10,873	38,353	55,471
42	sem ataque	5SA	1,0	17,5	13,445	22,554	3,325	6,369	20,794	32,411
42	sem ataque	5SA	1,0	17,5	11,927	21,866	4,909	10,580	38,419	48,999
42	sem ataque	5SA	1,1	17,5	11,763	19,627	4,886	10,452	36,364	36,764
42	sem ataque	5SA	1,1	17,5	14,363	22,393	4,817	10,222	35,331	59,353
42	sem ataque	5SA	1,1	17,5	13,071	20,441	4,322	8,887	31,456	42,017
42	sem ataque	5SA	1,1	17,5	10,873	19,808	4,837	10,329	36,876	36,055
42	sem ataque	5MK	1,1	35,0	12,966	19,600	4,999	10,875	35,875	55,031
42	sem ataque	5MK	1,1	35,0	12,470	24,537	5,046	11,038	41,200	58,107
42	sem ataque	5MK	1,1	35,0	10,688	10,737	4,166	7,499	16,831	56,322
42	sem ataque	5MK	1,1	35,0	9,598	22,725	4,669	10,169	37,937	69,895
42	sem ataque	5MK	1,1	35,0	6,979	11,548	5,122	11,404	37,849	49,734
42	sem ataque	5MK	1,1	35,0	9,233	12,575	4,952	10,477	33,811	66,341
42	sem ataque	5MK	1,1	35,0	10,763	19,658	3,865	7,782	27,024	32,804
42	sem ataque	5MK	1,1	35,0	14,781	26,354	4,637	9,817	35,567	59,196
42	sem ataque	10MK	1,0	35,0	13,788	28,517	5,055	11,123	42,084	61,234
42	sem ataque	10MK	1,0	35,0	16,210	28,494	4,777	10,195	37,405	69,360
42	sem ataque	10MK	1,0	35,0	14,546	31,968	4,984	10,895	40,825	63,917
42	sem ataque	10MK	1,0	35,0	13,443	28,061	5,077	11,358	41,786	62,091
42	sem ataque	10MK	1,0	35,0	13,449	23,104	4,994	10,854	38,131	43,822
42	sem ataque	10MK	1,0	35,0	12,749	23,929	4,876	10,665	38,663	57,969
42	sem ataque	10MK	1,0	35,0	13,662	27,446	5,528	12,523	47,152	76,750
42	sem ataque	10MK	1,0	35,0	10,968	25,808	5,533	12,545	47,544	82,208
42	sem ataque	10MK	1,1	35,0	13,258	20,558	4,584	9,736	34,815	59,046
42	sem ataque	10MK	1,1	35,0	14,012	24,974	4,746	10,161	37,498	50,908
42	sem ataque	10MK	1,1	35,0	11,851	22,595	4,919	10,621	39,657	62,176
42	sem ataque	10MK	1,1	35,0	16,142	35,617	5,273	11,798	44,427	71,020

Continuação

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
42	sem ataque	10MK	1,1	35,0	11,354	24,803	5,567	12,683	47,973	55,915
42	sem ataque	10MK	1,1	35,0	13,435	19,487	4,996	10,798	33,347	59,283
42	sem ataque	10MK	1,1	35,0	12,419	22,074	4,864	10,490	38,014	48,455
42	sem ataque	10MK	1,1	35,0	11,343	21,447	4,528	10,108	39,726	53,033
42	com ataque	REF	1,0	17,5	10,491	13,017	5,200	9,981	18,403	59,754
42	com ataque	REF	1,0	17,5	11,135	12,315	4,671	8,277	14,441	54,903
42	com ataque	REF	1,0	17,5	14,289	14,384	3,433	5,192	11,083	45,736
42	com ataque	REF	1,0	17,5	13,288	14,425	4,673	7,826	12,934	49,081
42	com ataque	REF	1,1	17,5	9,930	10,657	4,898	8,551	14,642	65,696
42	com ataque	REF	1,1	17,5	13,398	14,171	4,275	6,363	9,974	54,524
42	com ataque	REF	1,1	17,5	12,464	13,316	4,663	8,141	15,626	59,071
42	com ataque	REF	1,1	17,5	11,825	13,786	4,750	7,130	11,242	51,927
42	com ataque	5MK	1,0	17,5	13,744	16,656	4,762	7,300	11,354	66,535
42	com ataque	5MK	1,0	17,5	15,383	15,502	3,533	5,048	7,800	54,891
42	com ataque	5MK	1,0	17,5	14,136	16,385	4,882	9,328	17,491	59,811
42	com ataque	5MK	1,0	17,5	12,483	14,117	4,568	7,637	13,803	42,210
42	com ataque	15MK	1,0	35,0	12,944	15,634	4,761	9,833	20,992	33,414
42	com ataque	15MK	1,0	35,0	16,206	17,116	4,773	9,552	18,098	73,843
42	com ataque	15MK	1,0	35,0	12,457	20,812	5,170	11,427	36,856	52,564
42	com ataque	15MK	1,1	35,0	17,950	29,120	5,104	11,279	24,832	51,558
42	com ataque	15MK	1,1	35,0	16,839	19,783	4,840	6,989	6,989	59,815
42	com ataque	15MK	1,1	35,0	16,522	19,394	5,092	8,451	13,768	69,900
42	com ataque	15MK	1,1	35,0	12,998	13,940	4,696	8,639	17,363	55,238
42	com ataque	5SA	1,0	35,0	12,843	14,984	4,827	8,964	18,340	47,006
42	com ataque	5SA	1,0	35,0	16,981	20,307	5,075	7,429	10,322	45,076
42	com ataque	5SA	1,0	35,0	13,510	15,101	4,715	8,553	16,160	55,273
42	com ataque	5SA	1,0	35,0	14,153	19,705	5,208	11,233	21,378	55,547
42	com ataque	5SA	1,1	35,0	14,366	18,471	5,107	10,754	25,793	60,156
42	com ataque	5SA	1,1	35,0	12,375	18,565	4,928	10,711	26,086	50,069
42	com ataque	5SA	1,1	35,0	10,023	12,877	5,021	10,422	28,532	50,104
42	com ataque	5SA	1,1	35,0	14,345	15,477	4,562	9,281	25,591	59,831

Continuação

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
42	com ataque	REF	1,0	35,0	10,641	15,143	4,929	10,646	25,443	56,251
42	com ataque	REF	1,0	35,0	9,741	14,237	5,458	11,740	28,975	58,193
42	com ataque	REF	1,0	35,0	9,284	12,087	4,664	9,800	24,417	45,840
42	com ataque	REF	1,0	35,0	10,174	11,198	4,655	8,068	17,474	55,351
42	com ataque	REF	1,1	35,0	12,044	23,163	4,325	8,985	21,583	48,610
42	com ataque	REF	1,1	35,0	13,354	19,348	5,262	11,342	26,858	65,416
42	com ataque	REF	1,1	35,0	11,674	14,957	4,987	10,277	24,834	55,161
42	com ataque	REF	1,1	35,0	13,454	17,872	4,932	10,365	26,014	53,527
42	com ataque	5MK	1,1	17,5	11,278	13,299	5,138	9,863	19,305	54,557
42	com ataque	5MK	1,1	17,5	12,048	13,938	5,042	10,220	13,505	70,103
42	com ataque	5MK	1,1	17,5	13,653	15,198	4,944	9,756	19,243	79,978
42	com ataque	5MK	1,1	17,5	10,803	11,774	4,822	9,238	9,871	64,272
42	com ataque	10MK	1,1	17,5	12,949	14,551	5,009	8,955	15,148	66,951
42	com ataque	10MK	1,1	17,5	13,490	13,491	4,429	7,946	8,782	73,218
42	com ataque	10MK	1,1	17,5	14,231	14,265	3,953	6,367	11,430	69,267
42	com ataque	10MK	1,1	17,5	14,864	16,339	4,822	9,525	19,669	58,495
42	com ataque	10MK	1,0	17,5	10,313	14,293	5,612	10,970	20,558	59,470
42	com ataque	10MK	1,0	17,5	13,715	13,839	4,662	8,325	15,292	60,378
42	com ataque	10MK	1,0	17,5	12,352	16,404	5,253	11,162	27,532	57,400
42	com ataque	10MK	1,0	17,5	12,821	15,060	5,267	10,058	18,547	58,357
42	com ataque	15MK	1,0	17,5	7,387	11,222	4,765	10,666	31,860	51,272
42	com ataque	15MK	1,0	17,5	13,055	15,541	5,012	10,362	21,830	52,120
42	com ataque	15MK	1,0	17,5	11,748	12,238	4,546	9,080	22,083	54,303
42	com ataque	15MK	1,0	17,5	10,178	14,457	5,236	11,411	32,279	58,457
42	com ataque	15MK	1,1	17,5	12,554	19,858	5,677	12,600	28,750	64,277
42	com ataque	15MK	1,1	17,5	13,549	13,549	4,165	6,873	11,414	85,763
42	com ataque	15MK	1,1	17,5	14,480	17,149	5,300	9,469	15,847	63,414
42	com ataque	15MK	1,1	17,5	14,628	16,783	5,103	8,991	16,050	72,395
42	com ataque	5MK	1,0	35,0	11,580	13,429	4,930	8,785	12,890	46,608
42	com ataque	5MK	1,0	35,0	11,536	15,723	5,548	11,452	23,941	65,055
42	com ataque	5MK	1,0	35,0	11,863	13,578	4,416	7,588	13,483	67,847

Continuação

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
42	com ataque	5MK	1,0	35,0	9,609	14,643	5,228	11,646	26,410	56,971
42	com ataque	5SA	1,0	17,5	9,377	13,295	5,295	10,009	19,367	50,436
42	com ataque	5SA	1,0	17,5	12,508	17,625	5,408	10,104	19,076	55,117
42	com ataque	5SA	1,0	17,5	9,849	12,791	5,181	9,705	18,422	46,565
42	com ataque	5SA	1,0	17,5	11,173	17,751	5,528	12,467	33,390	61,347
42	com ataque	5SA	1,1	17,5	13,162	19,397	5,524	11,975	21,381	65,116
42	com ataque	5SA	1,1	17,5	12,448	17,905	5,329	11,613	26,181	49,562
42	com ataque	5SA	1,1	17,5	13,394	16,761	4,973	9,342	17,806	61,050
42	com ataque	5SA	1,1	17,5	11,224	13,595	5,161	10,016	20,104	54,918
42	com ataque	5MK	1,1	35,0	11,092	13,703	5,225	10,362	24,025	59,425
42	com ataque	5MK	1,1	35,0	12,723	14,487	4,965	9,415	16,283	54,701
42	com ataque	5MK	1,1	35,0	10,501	14,762	5,416	11,640	23,731	62,888
42	com ataque	5MK	1,1	35,0	10,389	12,186	4,635	8,377	12,968	44,369
42	com ataque	5MK	1,1	35,0	7,517	9,805	4,804	9,675	22,899	48,872
42	com ataque	5MK	1,1	35,0	12,379	13,335	4,171	6,370	10,929	62,708
42	com ataque	5MK	1,1	35,0	10,838	12,612	5,174	10,219	21,756	64,664
42	com ataque	5MK	1,1	35,0	11,390	14,498	4,851	9,816	20,624	47,491
42	com ataque	10MK	1,0	35,0	14,911	14,911	4,493	6,452	9,991	73,136
42	com ataque	10MK	1,0	35,0	14,091	14,091	4,054	6,182	9,821	79,233
42	com ataque	10MK	1,0	35,0	13,585	13,585	5,560	9,537	9,537	70,169
42	com ataque	10MK	1,0	35,0	12,912	12,912	5,109	9,697	14,885	73,658
42	com ataque	10MK	1,0	35,0	11,245	19,554	6,283	10,368	15,604	77,156
42	com ataque	10MK	1,0	35,0	12,348	13,760	4,130	5,802	8,825	62,381
42	com ataque	10MK	1,0	35,0	11,357	15,667	5,665	11,436	20,391	68,892
42	com ataque	10MK	1,0	35,0	10,699	11,071	3,916	6,027	10,253	48,102
42	com ataque	10MK	1,1	35,0	14,016	17,664	5,128	10,337	17,807	57,500
42	com ataque	10MK	1,1	35,0	11,881	14,137	5,253	8,513	14,055	64,810
42	com ataque	10MK	1,1	35,0	14,962	17,033	5,127	7,997	12,035	69,328
42	com ataque	10MK	1,1	35,0	13,417	19,729	5,528	11,835	24,379	65,734
42	com ataque	10MK	1,1	35,0	11,054	13,092	4,886	9,635	17,350	57,492
42	com ataque	10MK	1,1	35,0	12,797	13,355	4,640	8,393	14,199	56,887

Continuação

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
42	com ataque	10MK	1,1	35,0	14,081	21,089	5,345	11,691	24,704	49,166
42	com ataque	10MK	1,1	35,0	14,087	4,822	10,126	19,739	54,864	54,864
49	sem ataque	REF	1,0	17,5	13,289	19,285	4,116	8,422	28,641	45,333
49	sem ataque	REF	1,0	17,5	7,306	9,222	4,460	9,155	28,326	26,940
49	sem ataque	REF	1,0	17,5	14,644	21,612	4,522	9,524	33,423	49,153
49	sem ataque	REF	1,0	17,5	15,219	20,265	4,707	10,002	33,448	59,403
49	sem ataque	REF	1,1	17,5	14,081	14,153	4,077	8,096	16,471	73,087
49	sem ataque	REF	1,1	17,5	14,576	19,810	4,822	10,225	33,544	71,979
49	sem ataque	REF	1,1	17,5	10,986	22,631	5,871	13,007	48,310	71,052
49	sem ataque	REF	1,1	17,5	12,348	17,356	4,867	10,314	32,532	63,343
49	sem ataque	5MK	1,0	17,5	14,727	21,197	4,848	10,313	33,782	65,659
49	sem ataque	5MK	1,0	17,5	12,483	18,097	4,995	10,556	31,271	60,830
49	sem ataque	5MK	1,0	17,5	16,318	26,059	4,913	10,541	36,798	65,961
49	sem ataque	5MK	1,0	17,5	13,140	16,763	4,977	10,478	25,074	66,786
49	sem ataque	15MK	1,0	35,0	11,809	18,289	4,559	9,430	32,753	43,735
49	sem ataque	15MK	1,0	35,0	12,489	18,761	4,572	9,610	34,652	49,438
49	sem ataque	15MK	1,0	35,0	12,840	28,563	4,829	10,572	39,523	73,360
49	sem ataque	15MK	1,0	35,0	11,632	29,082	5,115	11,236	43,647	53,254
49	sem ataque	15MK	1,1	35,0	14,369	23,108	4,680	10,074	36,475	62,047
49	sem ataque	15MK	1,1	35,0	12,825	12,850	4,211	8,280	19,864	64,779
49	sem ataque	15MK	1,1	35,0	14,758	25,668	4,972	10,873	39,363	70,900
49	sem ataque	15MK	1,1	35,0	12,437	16,998	4,658	10,129	28,997	79,164
49	sem ataque	5SA	1,0	35,0	13,039	21,877	4,945	10,957	37,320	53,113
49	sem ataque	5SA	1,0	35,0	13,734	21,984	5,162	11,381	36,116	48,084
49	sem ataque	5SA	1,0	35,0	15,642	37,471	5,399	12,114	46,865	49,975
49	sem ataque	5SA	1,0	35,0	15,220	30,266	4,892	10,867	41,256	50,620
49	sem ataque	5SA	1,1	35,0	13,255	23,790	5,248	11,544	40,801	49,743
49	sem ataque	5SA	1,1	35,0	11,364	19,985	5,224	11,165	40,556	57,563
49	sem ataque	5SA	1,1	35,0	11,939	19,982	4,749	9,995	35,435	59,948
49	sem ataque	5SA	1,1	35,0	10,806	30,061	5,405	12,434	49,413	73,592
49	sem ataque	REF	1,0	35,0	12,608	23,395	4,641	9,818	35,659	36,486

Continuação

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
49	sem ataque	REF	1,0	35,0	11,942	23,472	5,161	11,166	41,738	56,612
49	sem ataque	REF	1,0	35,0	11,687	24,882	5,171	11,225	42,298	56,217
49	sem ataque	REF	1,0	35,0	8,985	25,973	5,341	11,835	45,731	41,203
49	sem ataque	REF	1,0	35,0	10,931	25,055	4,898	10,736	40,572	42,966
49	sem ataque	REF	1,1	35,0	9,583	15,861	5,092	11,117	39,693	55,751
49	sem ataque	REF	1,1	35,0	7,483	20,470	5,152	12,579	50,301	33,684
49	sem ataque	REF	1,1	35,0	10,892	21,438	5,222	11,214	40,361	65,671
49	sem ataque	REF	1,1	35,0	10,501	17,562	4,605	9,679	35,829	56,739
49	sem ataque	5MK	1,1	17,5	12,797	17,093	4,623	9,614	31,698	40,595
49	sem ataque	5MK	1,1	17,5	12,015	16,828	4,813	10,167	33,561	49,414
49	sem ataque	5MK	1,1	17,5	13,197	18,515	4,655	9,710	33,347	52,165
49	sem ataque	5MK	1,1	17,5	12,966	21,755	5,126	11,012	39,314	49,560
49	sem ataque	10MK	1,1	17,5	11,894	15,232	4,741	9,965	29,221	52,845
49	sem ataque	10MK	1,1	17,5	11,586	18,220	4,999	10,554	37,218	55,081
49	sem ataque	10MK	1,1	17,5	11,180	19,686	5,269	11,525	42,618	67,593
49	sem ataque	10MK	1,1	17,5	12,913	20,149	5,091	10,991	36,711	69,563
49	sem ataque	10MK	1,0	17,5	12,918	23,647	5,611	12,579	45,796	66,379
49	sem ataque	10MK	1,0	17,5	12,642	22,464	5,197	11,599	41,420	51,821
49	sem ataque	10MK	1,0	17,5	13,822	24,829	5,159	11,296	40,789	67,961
49	sem ataque	10MK	1,0	17,5	12,432	23,719	5,147	11,471	42,039	66,567
49	sem ataque	15MK	1,0	17,5	16,061	26,717	5,225	11,461	36,119	54,296
49	sem ataque	15MK	1,0	17,5	14,387	19,918	5,089	11,035	33,740	64,653
49	sem ataque	15MK	1,0	17,5	13,250	18,391	4,937	10,871	25,814	55,619
49	sem ataque	15MK	1,0	17,5	11,809	22,368	5,131	11,380	41,780	58,042
49	sem ataque	15MK	1,1	17,5	13,896	22,892	5,190	11,189	40,029	72,082
49	sem ataque	15MK	1,1	17,5	16,602	24,458	5,210	11,113	30,254	66,967
49	sem ataque	15MK	1,1	17,5	17,171	29,931	5,125	11,217	41,045	74,496
49	sem ataque	5MK	1,0	35,0	15,769	30,737	5,311	11,823	43,128	75,282
49	sem ataque	5MK	1,0	35,0	10,265	16,056	5,493	11,824	32,453	51,318
49	sem ataque	5MK	1,0	35,0	14,748	20,697	4,814	10,400	29,040	75,371
49	sem ataque	5MK	1,0	35,0	13,814	30,436	5,441	12,008	45,343	77,533

Continuação

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
49	sem ataque	5SA	1,0	17,5	10,342	19,455	5,301	11,868	43,174	38,331
49	sem ataque	5SA	1,0	17,5	11,883	26,665	5,614	12,912	48,478	67,975
49	sem ataque	5SA	1,0	17,5	12,926	26,604	5,338	12,219	45,180	76,799
49	sem ataque	5SA	1,0	17,5	10,052	21,745	5,356	12,103	45,917	57,192
49	sem ataque	5SA	1,1	17,5	12,598	23,525	5,129	11,081	41,248	58,341
49	sem ataque	5SA	1,1	17,5	14,759	26,001	5,137	11,328	39,729	58,279
49	sem ataque	5SA	1,1	17,5	12,290	21,763	4,896	10,389	37,768	49,613
49	sem ataque	5SA	1,1	17,5	13,755	24,625	4,821	10,314	38,224	56,069
49	sem ataque	5SA	1,1	17,5	12,208	22,905	4,592	9,945	37,057	58,199
49	sem ataque	5MK	1,1	35,0	11,252	29,007	5,698	13,489	52,394	56,496
49	sem ataque	5MK	1,1	35,0	13,510	28,258	5,137	11,320	43,211	52,608
49	sem ataque	5MK	1,1	35,0	13,150	31,374	5,084	11,503	44,402	59,257
49	sem ataque	5MK	1,1	35,0	9,584	11,741	4,685	9,795	23,880	52,664
49	sem ataque	5MK	1,1	35,0	11,897	18,167	5,332	11,782	38,304	61,497
49	sem ataque	5MK	1,1	35,0	14,292	18,462	4,233	8,670	29,087	51,376
49	sem ataque	5MK	1,1	35,0	9,705	14,861	4,599	9,374	32,464	39,110
49	sem ataque	10MK	1,0	35,0	14,917	29,548	5,101	11,279	42,158	45,148
49	sem ataque	10MK	1,0	35,0	15,491	28,729	4,991	10,923	40,935	65,037
49	sem ataque	10MK	1,0	35,0	13,762	22,739	4,896	10,377	38,242	66,650
49	sem ataque	10MK	1,0	35,0	12,854	26,500	5,163	11,506	44,346	68,833
49	sem ataque	10MK	1,0	35,0	11,095	22,205	4,986	11,196	43,955	65,196
49	sem ataque	10MK	1,0	35,0	12,259	23,088	5,461	12,517	39,260	81,297
49	sem ataque	10MK	1,0	35,0	11,980	18,166	5,021	10,622	32,771	66,625
49	sem ataque	10MK	1,0	35,0	12,304	29,399	4,960	10,865	41,070	52,640
49	sem ataque	10MK	1,0	35,0	14,074	26,492	5,243	11,473	42,310	87,227
49	sem ataque	10MK	1,1	35,0	14,865	29,016	5,050	11,122	41,282	46,558
49	sem ataque	10MK	1,1	35,0	14,073	31,232	5,308	11,785	44,368	64,169
49	sem ataque	10MK	1,1	35,0	12,233	27,675	5,250	11,842	44,980	69,267
49	sem ataque	10MK	1,1	35,0	12,888	30,138	4,788	10,539	41,215	35,811
49	sem ataque	10MK	1,1	35,0	10,971	30,399	5,295	11,945	46,720	51,787
49	sem ataque	10MK	1,1	35,0	13,145	20,693	5,184	11,290	33,220	68,585

Continuação

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
49	sem ataque	10MK	1,1	35,0	12,807	20,485	4,898	10,295	37,121	51,356
49	sem ataque	10MK	1,1	35,0	12,465	20,921	4,834	10,493	38,233	64,579
49	sem ataque	10MK	1,1	35,0	10,505	17,174	4,593	9,714	34,675	54,142
49	com ataque	REF	1,0	17,5	12,492	12,519	3,714	5,096	7,369	41,173
49	com ataque	REF	1,0	17,5	13,885	16,542	5,080	9,752	15,462	50,165
49	com ataque	REF	1,0	17,5	12,130	13,457	4,326	6,595	10,800	48,901
49	com ataque	REF	1,0	17,5	10,117	12,187	4,889	7,805	14,041	45,270
49	com ataque	REF	1,1	17,5	9,593	12,099	5,499	10,380	17,432	83,266
49	com ataque	REF	1,1	17,5	13,204	16,054	4,852	10,045	19,720	66,757
49	com ataque	REF	1,1	17,5	11,108	14,335	5,166	10,242	17,113	68,547
49	com ataque	REF	1,1	17,5	10,512	13,452	5,179	9,343	16,744	52,603
49	com ataque	5MK	1,0	17,5	11,464	12,865	4,414	6,630	10,172	48,560
49	com ataque	5MK	1,0	17,5	13,314	13,424	3,740	5,531	8,543	59,924
49	com ataque	5MK	1,0	17,5	13,181	17,012	5,028	9,016	14,190	61,093
49	com ataque	5MK	1,0	17,5	11,988	12,077	4,142	6,823	13,510	62,633
49	com ataque	15MK	1,0	35,0	10,422	10,480	4,221	7,302	14,148	53,447
49	com ataque	15MK	1,0	35,0	9,640	14,226	4,950	11,020	27,656	59,021
49	com ataque	15MK	1,0	35,0	15,298	16,032	4,659	8,083	13,823	58,216
49	com ataque	15MK	1,0	35,0	11,267	14,385	5,289	10,492	21,495	55,786
49	com ataque	15MK	1,1	35,0	12,992	14,522	4,781	7,237	12,534	62,346
49	com ataque	15MK	1,1	35,0	14,607	16,007	4,734	7,246	10,809	51,482
49	com ataque	15MK	1,1	35,0	16,433	16,522	4,183	6,881	11,733	83,523
49	com ataque	15MK	1,1	35,0	13,521	14,438	4,739	7,427	11,277	59,932
49	com ataque	5SA	1,0	35,0	15,481	20,654	5,440	10,327	16,606	54,611
49	com ataque	5SA	1,0	35,0	15,279	15,337	3,908	5,915	10,050	69,638
49	com ataque	5SA	1,0	35,0	13,148	18,228	5,472	10,738	18,786	46,392
49	com ataque	5SA	1,1	35,0	10,693	15,222	5,482	9,521	14,950	47,393
49	com ataque	5SA	1,1	35,0	12,520	15,641	5,295	10,104	17,445	49,525
49	com ataque	5SA	1,1	35,0	8,255	9,295	4,157	8,299	17,241	45,707
49	com ataque	REF	1,0	35,0	11,699	16,114	5,252	10,208	16,939	45,422
49	com ataque	REF	1,0	35,0	12,154	12,203	3,288	4,379	6,322	52,678

Continuação

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
49	com ataque	REF	1,0	35,0	10,883	15,913	5,312	11,576	30,756	52,797
49	com ataque	REF	1,0	35,0	11,689	16,961	5,246	11,203	20,515	51,791
49	com ataque	REF	1,1	35,0	10,760	14,602	5,189	10,991	22,789	48,230
49	com ataque	REF	1,1	35,0	11,391	15,005	5,220	10,868	24,663	56,065
49	com ataque	REF	1,1	35,0	12,018	17,617	5,155	11,248	26,223	42,205
49	com ataque	REF	1,1	35,0	10,271	17,182	5,535	12,467	28,363	44,838
49	com ataque	5MK	1,1	17,5	9,179	11,905	5,000	10,185	21,099	57,349
49	com ataque	5MK	1,1	17,5	11,024	16,204	5,364	11,489	21,970	48,521
49	com ataque	5MK	1,1	17,5	8,826	12,071	5,174	10,842	20,394	44,169
49	com ataque	10MK	1,1	17,5	10,990	10,990	3,590	4,939	7,780	59,938
49	com ataque	10MK	1,1	17,5	12,295	12,295	4,426	7,007	12,224	65,539
49	com ataque	10MK	1,1	17,5	12,234	12,234	5,021	8,553	14,368	40,871
49	com ataque	10MK	1,0	17,5	10,698	14,151	5,204	9,223	16,671	65,212
49	com ataque	10MK	1,0	17,5	11,409	13,421	4,756	8,486	15,314	61,367
49	com ataque	10MK	1,0	17,5	10,881	11,990	4,793	8,558	15,547	67,890
49	com ataque	15MK	1,0	17,5	16,478	20,084	5,205	9,042	14,010	58,620
49	com ataque	15MK	1,0	17,5	15,385	15,392	4,016	6,751	13,302	68,052
49	com ataque	15MK	1,0	17,5	14,263	21,490	5,599	12,352	16,605	69,764
49	com ataque	15MK	1,1	17,5	15,572	18,663	5,171	8,972	14,977	74,180
49	com ataque	15MK	1,1	17,5	16,142	16,142	3,840	5,873	10,601	68,257
49	com ataque	15MK	1,1	17,5	14,840	15,783	4,966	8,575	16,276	74,658
49	com ataque	5MK	1,0	35,0	8,994	10,415	4,653	6,963	9,812	40,944
49	com ataque	5MK	1,0	35,0	13,974	16,568	4,119	4,119	4,119	81,241
49	com ataque	5MK	1,0	35,0	9,738	11,241	4,815	8,869	19,245	53,917
49	com ataque	5SA	1,0	17,5	11,269	14,518	5,074	9,916	20,217	49,561
49	com ataque	5SA	1,0	17,5	10,367	15,166	5,434	11,692	23,357	58,539
49	com ataque	5SA	1,0	17,5	12,017	15,497	4,504	9,402	17,978	84,017
49	com ataque	5SA	1,0	17,5	11,447	13,700	4,999	8,086	13,696	39,689
49	com ataque	5SA	1,1	17,5	13,471	16,082	5,406	9,261	15,540	66,336
49	com ataque	5SA	1,1	17,5	12,416	14,812	4,988	8,534	15,763	61,973
49	com ataque	5SA	1,1	17,5	13,166	20,920	6,024	13,627	27,356	67,747

Continuação

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
49	com ataque	5MK	1,1	35,0	9,713	12,405	5,450	10,309	17,631	63,907
49	com ataque	5MK	1,1	35,0	11,055	13,670	4,845	7,172	11,721	71,426
49	com ataque	5MK	1,1	35,0	10,550	15,890	5,230	11,373	19,494	46,542
49	com ataque	5MK	1,1	35,0	8,223	9,390	4,449	8,446	18,889	31,896
49	com ataque	5MK	1,1	35,0	10,846	11,109	4,666	8,162	14,092	59,721
49	com ataque	5MK	1,1	35,0	12,366	14,716	5,168	8,609	12,980	65,578
49	com ataque	5MK	1,1	35,0	9,628	12,725	5,400	10,578	17,377	60,391
49	com ataque	10MK	1,0	35,0	13,994	13,994	3,374	4,496	5,737	66,266
49	com ataque	10MK	1,0	35,0	11,639	13,278	4,939	7,539	9,663	67,322
49	com ataque	10MK	1,0	35,0	11,828	12,881	4,545	6,758	9,852	62,734
49	com ataque	10MK	1,0	35,0	11,894	13,780	4,393	6,514	10,351	62,889
49	com ataque	10MK	1,0	35,0	16,068	16,926	3,915	5,516	6,329	66,630
49	com ataque	10MK	1,0	35,0	13,102	15,455	4,886	7,694	12,503	55,062
49	com ataque	10MK	1,0	35,0	12,210	14,168	4,668	6,783	10,199	54,593
49	com ataque	10MK	1,1	35,0	10,520	11,890	4,220	5,690	8,219	52,346
49	com ataque	10MK	1,1	35,0	13,231	14,792	4,375	5,782	7,622	73,586
49	com ataque	10MK	1,1	35,0	10,568	13,740	4,474	6,675	10,266	45,458
49	com ataque	10MK	1,1	35,0	12,188	12,749	4,634	7,932	13,692	53,024
49	com ataque	10MK	1,1	35,0	12,837	12,985	3,803	5,693	8,646	47,070
49	com ataque	10MK	1,1	35,0	11,242	13,833	5,146	9,504	14,858	57,361
49	com ataque	10MK	1,1	35,0	12,057	16,750	5,296	11,362	18,060	59,612
56	sem ataque	REF	1,0	17,5	12,220	13,450	4,417	8,815	26,038	41,621
56	sem ataque	REF	1,0	17,5	11,996	17,362	4,891	10,457	28,644	47,645
56	sem ataque	REF	1,0	17,5	14,607	16,188	4,351	8,902	23,811	49,668
56	sem ataque	REF	1,0	17,5	15,487	19,965	4,663	9,775	26,510	55,290
56	sem ataque	REF	1,0	17,5	12,909	13,360	4,432	8,875	18,823	49,355
56	sem ataque	REF	1,1	17,5	12,200	17,120	5,157	11,167	34,864	62,024
56	sem ataque	REF	1,1	17,5	12,469	15,810	4,986	10,594	29,228	62,865
56	sem ataque	REF	1,1	17,5	12,950	19,397	4,847	10,388	35,426	57,148
56	sem ataque	REF	1,1	17,5	12,682	22,732	4,932	10,862	39,646	65,167
56	sem ataque	REF	1,1	17,5	12,564	17,029	5,103	11,100	31,687	65,746

Continuação

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
56	sem ataque	REF	1,1	17,5	15,897	20,929	5,009	10,833	31,276	77,664
56	sem ataque	REF	1,1	17,5	12,090	17,626	4,752	10,168	33,459	49,008
56	sem ataque	REF	1,1	17,5	11,763	16,517	5,074	11,020	34,483	69,241
56	sem ataque	5MK	1,0	17,5	11,811	17,946	5,136	11,057	35,306	56,442
56	sem ataque	5MK	1,0	17,5	9,027	13,090	5,103	10,828	32,813	41,360
56	sem ataque	5MK	1,0	17,5	14,819	19,879	4,653	9,913	31,605	61,063
56	sem ataque	5MK	1,0	17,5	13,426	21,180	5,005	10,716	36,648	60,705
56	sem ataque	5MK	1,0	17,5	12,922	17,989	4,910	10,536	30,414	61,139
56	sem ataque	15MK	1,0	35,0	10,439	19,898	5,012	10,740	39,018	44,983
56	sem ataque	15MK	1,0	35,0	10,485	20,570	5,249	11,719	42,985	47,944
56	sem ataque	15MK	1,0	35,0	17,428	40,906	5,042	11,106	42,543	69,837
56	sem ataque	15MK	1,0	35,0	10,401	32,163	5,404	12,347	48,699	44,755
56	sem ataque	15MK	1,1	35,0	11,949	16,299	4,731	10,097	29,681	42,404
56	sem ataque	15MK	1,1	35,0	11,657	12,206	4,462	8,825	19,919	43,486
56	sem ataque	15MK	1,1	35,0	13,752	29,008	5,298	11,636	42,933	52,565
56	sem ataque	15MK	1,1	35,0	10,878	17,643	4,847	10,522	33,657	60,200
56	sem ataque	5SA	1,0	35,0	12,029	18,549	4,784	10,412	32,111	38,560
56	sem ataque	5SA	1,0	35,0	13,899	25,111	3,984	8,189	28,375	45,259
56	sem ataque	5SA	1,0	35,0	13,151	20,686	4,787	10,395	36,408	44,018
56	sem ataque	5SA	1,0	35,0	13,259	35,318	5,216	11,590	43,994	49,214
56	sem ataque	5SA	1,0	35,0	12,408	23,638	4,934	10,828	40,458	48,631
56	sem ataque	5SA	1,1	35,0	13,631	28,402	5,132	11,214	42,020	60,025
56	sem ataque	5SA	1,1	35,0	12,400	21,568	5,002	10,719	39,040	54,100
56	sem ataque	5SA	1,1	35,0	12,652	22,549	5,462	12,088	43,777	65,865
56	sem ataque	5SA	1,1	35,0	12,987	24,263	4,616	10,112	37,926	66,016
56	sem ataque	5SA	1,1	35,0	13,523	13,532	3,720	7,340	19,963	53,829
56	sem ataque	5SA	1,1	35,0	11,419	14,781	4,708	9,401	31,463	57,248
56	sem ataque	REF	1,0	35,0	15,522	23,222	4,565	9,641	34,121	76,469
56	sem ataque	REF	1,0	35,0	15,694	29,639	5,011	10,897	40,990	68,819
56	sem ataque	REF	1,0	35,0	10,774	19,321	4,728	10,059	36,311	54,652
56	sem ataque	REF	1,0	35,0	10,045	14,619	4,712	9,680	32,410	65,465

Continuação

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
56	sem ataque	REF	1,0	35,0	9,530	16,964	4,546	9,950	35,449	77,155
56	sem ataque	REF	1,1	35,0	13,013	17,421	4,696	9,838	32,517	64,329
56	sem ataque	REF	1,1	35,0	12,907	15,139	4,600	9,318	24,619	44,234
56	sem ataque	REF	1,1	35,0	13,387	18,320	4,811	10,054	32,129	66,048
56	sem ataque	REF	1,1	35,0	15,695	22,385	4,792	9,980	33,572	62,482
56	sem ataque	REF	1,1	35,0	9,863	9,880	4,057	7,928	18,818	43,404
56	sem ataque	REF	1,1	35,0	12,426	13,257	4,458	9,003	23,327	66,118
56	sem ataque	REF	1,1	35,0	11,071	14,803	4,888	10,117	33,788	61,452
56	sem ataque	REF	1,1	35,0	12,188	20,064	5,035	11,103	39,959	62,646
56	sem ataque	REF	1,1	35,0	11,413	23,107	4,838	10,261	38,014	51,101
56	sem ataque	REF	1,1	35,0	11,506	24,735	4,819	10,443	39,387	38,784
56	sem ataque	REF	1,1	35,0	11,717	16,635	4,856	10,421	35,925	63,215
56	sem ataque	REF	1,1	35,0	13,185	19,304	4,696	9,699	33,625	66,103
56	sem ataque	5MK	1,1	17,5	13,078	18,514	4,875	10,536	26,019	45,901
56	sem ataque	5MK	1,1	17,5	15,934	21,770	4,954	10,552	33,240	57,733
56	sem ataque	5MK	1,1	17,5	14,275	21,056	4,864	10,578	34,616	79,020
56	sem ataque	5MK	1,1	17,5	14,346	22,128	4,821	10,218	36,635	54,858
56	sem ataque	5MK	1,1	17,5	11,067	20,579	4,296	9,368	33,180	65,269
56	sem ataque	10MK	1,1	17,5	15,181	16,675	4,875	10,038	12,821	89,323
56	sem ataque	10MK	1,1	17,5	15,421	18,549	4,682	9,821	28,456	47,966
56	sem ataque	10MK	1,1	17,5	13,192	14,743	4,722	9,895	26,114	69,256
56	sem ataque	10MK	1,1	17,5	15,089	25,210	5,295	11,585	40,558	79,648
56	sem ataque	10MK	1,1	17,5	12,722	22,017	5,073	11,074	39,348	72,244
56	sem ataque	10MK	1,1	17,5	12,225	19,775	4,691	10,352	26,317	29,172
56	sem ataque	10MK	1,1	17,5	11,158	14,484	4,965	10,256	26,188	68,364
56	sem ataque	10MK	1,0	17,5	12,337	18,815	4,843	10,406	36,607	60,622
56	sem ataque	10MK	1,0	17,5	10,349	15,164	5,017	10,646	36,014	59,676
56	sem ataque	10MK	1,0	17,5	12,446	19,222	5,417	11,786	38,451	64,041
56	sem ataque	10MK	1,0	17,5	11,176	18,187	5,133	11,227	39,157	61,223
56	sem ataque	10MK	1,0	17,5	11,793	19,424	5,125	11,268	40,094	68,444
56	sem ataque	10MK	1,0	17,5	9,787	15,405	5,338	11,704	39,241	54,296

Continuação

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
56	sem ataque	10MK	1,0	17,5	11,478	18,819	4,893	10,904	26,827	57,621
56	sem ataque	15MK	1,0	17,5	9,590	15,215	4,969	11,111	29,164	44,008
56	sem ataque	15MK	1,0	17,5	12,738	26,631	5,114	11,673	44,023	77,413
56	sem ataque	15MK	1,0	17,5	12,677	19,063	4,833	10,544	36,447	66,940
56	sem ataque	15MK	1,0	17,5	11,808	18,690	4,571	9,981	30,764	36,347
56	sem ataque	15MK	1,1	17,5	12,793	26,299	5,472	12,470	45,286	49,702
56	sem ataque	15MK	1,1	17,5	18,192	27,694	4,913	10,544	36,376	68,476
56	sem ataque	15MK	1,1	17,5	14,741	28,273	5,314	11,815	43,441	59,865
56	sem ataque	15MK	1,1	17,5	15,383	26,709	5,037	11,436	38,155	61,559
56	sem ataque	15MK	1,1	17,5	12,059	21,725	5,143	11,376	40,841	59,463
56	sem ataque	15MK	1,1	17,5	11,685	29,720	5,559	13,043	49,799	69,966
56	sem ataque	15MK	1,1	17,5	9,046	17,675	4,964	11,348	42,534	42,223
56	sem ataque	5MK	1,0	35,0	10,824	22,782	5,597	12,825	47,072	53,281
56	sem ataque	5MK	1,0	35,0	11,128	19,724	5,416	11,934	41,926	59,950
56	sem ataque	5MK	1,0	35,0	9,224	21,634	6,805	15,985	62,133	59,586
56	sem ataque	5MK	1,0	35,0	11,196	27,561	5,986	13,937	53,904	81,947
56	sem ataque	5MK	1,0	35,0	9,620	17,903	5,328	12,517	41,436	44,162
56	sem ataque	5MK	1,0	35,0	9,463	23,318	5,610	13,032	51,412	78,846
56	sem ataque	5SA	1,0	17,5	11,806	19,414	5,099	11,202	39,977	62,187
56	sem ataque	5SA	1,0	17,5	11,672	23,639	5,565	12,500	46,780	62,581
56	sem ataque	5SA	1,0	17,5	10,651	14,595	4,817	10,058	30,145	39,504
56	sem ataque	5SA	1,0	17,5	10,702	18,032	5,431	11,599	40,514	40,683
56	sem ataque	5SA	1,0	17,5	11,773	21,444	5,292	11,662	41,742	40,561
56	sem ataque	5SA	1,1	17,5	9,426	18,564	5,145	12,104	42,141	61,914
56	sem ataque	5SA	1,1	17,5	11,086	18,282	5,483	12,100	42,620	62,785
56	sem ataque	5SA	1,1	17,5	9,729	17,889	5,415	12,070	42,284	60,640
56	sem ataque	5SA	1,1	17,5	11,441	23,315	5,489	12,185	45,062	82,792
56	sem ataque	5SA	1,1	17,5	14,654	32,247	5,322	11,909	45,121	81,279
56	sem ataque	5SA	1,1	17,5	12,510	24,086	5,444	12,206	45,631	60,034
56	sem ataque	5MK	1,1	35,0	10,324	24,222	5,725	13,173	50,312	48,771
56	sem ataque	5MK	1,1	35,0	11,082	22,016	4,958	11,520	42,511	51,708

Continuação

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
56	sem ataque	5MK	1,1	35,0	12,346	29,460	5,383	12,261	46,523	52,292
56	sem ataque	5MK	1,1	35,0	11,496	22,664	5,012	10,820	40,086	56,726
56	sem ataque	5MK	1,1	35,0	11,634	20,812	5,135	11,373	40,877	49,744
56	sem ataque	5MK	1,1	35,0	11,417	18,235	4,934	10,723	36,614	53,444
56	sem ataque	5MK	1,1	35,0	10,651	13,706	4,999	10,682	28,182	62,007
56	sem ataque	5MK	1,1	35,0	11,409	11,409	4,144	7,728	14,058	50,227
56	sem ataque	5MK	1,1	35,0	10,277	16,495	4,699	9,919	34,861	43,127
56	sem ataque	5MK	1,1	35,0	10,723	14,569	4,564	9,609	22,553	45,672
56	sem ataque	10MK	1,0	35,0	13,927	30,868	5,406	12,064	45,964	62,488
56	sem ataque	10MK	1,0	35,0	14,248	25,173	5,197	11,349	42,626	73,535
56	sem ataque	10MK	1,0	35,0	11,981	23,358	5,182	11,728	44,692	64,889
56	sem ataque	10MK	1,0	35,0	11,933	25,687	5,520	12,776	49,277	79,860
56	sem ataque	10MK	1,0	35,0	11,778	13,063	4,703	9,459	19,582	48,176
56	sem ataque	10MK	1,0	35,0	12,938	18,058	4,915	10,570	31,073	55,366
56	sem ataque	10MK	1,0	35,0	11,678	13,108	4,759	9,748	20,973	61,531
56	sem ataque	10MK	1,0	35,0	11,949	19,687	4,827	10,485	29,920	43,231
56	sem ataque	10MK	1,0	35,0	10,068	17,899	5,158	11,287	31,238	48,238
56	sem ataque	10MK	1,1	35,0	13,477	33,032	5,557	12,814	49,637	60,696
56	sem ataque	10MK	1,1	35,0	13,761	26,628	5,345	11,779	43,430	62,077
56	sem ataque	10MK	1,1	35,0	13,734	25,799	5,087	11,036	41,072	61,888
56	sem ataque	10MK	1,1	35,0	12,907	22,616	5,479	12,079	43,783	91,197
56	sem ataque	10MK	1,1	35,0	13,875	30,554	5,185	11,647	44,836	76,284
56	sem ataque	10MK	1,1	35,0	10,520	18,467	5,246	11,320	40,119	51,636
56	sem ataque	10MK	1,1	35,0	11,627	21,037	5,208	11,438	42,396	61,444
56	sem ataque	10MK	1,1	35,0	13,428	24,508	5,055	10,780	39,080	59,504
56	sem ataque	10MK	1,1	35,0	13,518	18,373	4,910	10,319	32,970	72,020
56	sem ataque	10MK	1,1	35,0	12,562	20,055	4,824	10,302	36,524	62,541
56	sem ataque	10MK	1,1	35,0	11,976	22,639	5,195	11,444	42,801	67,180
56	sem ataque	10MK	1,1	35,0	12,677	21,619	4,731	10,041	36,645	61,923
56	com ataque	REF	1,0	17,5	11,183	12,656	4,490	6,291	7,429	40,798
56	com ataque	REF	1,0	17,5	12,834	14,278	4,280	6,052	8,698	51,771

Continuação

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
56	com ataque	REF	1,0	17,5	10,455	10,791	3,706	4,980	6,043	42,826
56	com ataque	REF	1,0	17,5	12,562	15,795	4,958	8,101	8,914	41,513
56	com ataque	REF	1,1	17,5	11,128	13,813	4,929	8,415	12,762	45,490
56	com ataque	REF	1,1	17,5	13,520	14,298	3,792	5,079	6,946	65,115
56	com ataque	REF	1,1	17,5	12,222	14,728	4,866	6,965	9,534	63,156
56	com ataque	REF	1,1	17,5	9,565	13,507	5,389	10,643	17,256	62,850
56	com ataque	5MK	1,0	17,5	11,177	12,239	3,742	5,065	7,342	47,582
56	com ataque	5MK	1,0	17,5	11,632	14,533	4,771	6,428	6,972	70,825
56	com ataque	5MK	1,0	17,5	12,092	14,782	5,001	7,498	10,506	52,625
56	com ataque	5MK	1,0	17,5	11,192	12,178	4,161	6,863	10,680	56,476
56	com ataque	15MK	1,0	35,0	12,057	12,531	4,065	6,392	11,508	59,475
56	com ataque	15MK	1,0	35,0	12,609	14,334	5,076	9,253	16,689	64,877
56	com ataque	15MK	1,0	35,0	11,258	11,458	4,270	6,250	9,671	56,608
56	com ataque	15MK	1,0	35,0	14,651	17,382	4,929	8,145	13,278	51,014
56	com ataque	15MK	1,1	35,0	16,373	16,373	3,193	4,564	7,002	67,468
56	com ataque	15MK	1,1	35,0	14,089	16,565	3,386	4,409	6,524	83,041
56	com ataque	15MK	1,1	35,0	16,346	19,978	4,561	5,960	8,248	87,807
56	com ataque	15MK	1,1	35,0	13,194	13,199	4,035	6,108	9,257	64,007
56	com ataque	5SA	1,0	35,0	10,970	13,851	4,337	8,637	15,729	28,104
56	com ataque	5SA	1,0	35,0	18,413	18,806	2,918	3,663	6,011	44,873
56	com ataque	5SA	1,0	35,0	13,280	18,193	5,470	11,579	23,563	62,648
56	com ataque	5SA	1,0	35,0	18,636	26,150	5,460	10,930	18,185	62,836
56	com ataque	5SA	1,1	35,0	14,248	15,551	4,871	6,164	6,164	67,422
56	com ataque	5SA	1,1	35,0	14,311	17,963	5,329	7,743	11,359	63,329
56	com ataque	5SA	1,1	35,0	11,024	11,945	4,844	8,460	14,068	66,141
56	com ataque	5SA	1,1	35,0	12,104	14,473	4,872	8,301	14,433	51,613
56	com ataque	REF	1,0	35,0	15,531	20,229	5,167	8,388	11,720	51,371
56	com ataque	REF	1,0	35,0	13,315	13,588	4,126	6,443	8,348	47,871
56	com ataque	REF	1,0	35,0	14,263	18,046	4,784	8,171	13,410	36,256
56	com ataque	REF	1,0	35,0	12,302	14,781	5,099	10,492	22,616	57,533
56	com ataque	REF	1,1	35,0	12,978	14,349	4,879	9,190	16,970	53,301

Continuação

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
56	com ataque	REF	1,1	35,0	13,713	18,222	5,383	10,908	20,514	63,368
56	com ataque	REF	1,1	35,0	14,394	18,313	5,211	10,211	17,213	60,656
56	com ataque	REF	1,1	35,0	15,331	16,338	4,490	8,036	14,471	56,236
56	com ataque	5MK	1,1	17,5	9,382	13,090	5,417	9,073	15,315	71,807
56	com ataque	5MK	1,1	17,5	10,391	11,233	4,445	6,540	10,340	59,892
56	com ataque	5MK	1,1	17,5	10,734	12,427	4,587	5,048	5,048	78,472
56	com ataque	10MK	1,1	17,5	12,185	15,475	5,478	10,766	21,352	88,576
56	com ataque	10MK	1,1	17,5	17,932	17,932	3,424	5,025	8,257	70,349
56	com ataque	10MK	1,1	17,5	11,829	12,489	3,763	5,367	9,052	60,153
56	com ataque	10MK	1,1	17,5	13,476	14,878	3,956	5,568	8,785	69,996
56	com ataque	10MK	1,0	17,5	13,198	15,523	4,940	7,983	14,028	77,431
56	com ataque	10MK	1,0	17,5	12,120	13,483	4,983	8,988	14,407	63,136
56	com ataque	10MK	1,0	17,5	13,626	14,317	3,334	5,076	9,064	57,962
56	com ataque	10MK	1,0	17,5	12,600	14,846	5,002	7,700	11,958	69,822
56	com ataque	15MK	1,0	17,5	11,209	13,849	5,066	8,359	14,903	55,347
56	com ataque	15MK	1,0	17,5	12,809	15,187	5,065	9,237	17,043	59,303
56	com ataque	15MK	1,0	17,5	14,771	22,248	5,779	12,612	22,829	69,303
56	com ataque	15MK	1,0	17,5	11,335	13,211	4,925	8,305	13,086	35,320
56	com ataque	15MK	1,1	17,5	14,137	17,379	4,669	6,818	11,012	63,283
56	com ataque	15MK	1,1	17,5	18,160	18,685	3,886	5,057	6,290	77,627
56	com ataque	15MK	1,1	17,5	16,678	17,017	4,019	5,693	9,008	79,773
56	com ataque	15MK	1,1	17,5	15,593	17,239	4,842	7,790	8,714	75,080
56	com ataque	5MK	1,0	35,0	9,893	14,110	5,646	9,318	16,415	72,148
56	com ataque	5MK	1,0	35,0	10,021	10,709	4,184	6,451	10,972	91,129
56	com ataque	5MK	1,0	35,0	11,674	17,375	6,020	10,595	10,595	76,424
56	com ataque	5SA	1,0	17,5	12,318	14,463	4,650	7,435	12,716	44,861
56	com ataque	5SA	1,0	17,5	9,769	10,837	4,003	6,079	10,224	44,008
56	com ataque	5SA	1,0	17,5	12,668	18,101	5,436	11,191	19,062	58,641
56	com ataque	5SA	1,0	17,5	10,229	14,061	5,674	10,660	18,477	64,790
56	com ataque	5SA	1,1	17,5	13,622	15,606	5,006	8,255	14,237	61,348
56	com ataque	5SA	1,1	17,5	15,210	15,355	4,046	6,422	10,675	73,942

Continuação

Idade (dias)	Ataque	Aglomerante	Agr/Cim	Comprimento das Fibras (mm)	PEL (MPa)	MOR (MPa)	I5	I10	I30	MEF (MPa/mm)
56	com ataque	5SA	1,1	17,5	12,045	15,873	5,566	10,799	19,998	59,045
56	com ataque	5SA	1,1	17,5	11,326	14,622	5,237	10,002	18,271	53,292
56	com ataque	5MK	1,1	35,0	11,392	13,001	4,889	7,080	10,900	61,435
56	com ataque	5MK	1,1	35,0	12,257	13,636	4,251	5,926	8,949	63,732
56	com ataque	5MK	1,1	35,0	12,130	15,543	5,176	9,154	13,439	64,153
56	com ataque	5MK	1,1	35,0	10,901	12,136	4,835	7,379	12,724	107,214
56	com ataque	5MK	1,1	35,0	9,721	10,827	4,675	8,204	14,156	60,129
56	com ataque	5MK	1,1	35,0	9,929	12,541	5,231	9,251	15,413	66,384
56	com ataque	5MK	1,1	35,0	10,677	14,656	5,812	10,860	19,229	59,817
56	com ataque	5MK	1,1	35,0	10,650	13,875	5,460	10,290	15,383	53,163
56	com ataque	10MK	1,0	35,0	12,515	14,626	4,844	7,676	12,367	81,027
56	com ataque	10MK	1,0	35,0	13,972	15,295	4,940	8,052	11,819	66,955
56	com ataque	10MK	1,0	35,0	15,843	17,428	4,297	5,590	7,375	61,387
56	com ataque	10MK	1,0	35,0	14,573	17,925	4,641	5,765	6,988	69,068
56	com ataque	10MK	1,0	35,0	11,767	11,773	3,608	5,356	8,514	75,883
56	com ataque	10MK	1,0	35,0	12,712	14,087	3,825	5,033	7,312	68,568
56	com ataque	10MK	1,0	35,0	12,055	13,282	4,428	6,686	8,965	53,113
56	com ataque	10MK	1,0	35,0	12,264	12,913	2,980	3,699	3,699	62,970
56	com ataque	10MK	1,1	35,0	12,732	16,481	5,270	7,452	10,937	57,977
56	com ataque	10MK	1,1	35,0	13,535	16,141	4,904	7,289	11,198	55,133
56	com ataque	10MK	1,1	35,0	15,641	15,750	3,714	5,504	8,460	67,365
56	com ataque	10MK	1,1	35,0	12,214	12,869	4,190	6,311	8,991	79,251
56	com ataque	10MK	1,1	35,0	11,712	11,755	3,856	5,843	9,564	57,883
56	com ataque	10MK	1,1	35,0	13,044	13,941	3,729	5,002	6,424	56,278
56	com ataque	10MK	1,1	35,0	11,957	13,767	4,812	6,741	8,070	60,488
56	com ataque	10MK	1,1	35,0	10,876	16,846	5,514	11,957	20,255	50,303

TESTES DE COMPARAÇÃO MÚLTIPLA DE MÉDIAS

PEL - Id x At

	At	sem	sem	sem	sem	com	com	com	com
At	Id	28	42	49	56	28	42	49	56
sem	28		0,0013*	0,0015*	0,1190	1,0000	0,0092*	0,6990	0,0018*
sem	42	0,0013*		0,9378	0,0975	0,0015*	0,5133	0,0044*	0,8809
sem	49	0,0015*	0,9378		0,1036	0,0018*	0,5425	0,0049*	0,9339
sem	56	0,1190	0,0975	0,1036		0,1334	0,2570	0,2056	0,1077
com	28	1,0000	0,0015*	0,0018*	0,1334		0,0108*	0,7188	0,0021
com	42	0,0092*	0,5133	0,5425	0,2570	0,0108*		0,0219*	0,5687
com	49	0,6990	0,0044*	0,0049*	0,2056	0,7188	0,0219*		0,0053*
com	56	0,0018*	0,8809	0,9339	0,1077	0,0021	0,5687	0,0053*	

PEL - Ag x Id

	Id	28	28	28	28	28	42	42	42	42	42	49	49	49	49	49	56	56	56	56	56
Id	Ag	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA
28	REF		0,1387	0,2538	0,2733	0,1777	0,0360	0,3341	0,0003	0,0000*	0,0057	0,7340	0,2049	0,1268	0,0000*	0,0170*	0,0060*	0,7367	0,0014*	0,0000*	0,0161*
28	5MK	0,1387		0,6838	0,6387	0,8637	0,5032	0,5371	0,0439*	0,0022*	0,2087	0,2302	0,7896	0,9431	0,0000*	0,3494	0,2155	0,0778	0,1037	0,0103*	0,3456
28	10MK	0,2538	0,6838		0,9320	0,7908	0,3152	0,8016	0,0168*	0,0005*	0,1088	0,3882	0,8651	0,6474	0,0000*	0,2041	0,1117	0,1565	0,0467*	0,0030*	0,1984
28	15MK	0,2733	0,6387	0,9320		0,7413	0,2887	0,8535	0,0140*	0,0004*	0,0962	0,4126	0,8123	0,6029	0,0000*	0,1845	0,0985	0,1710	0,0401*	0,0024*	0,1786
28	5SA	0,1777	0,8637	0,7908	0,7413		0,4257	0,6306	0,0311*	0,0013*	0,1652	0,2853	0,9085	0,8211	0,0000*	0,2882	0,1702	0,1035	0,0779	0,0066*	0,2832
42	REF	0,0360*	0,5032	0,3152	0,2887	0,4257		0,2281	0,1603	0,0169*	0,5064	0,0717	0,3815	0,5182	0,0001*	0,7454	0,5173	0,0165*	0,3022	0,0544	0,7352
42	5MK	0,3341	0,5371	0,8016	0,8535	0,6306	0,2281		0,0087*	0,0002*	0,0697	0,4888	0,6948	0,5048	0,0000*	0,1408	0,0714	0,2166	0,0271*	0,0013*	0,1357
42	10MK	0,0003*	0,0439*	0,0168*	0,0140*	0,0311*	0,1603	0,0087*		0,2988	0,4162	0,0009*	0,0247*	0,0488*	0,0185*	0,2554	0,3979	0,0001*	0,6563	0,5509	0,2595
42	15MK	0,0000*	0,0022*	0,0005*	0,0004*	0,0013*	0,0169*	0,0002*	0,2988		0,0777	0,0000*	0,0009*	0,0026*	0,1535	0,0357*	0,0723	0,0000*	0,1589	0,6081	0,0365*
42	5SA	0,0057*	0,2087	0,1088	0,0962	0,1652	0,5064	0,0697	0,4162	0,0777		0,0145*	0,1415	0,2226	0,0017*	0,6969	0,9978	0,0020*	0,6667	0,1856	0,7042
49	REF	0,7340	0,2302	0,3882	0,4126	0,2853	0,0717	0,4888	0,0009*	0,0000*	0,0145*		0,3227	0,2131	0,0000*	0,0373*	0,0150*	0,5282	0,0041*	0,0001*	0,0357*
49	5MK	0,2049	0,7896	0,8651	0,8123	0,9085	0,3815	0,6948	0,0247*	0,0009*	0,1415	0,3227		0,7496	0,0000*	0,2541	0,1454	0,1222	0,0643	0,0049*	0,2481
49	10MK	0,1268	0,9431	0,6474	0,6029	0,8211	0,5182	0,5048	0,0488*	0,0026*	0,2226	0,2131	0,7496		0,0000*	0,3639	0,2316	0,0702	0,1131	0,0118*	0,3650
49	15MK	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0000*	0,0185*	0,1535	0,0017*	0,0000*	0,0000*	0,0000*		0,0005*	0,0015*	0,0000*	0,0060*	0,0659	0,0005*
49	5SA	0,0170*	0,3494	0,2041	0,1845	0,2882	0,7454	0,1408	0,2554	0,0357*	0,6969	0,0373*	0,2541	0,3639	0,0005*		0,7074	0,0070*	0,4437	0,0992	0,9693
56	REF	0,0060*	0,2155	0,1117	0,0985	0,1702	0,5173	0,0714	0,3979	0,0723	0,9978	0,0150*	0,1454	0,2316	0,0015*	0,7074		0,0021*	0,6459	0,1742	0,7217
56	5MK	0,7367	0,0778	0,1565	0,1710	0,1035	0,0165*	0,2166	0,0001*	0,0000*	0,0020*	0,5282	0,1222	0,0702	0,0000*	0,0070*	0,0021*		0,0004*	0,0000*	0,0065*
56	10MK	0,0014*	0,1037	0,0467*	0,0401*	0,0779	0,3022	0,0271*	0,6563	0,1589	0,6667	0,0041*	0,0643	0,1131	0,0060*	0,4437	0,6459	0,0004*		0,3297	0,4509
56	15MK	0,0000*	0,0103*	0,0030*	0,0024*	0,0066*	0,0544	0,0013*	0,5509	0,6081	0,1856	0,0001*	0,0049*	0,0118*	0,0659	0,0992	0,1742	0,0000*	0,3297		0,1009
56	5SA	0,0161*	0,3456	0,1984	0,1786	0,2832	0,7352	0,1357	0,2595	0,0365*	0,7042	0,0357*	0,2481	0,3650	0,0005*	0,9693	0,7217	0,0065*	0,4509	0,1009	

PEL - Ag x At

	At	sem	sem	sem	sem	sem	com	com	com	com	com
At	Ag	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA
sem	REF		0,6269	0,3423	0,0640	0,7251	0,1483	0,0053*	0,6558	0,0000*	0,3663
sem	5MK	0,6269		0,1741	0,0224*	0,4339	0,2943	0,0176*	0,3870	0,0000*	0,1889
sem	10MK	0,3423	0,1741		0,3066	0,5101	0,0209*	0,0002*	0,5697	0,0010*	0,9351
sem	15MK	0,0640	0,0224*	0,3066		0,1191	0,0009*	0,0000*	0,1384	0,0173*	0,3012
sem	5SA	0,7251	0,4339	0,5101	0,1191		0,0849	0,0020*	0,8992	0,0001*	0,5412
com	REF	0,1483	0,2943	0,0209*	0,0009*	0,0849		0,1517	0,0724	0,0000*	0,0235
com	5MK	0,0053*	0,0176*	0,0002*	0,0000*	0,0020*	0,1517		0,0015*	0,0000*	0,0002*
com	10MK	0,6558	0,3870	0,5697	0,1384	0,8992	0,0724	0,0015*		0,0001*	0,5973
com	15MK	0,0000*	0,0000*	0,0010*	0,0173*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0001*		0,0009*
com	5SA	0,3663	0,1889	0,9351	0,3012	0,5412	0,0235*	0,0002*	0,5973	0,0009*	

PEL - Id x Ac

	Id	28	28	42	42	49	49	56	56
Id	Ac	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1
28	1,0		0,0239*	0,2734	0,0178	0,1174	0,9985	0,8442	0,0694
28	1,1	0,0239*		0,0012*	0,0000*	0,0002*	0,0312*	0,0220*	0,0001*
42	1,0	0,2734	0,0012*		0,1843	0,5820	0,2547	0,3148	0,4242
42	1,1	0,0178*	0,0000*	0,1843		0,3913	0,0163*	0,0251*	0,5405
49	1,0	0,1174	0,0002*	0,5820	0,3913		0,1081	0,1427	0,7603
49	1,1	0,9985	0,0312*	0,2547	0,0163*	0,1081		0,8343	0,0642
56	1,0	0,8442	0,0220*	0,3148	0,0251*	0,1427	0,8343		0,0895
56	1,1	0,0694	0,0001*	0,4242	0,5405	0,7603	0,0642	0,0895	

PEL - Ag x Ac

	Ag	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
Ag	Ac	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1
REF	1,0		0,6623	0,1212	0,0031*	0,8628	0,0377*	0,9128	0,0000*	0,0098*	0,5773
REF	1,1	0,6623		0,0588	0,0089*	0,5665	0,0146*	0,7194	0,0000*	0,0029*	0,8767
5MK	1,0	0,1212	0,0588		0,0000*	0,1416	0,5406	0,1107	0,0000*	0,2695	0,0455*
5MK	1,1	0,0031*	0,0089*	0,0000*		0,0020*	0,0000*	0,0037*	0,0000*	0,0000*	0,0102*
10MK	1,0	0,8628	0,5665	0,1416	0,0020*		0,0480*	0,7927	0,0000*	0,0137*	0,4887
10MK	1,1	0,0377*	0,0146*	0,5406	0,0000*	0,0480*		0,0329*	0,0000*	0,5713	0,0104*
15MK	1,0	0,9128	0,7194	0,1107	0,0037*	0,7927	0,0329*		0,0000*	0,0081*	0,6317
15MK	1,1	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*		0,0000*	0,0000*
5SA	1,0	0,0098*	0,0029*	0,2695	0,0000*	0,0137*	0,5713	0,0081*	0,0000*		0,0019*
5SA	1,1	0,5773	0,8767	0,0455*	0,0102*	0,4887	0,0104*	0,6317	0,0000*	0,0019*	

PEL - Tf x At

	At	sem	sem	com	com
At	Tf	17,5	35,0	17,5	35,0
sem	17,5		0,0020*	0,0194*	0,0181*
sem	35,0	0,0020*		0,3825	0,4234
com	17,5	0,0194*	0,3825		0,8937
com	35,0	0,0181*	0,4234	0,8937	

PEL - Tf x Ag

	Ag	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
Ag	Tf	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0
REF	17,5		0,0000*	0,2805	0,0000*	0,1101	0,3322	0,2711	0,2795	0,0011*	0,5229
REF	35,0	0,0000*		0,0001*	0,7391	0,0006*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0740	0,0000*
5MK	17,5	0,2805	0,0001*		0,0000*	0,5460	0,8557	0,0361*	0,0373*	0,0261*	0,1029
5MK	35,0	0,0000*	0,7391	0,0000*		0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0439*	0,0000*
10MK	17,5	0,1101	0,0006*	0,5460	0,0002*		0,4633	0,0081*	0,0083*	0,0841	0,0306*
10MK	35	0,3322	0,0000*	0,8557	0,0000*	0,4633		0,0488*	0,0515	0,0197*	0,1294
15MK	17,5	0,2711	0,0000*	0,0361*	0,0000*	0,0081*	0,0488*		0,9783	0,0000*	0,5924
15MK	35,0	0,2795	0,0000*	0,0373*	0,0000*	0,0083*	0,0515	0,9783		0,0000*	0,5999
5SA	17,5	0,0011*	0,0740	0,0261*	0,0439*	0,0841	0,0197*	0,0000*	0,0000*		0,0001*
5SA	35,0	0,5229	0,0000*	0,1029	0,0000*	0,0306*	0,1294	0,5924	0,5999	0,0001*	

PEL - Ag x Ac x Tf

		Ag	REF	REF	REF	REF	5MK	5MK	5MK	5MK	10MK	10MK	10MK	10MK	15MK	15MK	15MK	15MK	5SA	5SA	5SA	5SA
Ag	Ac	Tf	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1
REF	1,0	17,5	0,0000*	0,0000*	0,1923	0,0002*	0,2662	0,0011*	0,0004*	0,0000*	0,0082*	0,0764	0,3674	0,3364	0,0081*	0,0458*	0,0026*	0,0233*	0,0003*	0,0075*	0,0422*	0,0011*
REF	1,0	35	0,0000*	0,0000*	0,0034*	0,5203	0,0000*	0,3247	0,4383	0,6003	0,1276	0,0163*	0,0007*	0,0007*	0,1277	0,0311*	0,0000*	0,0000*	0,5029	0,0000*	0,0348*	0,3277
REF	1,1	17,5	0,1923	0,0034*	0,0000*	0,0210*	0,0204*	0,0559	0,0327*	0,0006*	0,1732	0,5859	0,6324	0,6542	0,1706	0,4429	0,0000*	0,0004*	0,0241*	0,0001*	0,4244	0,0547
REF	1,1	35	0,0002*	0,5203	0,0210*	0,0000*	0,6654	0,8360	0,2741	0,3293	0,0691	0,0058*	0,0061*	0,3278	0,1128	0,0000*	0,0000*	0,9402	0,0000*	0,1232	0,6637	
5MK	1,0	17,5	0,2662	0,0000*	0,0204*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0002*	0,0048*	0,0569	0,0489*	0,0002*	0,0022*	0,0495	0,2065	0,0000*	0,0999	0,0019*	0,0000*	
5MK	1,0	35	0,0011*	0,3247	0,0559	0,6654	0,0000*	0,7933	0,1531	0,5404	0,1502	0,0192*	0,0202*	0,5438	0,2246	0,0000*	0,0000*	0,7029	0,0000*	0,2390	0,9862	
5MK	1,1	17,5	0,0004*	0,4383	0,0327*	0,8360	0,0000*	0,7933	0,2225	0,4104	0,0983	0,0010*	0,0105*	0,4124	0,1540	0,0000*	0,0000*	0,8828	0,0000*	0,1656	0,7947	
5MK	1,1	35	0,0000*	0,6003	0,0006*	0,2741	0,0000*	0,1531	0,2225	0,0476*	0,0037*	0,0001*	0,0001*	0,0477*	0,0082*	0,0000*	0,0000*	0,2633	0,0000*	0,0094*	0,1554	
10MK	1,0	17,5	0,0082*	0,1276	0,1732	0,3293	0,0002*	0,5404	0,4104	0,0476*	0,3678	0,0764	0,0801	0,9819	0,4989	0,0000*	0,0000*	0,3523	0,0000*	0,5221	0,5228	
10MK	1,0	35	0,0764	0,0163*	0,5859	0,0691	0,0048*	0,1502	0,0983	0,0037*	0,3678	0,3384	0,3573	0,3647	0,7820	0,0000*	0,0000*	0,0772	0,0000*	0,7469	0,1479	
10MK	1,1	17,5	0,3674	0,0007*	0,6324	0,0058*	0,0569	0,0192*	0,0010*	0,0001*	0,0764	0,3384	0,9981	0,0752	0,2411	0,0001*	0,0019*	0,0069*	0,0004*	0,2293	0,0187*	
10MK	1,1	35	0,3364	0,0007*	0,6542	0,0061*	0,0489*	0,0202*	0,0105*	0,0001*	0,0801	0,3573	0,9981	0,0796	0,2537	0,0001*	0,0016*	0,0072*	0,0003*	0,2385	0,0199*	
15MK	1,0	17,5	0,0081*	0,1277	0,1706	0,3278	0,0002*	0,5438	0,4124	0,0477*	0,9819	0,3647	0,0752	0,0796	0,4938	0,0000*	0,0000*	0,3524	0,0000*	0,5071	0,5371	
15MK	1,0	35	0,0458*	0,0311*	0,4429	0,1128	0,0022*	0,2246	0,1540	0,0082*	0,4989	0,7820	0,2411	0,2537	0,4938	0,0000*	0,0000*	0,1243	0,0000*	0,9443	0,2206	
15MK	1,1	17,5	0,0026*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0495	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,4140	0,0000*	0,6920	0,0000*	0,0000*	
15MK	1,1	35	0,0233*	0,0000*	0,0004*	0,0000*	0,2065	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0019*	0,0016*	0,0000*	0,0000*	0,4140	0,0000*	0,6327	0,0000*	0,0000*	
5SA	1,0	17,5	0,0003*	0,5029	0,0241*	0,9402	0,0000*	0,7029	0,8828	0,2633	0,3523	0,0772	0,0069*	0,0072*	0,3524	0,1243	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,1349	0,7034	
5SA	1,0	35	0,0075*	0,0000*	0,0001*	0,0000*	0,0999	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0004*	0,0003*	0,0000*	0,0000*	0,6920	0,6327	0,0000*	0,0000*	0,0000*	
5SA	1,1	17,5	0,0422*	0,0348*	0,4244	0,1232	0,0019*	0,2390	0,1656	0,0094*	0,5221	0,7469	0,2293	0,2385	0,5071	0,9443	0,0000*	0,0000*	0,1349	0,0000*	0,2319	
5SA	1,1	35	0,0011*	0,3277	0,0547	0,6637	0,0000*	0,9862	0,7947	0,1554	0,5228	0,1479	0,0187*	0,0199*	0,5371	0,2206	0,0000*	0,0000*	0,7034	0,0000*	0,2319	

MOR - Id x At

	At	sem	sem	sem	sem	com	com	com	com
At	Ag	28	42	49	56	28	42	49	56
sem	28		0,8003	0,4024	0,0001*	1,0000	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	42	0,8003		0,3188	0,0002*	0,7859	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	49	0,4024	0,3188		0,0000*	0,4341	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	56	0,0001*	0,0002*	0,0000*		0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
com	28	1,0000	0,7859	0,4341	0,0001*		0,0000*	0,0000*	0,0000*
com	42	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*		0,1168	0,4305
com	49	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,1168		0,3823
com	56	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,4305	0,3823	

MOR - Ag x At

	At	sem	sem	sem	sem	sem	com	com	com	com	com
At	Ag	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA
sem	REF		0,3919	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0009*	0,0312*	0,0058*
sem	5MK	0,3919		0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0037*	0,0004*
sem	10MK	0,0000*	0,0000*		0,6437	0,8404	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	15MK	0,0000*	0,0000*	0,6437		0,7681	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	5SA	0,0000*	0,0000*	0,8404	0,7681		0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
com	REF	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*		0,1652	0,1364	0,0085*	0,0458*
com	5MK	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,1652		0,0056*	0,0001*	0,0009*
com	10MK	0,0009*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,1364	0,0056*		0,2133	0,5402
com	15MK	0,0312*	0,0037*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0085*	0,0001*	0,2133		0,4760
com	5SA	0,0058*	0,0004*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0458*	0,0009*	0,5402	0,4760	

MOR - At x Id x Ag

At	Id	Ag	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem		
			28	28	28	28	28	42	42	42	42	42	49	49	49	49	49	56	56	56	56	56	
At	Id	Ag	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	
sem	28	REF		0,6618	0,0017*	0,0822	0,4420	0,9798	0,2010	0,0387*	0,1991	0,0018*	0,7366	0,5626	0,0178*	0,1991	0,0069*	0,0199*	0,6849	0,2909	0,0270*	0,9879	
sem	28	5MK	0,6618		0,0003*	0,0338*	0,2670	0,6577	0,3527	0,0136*	0,1021	0,0003*	0,8990	0,3604	0,0052*	0,0992	0,0017*	0,0467*	0,9632	0,4782	0,0087*	0,6595	
sem	28	10MK	0,0017*	0,0003*		0,1871	0,0188*	0,0018*	0,0000*	0,3141	0,0736	0,9636	0,0005*	0,0101*	0,4665	0,0755	0,6684	0,0000*	0,0003*	0,0000*	0,3832	0,0018*	
sem	28	15MK	0,0822	0,0338*	0,1871		0,2956	0,0868	0,0020*	0,7049	0,6017	0,1882	0,0430*	0,2146	0,5095	0,6055	0,3392	0,0000*	0,0363*	0,0047*	0,6063	0,0861	
sem	28	5SA	0,4420	0,2670	0,0188*	0,2956		0,4687	0,0479*	0,1740	0,5524	0,0195*	0,3077	0,8071	0,1007	0,5509	0,0514	0,0019*	0,2787	0,0813	0,1350	0,4654	
sem	42	REF	0,9798	0,6577	0,0018*	0,0868	0,4687		0,1939	0,1939	0,0413*	0,2135	0,0019*	0,7187	0,5984	0,0188*	0,2092	0,0073*	0,0179*	0,6748	0,2817	0,0286*	0,9904
sem	42	5MK	0,2010	0,3527	0,0000*	0,0020*	0,0479*	0,1939		0,0005*	0,0107*	0,0000*	0,3162	0,0765	0,0001*	0,0103*	0,0000*	0,2382	0,3453	0,7830	0,0003*	0,1964	
sem	42	10MK	0,0387*	0,0136*	0,3141	0,7049	0,1740	0,0413*	0,0005*		0,4015	0,3161	0,0181*	0,1194	0,7383	0,4030	0,5219	0,0000*	0,0148*	0,0014*	0,8617	0,0409*	
sem	42	15MK	0,1991	0,1021	0,0736	0,6017	0,5524	0,2135	0,0107*	0,4015		0,0754	0,1227	0,4298	0,2647	0,9758	0,1584	0,0002*	0,1079	0,0214*	0,3309	0,2111	
sem	42	5SA	0,0018*	0,0003*	0,9636	0,1882	0,0195*	0,0019*	0,0000*	0,3161	0,0754		0,0005*	0,0106*	0,4616	0,0767	0,6665	0,0000*	0,0004*	0,0000*	0,3827	0,0019*	
sem	49	REF	0,7366	0,8990	0,0005*	0,0430*	0,3077	0,7187	0,3162	0,0181*	0,1227	0,0005*		0,4095	0,0072*	0,1200	0,0024*	0,0405*	0,9281	0,4355	0,0118*	0,7288	
sem	49	5MK	0,5626	0,3604	0,0101*	0,2146	0,8071	0,5984	0,0765	0,1194	0,4298	0,0106*	0,4095		0,0651	0,4275	0,0309*	0,0040*	0,3747	0,1232	0,0901	0,5950	
sem	49	10MK	0,0178*	0,0052*	0,4665	0,5095	0,1007	0,0188*	0,0001*	0,7383	0,2647	0,4616	0,0072*	0,0651		0,2680	0,7208	0,0000*	0,0058*	0,0004*	0,8535	0,0187*	
sem	49	15MK	0,1991	0,0992	0,0755	0,6055	0,5509	0,2092	0,0103*	0,4030	0,9758	0,0767	0,1200	0,4275	0,2680		0,1606	0,0002*	0,1051	0,0206*	0,3338	0,2078	
sem	49	5SA	0,0069*	0,0017*	0,6684	0,3392	0,0514	0,0073*	0,0000*	0,5219	0,1584	0,6665	0,0024*	0,0309*	0,7208	0,1606		0,0000*	0,0019*	0,0001*	0,6134	0,0073*	
sem	56	REF	0,0199*	0,0467*	0,0000*	0,0000*	0,0019*	0,0179*	0,2382	0,0000*	0,0002*	0,0000*	0,0405*	0,0040*	0,0000*	0,0002*	0,0000*		0,0461*	0,1711	0,0000*	0,0186*	
sem	56	5MK	0,6849	0,9632	0,0003*	0,0363*	0,2787	0,6748	0,3453	0,0148*	0,1079	0,0004*	0,9281	0,3747	0,0058	0,1051	0,0019*	0,0461*		0,4707	0,0095*	0,6799	
sem	56	10MK	0,2909	0,4782	0,0000*	0,0047*	0,0813	0,2817	0,7830	0,0014*	0,0214*	0,0000*	0,4355	0,1232	0,0004*	0,0206*	0,0001*	0,1711	0,4707		0,0007*	0,2851	
sem	56	15MK	0,0270*	0,0087*	0,3832	0,6063	0,1350	0,0286*	0,0003*	0,8617	0,3309	0,3827	0,0118*	0,0901	0,8535	0,3338	0,6134	0,0000*	0,0095*	0,0007*		0,0284*	
sem	56	5SA	0,9879	0,6595	0,0018*	0,0861	0,4654	0,9904	0,1964	0,0409*	0,2111	0,0019*	0,7288	0,5950	0,0187*	0,2078	0,0073*	0,0186*	0,6799	0,2851	0,0284*		
com	28	REF	1,0000	0,6563	0,0018*	0,0857	0,4611	0,9790	0,1966	0,0406*	0,2087	0,0019*	0,7290	0,5894	0,0187*	0,2067	0,0073*	0,0189*	0,6783	0,2854	0,0283*	0,9870	
com	28	5MK	0,6661	1,0000	0,0003*	0,0348*	0,2717	0,6671	0,3326	0,0141*	0,1047	0,0004*	0,9033	0,3658	0,0054*	0,1014	0,0017*	0,0414*	0,9658	0,4474	0,0090*	0,6664	
com	28	10MK	0,0016*	0,0003*	1,0000	0,1811	0,0180*	0,0017*	0,0000*	0,3059	0,0711	0,9609	0,0005*	0,0097*	0,4533	0,0727	0,6547	0,0000*	0,0003*	0,0000*	0,3728	0,0017*	
com	28	15MK	0,0782	0,0327*	0,1922	1,0000	0,2852	0,0842	0,0019*	0,7243	0,5859	0,1957	0,0414*	0,2069	0,5219	0,5795	0,3496	0,0000*	0,0351*	0,0045*	0,6216	0,0831	
com	28	5SA	0,4611	0,2717	0,0180	0,2852	1,0000	0,4762	0,0494*	0,1668	0,5241	0,0185*	0,3143	0,8202	0,0969	0,5336	0,0492*	0,0020*	0,2842	0,0836	0,1297	0,4751	
com	42	REF	0,0000*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0064*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,1021	0,0002*	0,0028*	0,0000*	0,0000*	
com	42	5MK	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0024*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0562	0,0000*	0,0010*	0,0000*	0,0000*	
com	42	10MK	0,0001*	0,0009*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0193*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,1988	0,0008*	0,0096*	0,0000*	0,0001*	
com	42	15MK	0,0189*	0,0470*	0,0000*	0,0000*	0,0017*	0,0174*	0,2537	0,0000*	0,0002*	0,0000*	0,0397*	0,0037*	0,0002*	0,0002*	0,0002*	0,9700	0,0457*	0,1767	0,0000*	0,0179*	
com	42	5SA	0,0056*	0,0171*	0,0000*	0,0000*	0,0003*	0,0051*	0,1306	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0138*	0,0008*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,6515	0,0164*	0,0841	0,0000*	0,0053*	
com	49	REF	0,0000*	0,0003*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0083*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,1200	0,0002*	0,0038*	0,0000*	0,0000*	
com	49	5MK	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0128*	0,0000*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	
com	49	10MK	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0076*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	
com	49	15MK	0,0016*	0,0062*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0015*	0,0685	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0046*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,4343	0,0058*	0,0403*	0,0000*	0,0015*		
com	49	5SA	0,0009*	0,0040*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0008*	0,0523	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0029*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,3623	0,0036*	0,0295*	0,0000*	0,0008*	
com	56	REF	0,0002*	0,0010*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0002*	0,0203*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0007*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,2065	0,0009*	0,0102*	0,0000*	0,0002*	
com	56	5MK	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0104*	0,0000*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	
com	56	10MK	0,0000*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0064*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,1011	0,0001*	0,0028*	0,0000*	0,0000*	
com	56	15MK	0,0016*	0,0061*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0015*	0,0661	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0047*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,4323	0,0057*	0,0392*	0,0000*	0,0015*	
com	56	5SA	0,0016*	0,0063*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0015*	0,0707	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0047*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,4357	0,0058*	0,0414*	0,0000*	0,0015*	

MOR - At x Id x Ag (continuação)

com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	
28	28	28	28	28	42	42	42	42	42	49	49	49	49	49	56	56	56	56	
REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA
1,0000	0,6661	0,0016*	0,0782	0,4611	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0189*	0,0056*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0016*	0,0009*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0016*	0,0016*
0,6563	1,0000	0,0003*	0,0327*	0,2717	0,0002*	0,0000*	0,0009*	0,0470*	0,0171*	0,0003*	0,0000*	0,0000*	0,0062*	0,0040*	0,0010*	0,0000*	0,0002*	0,0061*	0,0063*
0,0018*	0,0003*	1,0000	0,1922	0,0180*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,0857	0,0348*	0,1811	1,0000	0,2852	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,4611	0,2717	0,0180*	0,2852	1,0000	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0017*	0,0003*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0001*
0,9790	0,6671	0,0017*	0,0842	0,4762	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0174*	0,0051*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0015*	0,0008*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0015*	0,0015*
0,1966	0,3326	0,0000*	0,0019*	0,0494*	0,0064*	0,0024*	0,0193*	0,2537	0,1306	0,0083*	0,0002*	0,0001*	0,0685	0,0523	0,0203*	0,0002*	0,0064*	0,0661	0,0707
0,0406*	0,0141*	0,3059	0,7243	0,1668	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,2087	0,1047	0,0711	0,5859	0,5241	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,0019*	0,0004*	0,9609	0,1957	0,0185*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,7290	0,9033	0,0005*	0,0414*	0,3143	0,0001*	0,0000*	0,0006*	0,0397*	0,0138*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0046*	0,0029*	0,0007*	0,0000*	0,0001*	0,0047*	0,0047*
0,5894	0,3658	0,0097*	0,2069	0,8202	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0037*	0,0008*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0002*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0002*	0,0002*
0,0187*	0,0054*	0,4533	0,5219	0,0969	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,2067	0,1014	0,0727	0,5795	0,5336	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,0073*	0,0017*	0,6547	0,3496	0,0492*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,0189*	0,0414*	0,0000*	0,0000*	0,0020*	0,1021	0,0562	0,1988	0,9700	0,6515	0,1200	0,0128*	0,0076*	0,4343	0,3623	0,2065	0,0104*	0,1011	0,4323	0,4357
0,6783	0,9658	0,0003*	0,0351*	0,2842	0,0002*	0,0000*	0,0008*	0,0457*	0,0164*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0058*	0,0036*	0,0009*	0,0000*	0,0001*	0,0057*	0,0058*
0,2854	0,4474	0,0000*	0,0045*	0,0836	0,0028*	0,0010*	0,0096*	0,1767	0,0841	0,0038*	0,0001*	0,0000*	0,0403*	0,0295*	0,0102*	0,0001*	0,0028*	0,0392*	0,0414*
0,0283*	0,0090*	0,3728	0,6216	0,1297	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,9870	0,6664	0,0017*	0,0831	0,4751	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0179*	0,0053*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0015*	0,0008*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0015*	0,0015*
	0,6618	0,0017*	0,0822	0,4742	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0181*	0,0053*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0015*	0,0008*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0015*	0,0015*
0,6618		0,0003*	0,0338*	0,2757	0,0002*	0,0000*	0,0008*	0,0429*	0,0155*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0057*	0,0037*	0,0009*	0,0000*	0,0002*	0,0055*	0,0059*
0,0017*	0,0003*		0,1871	0,0172*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,0822	0,0338*	0,1871		0,2714	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,4742	0,2757	0,0172*	0,2714		0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0018*	0,0004*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0001*
0,0000*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0000*		0,7537	0,6869	0,1062	0,2149	0,9152	0,3832	0,3121	0,3613	0,4332	0,6719	0,3553	0,9848	0,3582	0,3608
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,7537		0,5037	0,0590	0,1321	0,6924	0,5253	0,4496	0,2402	0,2973	0,4901	0,5001	0,7506	0,2374	0,2406
0,0001*	0,0008*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,6869	0,5037		0,2052	0,3700	0,7442	0,2270	0,1760	0,5703	0,6630	0,9666	0,2061	0,6868	0,5659	0,5689
0,0181*	0,0429*	0,0000*	0,0000*	0,0018*	0,1062	0,0590	0,2052		0,6548	0,1244	0,0136*	0,0082*	0,4407	0,3714	0,2122	0,0111*	0,1055	0,4332	0,4452
0,0053*	0,0155*	0,0000*	0,0000*	0,0004*	0,2149	0,1321	0,3700	0,6548		0,2451	0,0394*	0,0259*	0,7000	0,6027	0,3813	0,0334*	0,2133	0,6952	0,7010
0,0000*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,9152	0,6924	0,7442	0,1244	0,2451		0,3465	0,2776	0,4032	0,4773	0,7317	0,3186	0,9070	0,4006	0,4011
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,3832	0,5253	0,2270	0,0136*	0,0394*	0,3465		0,8457	0,0864	0,1135	0,2208	0,9304	0,3728	0,0855	0,0861
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,3121	0,4496	0,1760	0,0082*	0,0259*	0,2776	0,8457		0,0610	0,0828	0,1694	0,9031	0,3097	0,0600	0,0611
0,0015*	0,0057*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,3613	0,2402	0,5703	0,4407	0,7000	0,4032	0,0864	0,0610		0,8622	0,5844	0,0754	0,3594	0,9826	0,9867
0,0008*	0,0037*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,4332	0,2973	0,6630	0,3714	0,6027	0,4773	0,1135	0,0828	0,8622		0,6702	0,1005	0,4334	0,8527	0,8652
0,0002*	0,0009*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,6719	0,4901	0,9666	0,2122	0,3813	0,7317	0,2208	0,1694	0,5844	0,6702		0,1993	0,6688	0,5822	0,5786
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,3553	0,5001	0,2061	0,0111*	0,0334*	0,3186	0,9304	0,9031	0,0754	0,1005	0,1993		0,3502	0,0744	0,0754
0,0000*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,9848	0,7506	0,6868	0,1055	0,2133	0,9070	0,3728	0,3097	0,3594	0,4334	0,6688	0,3502		0,3552	0,3603
0,0015*	0,0055*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,3582	0,2374	0,5659	0,4332	0,6952	0,4006	0,0855	0,0600	0,9826	0,8527	0,5822	0,0744	0,3552		0,9714
0,0015*	0,0059*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,3608	0,2406	0,5689	0,4452	0,7010	0,4011	0,0861	0,0611	0,9867	0,8652	0,5786	0,0754	0,3603	0,9714	

MOR - Ac x Ag

	Ag	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
Ag	Ac	1	1,1	1	1,1	1	1,1	1	1,1	1	1,1
REF	1		0,7168	0,6910	0,3960	0,0002*	0,0071*	0,0231*	0,0000*	0,0000*	0,0126*
REF	1,1	0,7168		0,4779	0,5855	0,0001*	0,0026*	0,0105*	0,0000*	0,0000*	0,0050*
5MK	1	0,6910	0,4779		0,2390	0,0009*	0,0188*	0,0475*	0,0000*	0,0000*	0,0298*
5MK	1,1	0,3960	0,5855	0,2390		0,0000*	0,0004*	0,0022*	0,0000*	0,0000*	0,0009*
10MK	1	0,0002*	0,0001*	0,0009*	0,0000*		0,3079	0,1553	0,1048	0,4317	0,2333
10MK	1,1	0,0071*	0,0026*	0,0188*	0,0004*	0,3079		0,6096	0,0106*	0,0876	0,8024
15MK	1	0,0231*	0,0105*	0,0475*	0,0022*	0,1553	0,6096		0,0026*	0,0337*	0,7661
15MK	1,1	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,1048	0,0106*	0,0026*		0,3518	0,0059*
5SA	1	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,4317	0,0876	0,0337*	0,3518		0,0593
5SA	1,1	0,0126*	0,0050*	0,0298*	0,0009*	0,2333	0,8024	0,7661	0,0059*	0,0593	

MOR - Tf x Ag

	Ag	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
Ag	Tf	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0
REF	17,5		0,0003*	0,1406	0,0458*	0,0019	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0006*	0,0000*
REF	35,0	0,0003*		0,0304*	0,1073	0,5840	0,0025*	0,0422*	0,0115*	0,8433	0,0001*
5MK	17,5	0,1406	0,0304*		0,5299	0,0871	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0430*	0,0000*
5MK	35,0	0,0458*	0,1073	0,5299		0,2376	0,0000*	0,0003*	0,0000*	0,1388	0,0000*
10MK	17,5	0,0019*	0,5840	0,0871	0,2376		0,0004*	0,0148*	0,0028*	0,6968	0,0000*
10MK	35,0	0,0000*	0,0025*	0,0000*	0,0000*	0,0004*		0,2735	0,5716	0,0015*	0,2928
15MK	17,5	0,0000*	0,0422*	0,0000*	0,0003*	0,0148*	0,2735		0,5467	0,0338*	0,0409*
15MK	35,0	0,0000*	0,0115*	0,0000*	0,0000*	0,0028*	0,5716	0,5467		0,0081*	0,1271
5SA	17,5	0,0006*	0,8433	0,0430*	0,1388	0,6968	0,0015*	0,0338*	0,0081*		0,0000*
5SA	35,0	0,0000*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,2928	0,0409*	0,1271	0,0000*	

MOR - At x Tf x Ac

		At	sem	sem	sem	sem	com	com	com	com
		Ac	1,00	1,10	1,10	1,10	1,00	1,00	1,10	1,10
At	Ac	Tf	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0
sem	1,00	17,5		0,0000*	0,2829	0,0133	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	1,00	35,0	0,0000*		0,0000*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	1,10	17,5	0,2829	0,0000*		0,1308	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	1,10	35,0	0,0133*	0,0002*	0,1308		0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
com	1,00	17,5	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*		0,0277*	0,7276	0,0459
com	1,00	35,0	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0277*		0,0537	0,7798
com	1,10	17,5	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,7276	0,0537		0,0797
com	1,10	35,0	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0459	0,7798	0,0797	

MOR - Id x Ac x Ag

		Id	28	28	28	28	28	28	28	28	28	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	
		Ag	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
Id	Ag	Ac	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10
28	REF	1,00		0,3383	0,3767	0,3568	0,0000*	0,1034	0,7970	0,0014*	0,2072	0,3972	0,0022*	0,0747	0,0167*	0,0001*	0,1304	0,2656	0,0287*	0,9698	0,7953	0,6200
28	REF	1,10	0,3383		0,9209	0,9583	0,0000*	0,0123*	0,4585	0,0000*	0,0362*	0,8854	0,0457	0,3903	0,1561	0,0061	0,5465	0,8433	0,2179	0,3259	0,4578	0,6073
28	5MK	1,00	0,3767	0,9209		0,9565	0,0000*	0,0152*	0,5030	0,0000*	0,0431*	0,9561	0,0376*	0,3516	0,1353	0,0046*	0,5005	0,7861	0,1913	0,3640	0,5035	0,6607
28	5MK	1,10	0,3568	0,9583	0,9565		0,0000*	0,0137*	0,4801	0,0000*	0,0395*	0,9188	0,0416*	0,3713	0,1457	0,0054*	0,5242	0,8161	0,2047	0,3442	0,4800	0,6333
28	10MK	1,00	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*		0,0058*	0,0000*	0,2181	0,0017*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
28	10MK	1,10	0,1034	0,0123*	0,0152*	0,0137*	0,0058*		0,0734	0,1019	0,6564	0,0168*	0,0000*	0,0005*	0,0000*	0,0000*	0,0016*	0,0073*	0,0001*	0,0983	0,0702	0,0424*
28	15MK	1,00	0,7970	0,4585	0,5030	0,4801	0,0000*	0,0734		0,0007*	0,1584	0,5261	0,0052	0,1199	0,0317*	0,0003*	0,1966	0,3697	0,0513	0,7775	0,9921	0,7769
28	15MK	1,10	0,0014*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,2181	0,1019	0,0007*		0,0480*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0013*	0,0007*	0,0003*	0,0003*
28	5SA	1,00	0,2072	0,0362*	0,0431*	0,0395*	0,0017*	0,6564	0,1584	0,0480*		0,0469*	0,0000*	0,0025*	0,0002*	0,0000*	0,0066*	0,0234*	0,0005*	0,1920	0,1523	0,1005
28	5SA	1,10	0,3972	0,8854	0,9561	0,9188	0,0000*	0,0168*	0,5261	0,0001*	0,0469*		0,0338*	0,3321	0,1252	0,0040*	0,4768	0,7557	0,1782	0,3844	0,5276	0,6886
42	REF	1,00	0,0022*	0,0457*	0,0376*	0,0416*	0,0000*	0,0000*	0,0052*	0,0000*	0,0000*	0,0338*		0,2459	0,5467	0,4630	0,1550	0,0671	0,4313	0,0020	0,0052	0,0116
42	REF	1,10	0,0747	0,3903	0,3516	0,3713	0,0000*	0,0005*	0,1199	0,0000*	0,0025*	0,3321	0,2459		0,5409	0,0668	0,7620	0,4820	0,6723	0,0705	0,1194	0,1852
42	5MK	1,00	0,0167*	0,1561	0,1353	0,1457	0,0000*	0,0000*	0,0317*	0,0000*	0,0002*	0,1252	0,5467	0,5409		0,2074	0,3858	0,2075	0,8170	0,0154*	0,0315*	0,0569
42	5MK	1,10	0,0001*	0,0061*	0,0046*	0,0054*	0,0000*	0,0000*	0,0003*	0,0000*	0,0000*	0,0040*	0,4630	0,0668	0,2074		0,0348*	0,0106*	0,1478	0,0001*	0,0003*	0,0009*
42	10MK	1,00	0,1304	0,5465	0,5005	0,5242	0,0000*	0,0016*	0,1966	0,0000*	0,0066*	0,4768	0,1550	0,7620	0,3858	0,0348*		0,6571	0,4946	0,1240	0,1960	0,2873
42	10MK	1,10	0,2656	0,8433	0,7861	0,8161	0,0000*	0,0073*	0,3697	0,0000*	0,0234*	0,7557	0,0671	0,4820	0,2075	0,0106*	0,6571		0,2820	0,2552	0,3693	0,5025
42	15MK	1,00	0,0287*	0,2179	0,1913	0,2047	0,0000*	0,0001*	0,0513	0,0000*	0,0005*	0,1782	0,4313	0,6723	0,8170	0,1478	0,4946	0,2820		0,0267*	0,0510	0,0872
42	15MK	1,10	0,9698	0,3259	0,3640	0,3442	0,0000*	0,0983	0,7775	0,0013*	0,1920	0,3844	0,0020*	0,0705	0,0154*	0,0001*	0,1240	0,2552	0,0267*		0,7778	0,6048
42	5SA	1,00	0,7953	0,4578	0,5035	0,4800	0,0000*	0,0702	0,9921	0,0007*	0,1523	0,5276	0,0052*	0,1194	0,0315*	0,0003*	0,1960	0,3693	0,0510	0,7778		0,7848
42	5SA	1,10	0,6200	0,6073	0,6607	0,6333	0,0000*	0,0424*	0,7769	0,0003*	0,1005	0,6886	0,0116*	0,1852	0,0569	0,0009*	0,2873	0,5025	0,0872	0,6048	0,7848	
49	REF	1,00	0,0445*	0,2850	0,2528	0,2691	0,0000*	0,0002*	0,0756	0,0000*	0,0010*	0,2369	0,3424	0,8012	0,6838	0,1064	0,6037	0,3610	0,8370	0,0416*	0,0752	0,1229
49	REF	1,10	0,0032*	0,0573	0,0476*	0,0524	0,0000*	0,0000*	0,0073*	0,0000*	0,0000*	0,0430*	0,9070	0,2840	0,6072	0,4205	0,1832	0,0825	0,4837	0,0029*	0,0073*	0,0156*
49	5MK	1,00	0,0486*	0,3003	0,2673	0,2840	0,0000*	0,0002*	0,0818	0,0000*	0,0012*	0,2509	0,3259	0,8283	0,6640	0,0994	0,6272	0,3788	0,8122	0,0456	0,0814	0,1319
49	5MK	1,10	0,0097*	0,1128	0,0962	0,1045	0,0000*	0,0000*	0,0196*	0,0000*	0,0001*	0,0883	0,6602	0,4406	0,8417	0,2693	0,3035	0,1538	0,6932	0,0089*	0,0195*	0,0373*
49	10MK	1,00	0,5782	0,6530	0,7056	0,6788	0,0000*	0,0379*	0,7363	0,0002*	0,0918	0,7315	0,0144*	0,2077	0,0665	0,0012*	0,3170	0,5432	0,1005	0,5619	0,7372	0,9301
49	10MK	1,10	0,1256	0,5362	0,4894	0,5133	0,0000*	0,0015*	0,1902	0,0000*	0,0062*	0,4655	0,1606	0,7735	0,3946	0,0365*	0,9756	0,6453	0,5050	0,1193	0,1895	0,2788
49	15MK	1,00	0,2649	0,8469	0,7857	0,8170	0,0000*	0,0074*	0,3693	0,0000*	0,0236*	0,7545	0,0673	0,4811	0,2075	0,0106*	0,6538	0,9922	0,2822	0,2543	0,3684	0,5015
49	15MK	1,10	0,1593	0,6170	0,5683	0,5935	0,0000*	0,0025*	0,2349	0,0000*	0,0095*	0,5428	0,1267	0,6821	0,3324	0,0261*	0,8941	0,7352	0,4322	0,1519	0,2343	0,3363
49	5SA	1,00	0,9239	0,3756	0,4162	0,3952	0,0000*	0,0941	0,8573	0,0012*	0,1935	0,4377	0,0030*	0,0879	0,0208*	0,0001*	0,1502	0,2977	0,0351*	0,9012	0,8547	0,6707
49	5SA	1,10	0,4790	0,7694	0,8290	0,7984	0,0000*	0,0252*	0,6217	0,0001*	0,0655	0,8596	0,0228*	0,2677	0,0936	0,0023*	0,3953	0,6493	0,1369	0,4646	0,6233	0,7990
56	REF	1,00	0,0005*	0,0179*	0,0141*	0,0160*	0,0000*	0,0000*	0,0013*	0,0000*	0,0000*	0,0125*	0,6939	0,1339	0,3486	0,6912	0,0772	0,0283	0,2622	0,0004*	0,0013*	0,0035*
56	REF	1,10	0,0012*	0,0317*	0,0256*	0,0286*	0,0000*	0,0000*	0,0031*	0,0000*	0,0000*	0,0229*	0,8603	0,1939	0,4587	0,5481	0,1180	0,0479	0,3551	0,0011*	0,0030*	0,0072*
56	5MK	1,00	0,0107*	0,1196	0,1024	0,1110	0,0000*	0,0000*	0,0214*	0,0000*	0,0001*	0,0942	0,6407	0,4569	0,8662	0,2590	0,3169	0,1624	0,7129	0,0099*	0,0213*	0,0403*
56	5MK	1,10	0,0035*	0,0605	0,0504	0,0555	0,0000*	0,0000*	0,0080*	0,0000*	0,0000*	0,0457*	0,8856	0,2936	0,6212	0,4107	0,1907	0,0868	0,4956	0,0032*	0,0079*	0,0168*
56	10MK	1,00	0,0032*	0,0579	0,0481*	0,0529	0,0000*	0,0000*	0,0074*	0,0000*	0,0000*	0,0434*	0,9020	0,2865	0,6118	0,4116	0,1848	0,0833	0,4884	0,0029*	0,0073*	0,0157*
56	10MK	1,10	0,0107*	0,1191	0,1021	0,1106	0,0000*	0,0000*	0,0214*	0,0000*	0,0001*	0,0940	0,6425	0,4540	0,8614	0,2613	0,3155	0,1618	0,7052	0,0098*	0,0212*	0,0402*
56	15MK	1,00	0,2596	0,8378	0,7758	0,8073	0,0000*	0,0071*	0,3631	0,0000*	0,0229*	0,7444	0,0692	0,4856	0,2110	0,0110*	0,6545	0,9762	0,2865	0,2490	0,3619	0,4935
56	15MK	1,10	0,5965	0,6330	0,6866	0,6591	0,0000*	0,0398*	0,7549	0,0002*	0,0955	0,7140	0,0131*	0,1976	0,0622	0,0011*	0,3038	0,5255	0,0945	0,5807	0,7583	0,9587
56	5SA	1,00	0,1063	0,4849	0,4404	0,4631	0,0000*	0,0011*	0,1641	0,0000*	0,0046*	0,4179	0,1862	0,8390	0,4396	0,0450*	0,8989	0,5882	0,5571	0,1007	0,1634	0,2445
56	5SA	1,10	0,0567	0,3294	0,2947	0,3123	0,0000*	0,0003*	0,0937	0,0000*	0,0015*	0,2773	0,2967	0,8806	0,6214	0,0872	0,6713	0,4125	0,7631	0,0533	0,0933	0,1489

MOR - Id x Ac x Ag (continuação)

49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10	1,00	1,10
0,0445*	0,0032*	0,0486*	0,0097*	0,5782	0,1256	0,2649	0,1593	0,9239	0,4790	0,0005*	0,0012*	0,0107*	0,0035*	0,0032*	0,0107*	0,2596	0,5965	0,1063	0,0567
0,2850	0,0573	0,3003	0,1128	0,6530	0,5362	0,8469	0,6170	0,3756	0,7694	0,0179	0,0317	0,1196	0,0605	0,0579	0,1191	0,8378	0,6330	0,4849	0,3294
0,2528	0,0476*	0,2673	0,0962	0,7056	0,4894	0,7857	0,5683	0,4162	0,8290	0,0141*	0,0256*	0,1024	0,0504	0,0481	0,1021	0,7758	0,6866	0,4404	0,2947
0,2691	0,0524	0,2840	0,1045	0,6788	0,5133	0,8170	0,5935	0,3952	0,7984	0,0160*	0,0286*	0,1110	0,0555	0,0529	0,1106	0,8073	0,6591	0,4631	0,3123
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,0002*	0,0000*	0,0002*	0,0000*	0,0379*	0,0015*	0,0074*	0,0025*	0,0941	0,0252*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0071*	0,0398*	0,0011*	0,0003*
0,0756	0,0073*	0,0818	0,0196*	0,7363	0,1902	0,3693	0,2349	0,8573	0,6217	0,0013*	0,0031*	0,0214*	0,0080*	0,0074*	0,0214*	0,3631	0,7549	0,1641	0,0937
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0012*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0002*	0,0000*	0,0000*
0,0010*	0,0000*	0,0012*	0,0001*	0,0918	0,0062*	0,0236*	0,0095*	0,1935	0,0655	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0229*	0,0955	0,0046*	0,0015*
0,2369	0,0430*	0,2509	0,0883	0,7315	0,4655	0,7545	0,5428	0,4377	0,8596	0,0125*	0,0229*	0,0942	0,0457*	0,0434*	0,0940	0,7444	0,7140	0,4179	0,2773
0,3424	0,9070	0,3259	0,6602	0,0144*	0,1606	0,0673	0,1267	0,0030*	0,0228*	0,6939	0,8603	0,6407	0,8856	0,9020	0,6425	0,0692	0,0131*	0,1862	0,2967
0,8012	0,2840	0,8283	0,4406	0,2077	0,7735	0,4811	0,6821	0,0879	0,2677	0,1339	0,1939	0,4569	0,2936	0,2865	0,4540	0,4856	0,1976	0,8390	0,8806
0,6838	0,6072	0,6640	0,8417	0,0665	0,3946	0,2075	0,3324	0,0208*	0,0936	0,3486	0,4587	0,8662	0,6212	0,6118	0,8614	0,2110	0,0622	0,4396	0,6214
0,1064	0,4205	0,0994	0,2693	0,0012*	0,0365*	0,0106*	0,0261*	0,0001*	0,0023*	0,6912	0,5481	0,2590	0,4107	0,4116	0,2613	0,0110*	0,0011*	0,0450*	0,0872
0,6037	0,1832	0,6272	0,3035	0,3170	0,9756	0,6538	0,8941	0,1502	0,3953	0,0772	0,1180	0,3169	0,1907	0,1848	0,3155	0,6545	0,3038	0,8989	0,6713
0,3610	0,0825	0,3788	0,1538	0,5432	0,6453	0,9922	0,7352	0,2977	0,6493	0,0283*	0,0479*	0,1624	0,0868	0,0833	0,1618	0,9762	0,5255	0,5882	0,4125
0,8370	0,4837	0,8122	0,6932	0,1005	0,5050	0,2822	0,4322	0,0351*	0,1369	0,2622	0,3551	0,7129	0,4956	0,4884	0,7052	0,2865	0,0945	0,5571	0,7631
0,0416*	0,0029*	0,0456	0,0089*	0,5619	0,1193	0,2543	0,1519	0,9012	0,4646	0,0004*	0,0011*	0,0099*	0,0032*	0,0029*	0,0098*	0,2490	0,5807	0,1007	0,0533
0,0752	0,0073*	0,0814	0,0195*	0,7372	0,1895	0,3684	0,2343	0,8547	0,6233	0,0013*	0,0030*	0,0213*	0,0079*	0,0073*	0,0212*	0,3619	0,7583	0,1634	0,0933
0,1229	0,0156*	0,1319	0,0373*	0,9301	0,2788	0,5015	0,3363	0,6707	0,7990	0,0035*	0,0072*	0,0403*	0,0168*	0,0157*	0,0402*	0,4935	0,9587	0,2445	0,1489
	0,3879	0,9605	0,5745	0,1401	0,6158	0,3613	0,5336	0,0534	0,1860	0,1988	0,2769	0,5918	0,3983	0,3922	0,5846	0,3664	0,1324	0,6739	0,9020
0,3879		0,3708	0,7221	0,0191*	0,1892	0,0827	0,1512	0,0043	0,0296*	0,6347	0,7881	0,7047	0,9713	0,9980	0,7088	0,0848	0,0175*	0,2177	0,3395
0,9605	0,3708		0,5527	0,1498	0,6385	0,3787	0,5556	0,0581	0,1979	0,1875	0,2625	0,5707	0,3816	0,3743	0,5660	0,3834	0,1417	0,6972	0,9340
0,5745	0,7221	0,5527		0,0443*	0,3119	0,1542	0,2577	0,0124*	0,0643	0,4361	0,5618	0,9657	0,7295	0,7318	0,9633	0,1575	0,0411*	0,3516	0,5128
0,1401	0,0191*	0,1498	0,0443*		0,3084	0,5433	0,3690	0,6283	0,8481	0,0045*	0,0091*	0,0477*	0,0205*	0,0193*	0,0476*	0,5357	0,9662	0,2718	0,1682
0,6158	0,1892	0,6385	0,3119	0,3084		0,6441	0,8789	0,1448	0,3853	0,0805	0,1225	0,3252	0,1966	0,1910	0,3232	0,6484	0,2952	0,9157	0,6820
0,3613	0,0827	0,3787	0,1542	0,5433	0,6441		0,7308	0,2970	0,6489	0,0285*	0,0481*	0,1627	0,0869	0,0836	0,1618	0,9822	0,5249	0,5876	0,4118
0,5336	0,1512	0,5556	0,2577	0,3690	0,8789	0,7308		0,1821	0,4546	0,0607	0,0950	0,2698	0,1578	0,1526	0,2687	0,7285	0,3546	0,8101	0,5971
0,0534	0,0043	0,0581	0,0124*	0,6283	0,1448	0,2970	0,1821		0,5242	0,0007*	0,0017*	0,0136*	0,0047*	0,0043*	0,0136*	0,2914	0,6470	0,1234	0,0674
0,1860	0,0296*	0,1979	0,0643	0,8481	0,3853	0,6489	0,4546	0,5242		0,0078*	0,0150*	0,0689	0,0316*	0,0299*	0,0687	0,6401	0,8277	0,3430	0,2204
0,1988	0,6347	0,1875	0,4361	0,0045*	0,0805	0,0285*	0,0607	0,0007*	0,0078*		0,8052	0,4212	0,6203	0,6261	0,4234	0,0294*	0,0040*	0,0960	0,1677
0,2769	0,7881	0,2625	0,5618	0,0091*	0,1225	0,0481*	0,0950	0,0017*	0,0150*	0,8052		0,5441	0,7702	0,7807	0,5460	0,0495	0,0082*	0,1437	0,2374
0,5918	0,7047	0,5707	0,9657	0,0477*	0,3252	0,1627	0,2698	0,0136*	0,0689	0,4212	0,5441		0,7172	0,7114	0,9949	0,1659	0,0443*	0,3658	0,5305
0,3983	0,9713	0,3816	0,7295	0,0205*	0,1966	0,0869	0,1578	0,0047*	0,0316*	0,6203	0,7702	0,7172		0,9715	0,7244	0,0890	0,0188*	0,2258	0,3502
0,3922	0,9980	0,3743	0,7318	0,0193*	0,1910	0,0836	0,1526	0,0043*	0,0299*	0,6261	0,7807	0,7114	0,9715		0,7133	0,0858	0,0177*	0,2200	0,3425
0,5846	0,7088	0,5660	0,9633	0,0476*	0,3232	0,1618	0,2687	0,0136*	0,0687	0,4234	0,5460	0,9949	0,7244	0,7133		0,1648	0,0442*	0,3632	0,5271
0,3664	0,0848	0,3834	0,1575	0,5357	0,6484	0,9822	0,7285	0,2914	0,6401	0,0294*	0,0495	0,1659	0,0890	0,0858	0,1648		0,5170	0,5927	0,4162
0,1324	0,0175*	0,1417	0,0411*	0,9662	0,2952	0,5249	0,3546	0,6470	0,8277	0,0040*	0,0082*	0,0443*	0,0188*	0,0177*	0,0442*	0,5170		0,2596	0,1595
0,6739	0,2177	0,6972	0,3516	0,2718	0,9157	0,5876	0,8101	0,1234	0,3430	0,0960	0,1437	0,3658	0,2258	0,2200	0,3632	0,5927	0,2596		0,7421
0,9020	0,3395	0,9340	0,5128	0,1682	0,6820	0,4118	0,5971	0,0674	0,2204	0,1677	0,2374	0,5305	0,3502	0,3425	0,5271	0,4162	0,1595	0,7421	

MOR - Tf x Ag x Ac

		Ag	REF	REF	REF	REF	5MK	5MK	5MK	5MK	10MK	10MK	10MK	10MK	15MK	15MK	15MK	15MK	5SA	5SA	5SA	5SA
Ag	Ac	Tf	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1
REF	1,0	17,5		0,0088*	0,8955	0,0318*	0,1540	0,0621	0,5683	0,2818	0,0087*	0,0000*	0,1515	0,0000*	0,1371	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0424*	0,0000*	0,0122*	0,0003*
REF	1,0	35,0	0,0088*		0,0122*	0,6241	0,2291	0,4481	0,0388*	0,1203	0,9806	0,0453*	0,2371	0,1296	0,2598	0,1251	0,0007*	0,1878	0,5476	0,0000*	0,8955	0,3410
REF	1,1	17,5	0,8955	0,0122*		0,0410*	0,1794	0,0769	0,6309	0,3190	0,0120*	0,0000*	0,1789	0,0000*	0,1638	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0538	0,0000*	0,0164*	0,0005*
REF	1,1	35,0	0,0318*	0,6241	0,0410*		0,4357	0,7471	0,1045	0,2601	0,6233	0,0141*	0,4477	0,0514	0,4810	0,0500*	0,0001*	0,0833	0,8831	0,0000*	0,6933	0,1738
5MK	1,0	17,5	0,1540	0,2291	0,1794	0,4357		0,6115	0,3480	0,6750	0,2264	0,0010*	0,9662	0,0063*	0,9055	0,0062*	0,0000*	0,0131*	0,5046	0,0000*	0,2693	0,0375*
5MK	1,0	35,0	0,0621	0,4481	0,0769	0,7471	0,6115		0,1747	0,3892	0,4453	0,0059*	0,6236	0,0256*	0,6590	0,0252*	0,0000*	0,0455*	0,8421	0,0000*	0,5077	0,1053
5MK	1,1	17,5	0,5683	0,0388*	0,6309	0,1045	0,3480	0,1747		0,5593	0,0383*	0,0000*	0,3478	0,0002*	0,3233	0,0002*	0,0000*	0,0005*	0,1304	0,0000*	0,0496*	0,0025*
5MK	1,1	35,0	0,2818	0,1203	0,3190	0,2601	0,6750	0,3892	0,5593		0,1188	0,0002*	0,6672	0,0017*	0,6254	0,0017*	0,0000*	0,0040*	0,3096	0,0000*	0,1459	0,0138*
10MK	1,0	17,5	0,0087*	0,9806	0,0120*	0,6233	0,2264	0,4453	0,0383*	0,1188		0,0444*	0,2352	0,1273	0,2589	0,1204	0,0007*	0,1781	0,5451	0,0000*	0,8848	0,3206
10MK	1,0	35,0	0,0000*	0,0453*	0,0000*	0,0141*	0,0010*	0,0059*	0,0000*	0,0002*	0,0444*		0,0011*	0,5787	0,0014*	0,5950	0,1522	0,4486	0,0100*	0,0416*	0,0358*	0,2604
10MK	1,1	17,5	0,1515	0,2371	0,1789	0,4477	0,9662	0,6236	0,3478	0,6672	0,2352	0,0011*		0,0068*	0,9320	0,0067*	0,0000*	0,0139*	0,5163	0,0000*	0,2774	0,0394*
10MK	1,1	35,0	0,0000*	0,1296	0,0000*	0,0514	0,0063*	0,0256*	0,0002*	0,0017*	0,1273	0,5787	0,0068*		0,0083*	0,9881	0,0595	0,7866	0,0391*	0,0119*	0,1076	0,5142
15MK	1,0	17,5	0,1371	0,2598	0,1638	0,4810	0,9055	0,6590	0,3233	0,6254	0,2589	0,0014*	0,9320	0,0083*		0,0081*	0,0000*	0,0165*	0,5503	0,0000*	0,3014	0,0452*
15MK	1,0	35,0	0,0000*	0,1251	0,0000*	0,0500*	0,0062*	0,0252*	0,0002*	0,0017*	0,1204	0,5950	0,0067*	0,9881	0,0081*		0,0668	0,7827	0,0382	0,0133*	0,1047	0,5049
15MK	1,1	17,5	0,0000*	0,0007*	0,0000*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0007*	0,1522	0,0000*	0,0595	0,0000*	0,0668		0,0404*	0,0001*	0,4775	0,0004*	0,0148*
15MK	1,1	35,0	0,0000*	0,1878	0,0001*	0,0833	0,0131*	0,0455*	0,0005*	0,0040*	0,1781	0,4486	0,0139*	0,7866	0,0165*	0,7827	0,0404*		0,0658	0,0068*	0,1614	0,6610
5SA	1,0	17,5	0,0424*	0,5476	0,0538	0,8831	0,5046	0,8421	0,1304	0,3096	0,5451	0,0100*	0,5163	0,0391*	0,5503	0,0382	0,0001*	0,0658		0,0000*	0,6138	0,1432
5SA	1,0	35,0	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0416*	0,0000*	0,0119*	0,0000*	0,0133*	0,4775	0,0068*	0,0000*		0,0000*	0,0018*
5SA	1,1	17,5	0,0122*	0,8955	0,0164*	0,6933	0,2693	0,5077	0,0496*	0,1459	0,8848	0,0358*	0,2774	0,1076	0,3014	0,1047	0,0004*	0,1614	0,6138	0,0000*		0,3014
5SA	1,1	35,0	0,0003*	0,3410	0,0005*	0,1738	0,0375*	0,1053	0,0025*	0,0138*	0,3206	0,2604	0,0394*	0,5142	0,0452*	0,5049	0,0148*	0,6610	0,1432	0,0018*	0,3014	

I5 - Id x At

	At	sem	sem	sem	sem	com	com	com	com
At	Id	28	42	49	56	28	42	49	56
sem	28		0,3172	0,4992	0,4595	1,0000	0,5268	0,0501	0,0000*
sem	42	0,3172		0,1127	0,0968	0,2973	0,6640	0,2842	0,0004*
sem	49	0,4992	0,1127		0,9074	0,5284	0,2216	0,0099*	0,0000*
sem	56	0,4595	0,0968	0,9074		0,4784	0,1958	0,0079*	0,0000*
com	28	1,0000	0,2973	0,5284	0,4784		0,4976	0,0445*	0,0000*
com	42	0,5268	0,6640	0,2216	0,1958	0,4976		0,1564	0,0001*
com	49	0,0501	0,2842	0,0099*	0,0079*	0,0445*	0,1564		0,0097*
com	56	0,0000*	0,0004*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0097*	

I5 - Ag x At

	At	sem	sem	sem	sem	sem	com	com	com	com	com
At	Ag	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA
sem	REF		0,0488	0,0042*	0,0244*	0,0109*	0,7868	0,4160	0,6463	0,7706	0,0219*
sem	5MK	0,0488		0,3338	0,7021	0,5014	0,0303*	0,2072	0,0208*	0,0311*	0,6903
sem	10MK	0,0042*	0,3338		0,5159	0,7223	0,0019*	0,0360*	0,0009*	0,0018*	0,5264
sem	15MK	0,0244*	0,7021	0,5159		0,7332	0,0133*	0,1287	0,0080*	0,0131*	0,9903
sem	5SA	0,0109*	0,5014	0,7223	0,7332		0,0054*	0,0724	0,0030*	0,0052*	0,7423
com	REF	0,7868	0,0303*	0,0019*	0,0133*	0,0054*		0,3101	0,8206	0,9660	0,0122*
com	5MK	0,4160	0,2072	0,0360*	0,1287	0,0724	0,3101		0,2444	0,3111	0,1173
com	10MK	0,6463	0,0208*	0,0009*	0,0080*	0,0030*	0,8206	0,2444		0,8407	0,0076*
com	15MK	0,7706	0,0311*	0,0018*	0,0131*	0,0052*	0,9660	0,3111	0,8407		0,0122*
com	5SA	0,0219*	0,6903	0,5264	0,9903	0,7423	0,0122*	0,1173	0,0076*	0,0122*	

I5 - Tf x Ag

	Ag	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
Ag	Tf	17,5	35	17,5	35	17,5	35	17,5	35	17,5	35
REF	17,5		0,0006*	0,0291*	0,0000*	0,0001*	0,0067*	0,0000*	0,3056	0,0000*	0,0001*
REF	35,0	0,0006*		0,2057	0,5044	0,6300	0,4585	0,1433	0,0151*	0,1757	0,6324
5MK	17,5	0,0291*	0,2057		0,0664	0,0954	0,5446	0,0072*	0,2063	0,0103*	0,0983
5MK	35,0	0,0000*	0,5044	0,0664		0,8054	0,1905	0,3776	0,0023*	0,4291	0,8158
10MK	17,5	0,0001*	0,6300	0,0954	0,8054		0,2513	0,2905	0,0043*	0,3433	0,9748
10MK	35,0	0,0067*	0,4585	0,5446	0,1905	0,2513		0,0336*	0,0767	0,0443*	0,2582
15MK	17,5	0,0000*	0,1433	0,0072*	0,3776	0,2905	0,0336*		0,0001*	0,8784	0,2897
15MK	35,0	0,3056	0,0151*	0,2063	0,0023*	0,0043*	0,0767	0,0001*		0,0001*	0,0044*
5SA	17,5	0,0000*	0,1757	0,0103*	0,4291	0,3433	0,0443*	0,8784	0,0001*		0,3381
5SA	35,0	0,0001*	0,6324	0,0983	0,8158	0,9748	0,2582	0,2897	0,0044*	0,3381	

I5 - At x Ag x Ac

		At	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	com	com	com	com	com	com	com	com	com		
At	Ag	Ac	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
			1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1
sem	REF	1,0		0,0696	0,0054*	0,0713	0,0008*	0,0141*	0,0467*	0,0043*	0,0148*	0,0043*	0,6730	0,0549	0,7486	0,0067*	0,1119	0,9340	0,0777	0,8869	0,0547	0,0026*
sem	REF	1,1	0,0696		0,3093	0,9698	0,1345	0,4677	0,7725	0,2792	0,4818	0,2762	0,0329*	0,8358	0,0414*	0,3401	0,7144	0,0649	0,9053	0,0607	0,8513	0,2216
sem	5MK	1,0	0,0054*	0,3093		0,3191	0,5945	0,7304	0,4315	0,9285	0,7139	0,9194	0,0013*	0,3912	0,0019*	0,9302	0,1842	0,0044*	0,2685	0,0037*	0,3845	0,8038
sem	5MK	1,1	0,0713	0,9698	0,3191		0,1405	0,4801	0,7917	0,2889	0,4929	0,2863	0,0318*	0,8562	0,0405*	0,3499	0,7008	0,0650	0,8840	0,0600	0,8701	0,2304
sem	10MK	1,0	0,0008*	0,1345	0,5945	0,1405		0,4096	0,2096	0,6400	0,3965	0,6379	0,0001*	0,1838	0,0002*	0,5515	0,0689	0,0006*	0,1119	0,0005*	0,1788	0,7376
sem	10MK	1,1	0,0141*	0,4677	0,7304	0,4801	0,4096		0,6188	0,6817	0,9673	0,6784	0,0041*	0,5702	0,0059*	0,7776	0,3001	0,0119*	0,4145	0,0103*	0,5630	0,5820
sem	15MK	1,0	0,0467*	0,7725	0,4315	0,7917	0,2096	0,6188		0,3969	0,6221	0,3958	0,0177*	0,9191	0,0234*	0,4649	0,5437	0,0409*	0,7011	0,0366*	0,9017	0,3265
sem	15MK	1,1	0,0043*	0,2792	0,9285	0,2889	0,6400	0,6817	0,3969		0,6644	0,9848	0,0010*	0,3577	0,0015*	0,8690	0,1632	0,0035*	0,2410	0,0029*	0,3505	0,8604
sem	5SA	1,0	0,0148*	0,4818	0,7139	0,4929	0,3965	0,9673	0,6221	0,6644		0,6595	0,0045*	0,5794	0,0063*	0,7633	0,3110	0,0126*	0,4281	0,0109*	0,5763	0,5648
sem	5SA	1,1	0,0043*	0,2762	0,9194	0,2863	0,6379	0,6784	0,3958	0,9848	0,6595		0,0010*	0,3559	0,0015*	0,8612	0,1611	0,0034*	0,2381	0,0028*	0,3478	0,8651
com	REF	1,0	0,6730	0,0329*	0,0013*	0,0318*	0,0001*	0,0041*	0,0177*	0,0010*	0,0045*	0,0010*		0,0219*	0,8985	0,0017*	0,0687	0,7184	0,0406*	0,7556	0,0225*	0,0005*
com	REF	1,1	0,0549	0,8358	0,3912	0,8562	0,1838	0,5702	0,9191	0,3577	0,5794	0,3559	0,0219*		0,0286*	0,4243	0,5956	0,0486*	0,7610	0,0439*	0,9752	0,2911
com	5MK	1,0	0,7486	0,0414*	0,0019*	0,0405*	0,0002*	0,0059*	0,0234*	0,0015*	0,0063*	0,0015*	0,8985	0,0286*		0,0025*	0,0825	0,7967	0,0502	0,8363	0,0292*	0,0008*
com	5MK	1,1	0,0067*	0,3401	0,9302	0,3499	0,5515	0,7776	0,4649	0,8690	0,7633	0,8612	0,0017*	0,4243	0,0025*		0,2061	0,0055*	0,2968	0,0046*	0,4187	0,7513
com	10MK	1,0	0,1119	0,7144	0,1842	0,7008	0,0689	0,3001	0,5437	0,1632	0,3110	0,1611	0,0687	0,5956	0,0825	0,2061		0,1145	0,7841	0,1128	0,6063	0,1243
com	10MK	1,1	0,9340	0,0649	0,0044*	0,0650	0,0006*	0,0119*	0,0409*	0,0035*	0,0126*	0,0034*	0,7184	0,0486*	0,7967	0,0055*	0,1145		0,0751	0,9441	0,0490*	0,0020*
com	15MK	1,0	0,0777	0,9053	0,2685	0,8840	0,1119	0,4145	0,7011	0,2410	0,4281	0,2381	0,0406*	0,7610	0,0502	0,2968	0,7841	0,0751		0,0719	0,7752	0,1890
com	15MK	1,1	0,8869	0,0607	0,0037*	0,0600	0,0005*	0,0103*	0,0366*	0,0029*	0,0109*	0,0028*	0,7556	0,0439*	0,8363	0,0046*	0,1128	0,9441	0,0719		0,0446*	0,0017*
com	5SA	1,0	0,0547	0,8513	0,3845	0,8701	0,1788	0,5630	0,9017	0,3505	0,5763	0,3478	0,0225*	0,9752	0,0292*	0,4187	0,6063	0,0490*	0,7752	0,0446*		0,2839
com	5SA	1,1	0,0026*	0,2216	0,8038	0,2304	0,7376	0,5820	0,3265	0,8604	0,5648	0,8651	0,0005*	0,2911	0,0008*	0,7513	0,1243	0,0020*	0,1890	0,0017*		0,2839

I5 - Ag x Id x At

		At	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	
		Id	28	28	28	28	28	42	42	42	42	42	49	49	49	49	49	56	56	56	56	
At	Id	Ag	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA
sem	28	REF		0,6973	0,1624	0,2102	0,6219	0,9803	0,7034	0,4867	0,5104	0,9572	0,8195	0,3653	0,1395	0,6792	0,0867	0,7109	0,1314	0,2796	0,2112	0,0679
sem	28	5MK	0,6973		0,2973	0,3655	0,9006	0,7083	0,9863	0,7361	0,7638	0,7259	0,8541	0,5800	0,2621	0,9725	0,1771	0,4837	0,2502	0,4640	0,3692	0,1446
sem	28	10MK	0,1624	0,2973		0,8659	0,3439	0,1670	0,2943	0,4511	0,4341	0,1744	0,2314	0,5926	0,9173	0,3081	0,7305	0,0862	0,8940	0,7254	0,8592	0,6491
sem	28	15MK	0,2102	0,3655	0,8659		0,4141	0,2153	0,3633	0,5213	0,5122	0,2240	0,2911	0,6778	0,8001	0,3771	0,6276	0,1166	0,7771	0,8263	0,9966	0,5531
sem	28	5SA	0,6219	0,9006	0,3439	0,4141		0,6332	0,8923	0,8150	0,8402	0,6504	0,7711	0,6460	0,3053	0,9220	0,2113	0,4232	0,2932	0,5208	0,4216	0,1742
sem	42	REF	0,9803	0,7083	0,1670	0,2153	0,6332		0,7127	0,4967	0,5203	0,9731	0,8284	0,3733	0,1435	0,6903	0,0896	0,7132	0,1354	0,2860	0,2166	0,0703
sem	42	5MK	0,7034	0,9863	0,2943	0,3633	0,8923	0,7127		0,7294	0,7580	0,7294	0,8593	0,5756	0,2593	0,9625	0,1748	0,4872	0,2471	0,4609	0,3659	0,1426
sem	42	10MK	0,4867	0,7361	0,4511	0,5213	0,8150	0,4967	0,7294		0,9600	0,5119	0,6198	0,7862	0,4058	0,7547	0,2930	0,3162	0,3931	0,6427	0,5397	0,2463
sem	42	15MK	0,5104	0,7638	0,4341	0,5122	0,8402	0,5203	0,7580	0,9600		0,5357	0,6463	0,7720	0,3894	0,7822	0,2783	0,3341	0,3755	0,6325	0,5225	0,2333
sem	42	5SA	0,9572	0,7259	0,1744	0,2240	0,6504	0,9731	0,7294	0,5119	0,5357		0,8455	0,3860	0,1502	0,7078	0,0943	0,6978	0,1418	0,2967	0,2255	0,0742
sem	49	REF	0,8195	0,8541	0,2314	0,2911	0,7711	0,8284	0,8593	0,6198	0,6463	0,8455		0,4791	0,2017	0,8341	0,1316	0,5825	0,1913	0,3766	0,2930	0,1056
sem	49	5MK	0,3653	0,5800	0,5926	0,6778	0,6460	0,3733	0,5756	0,7862	0,7720	0,3860	0,4791		0,5392	0,5958	0,4028	0,2245	0,5231	0,8207	0,6963	0,3453
sem	49	10MK	0,1395	0,2621	0,9173	0,8001	0,3053	0,1435	0,2593	0,4058	0,3894	0,1502	0,2017	0,5392		0,2721	0,7933	0,0720	0,9661	0,6657	0,7929	0,7081
sem	49	15MK	0,6792	0,9725	0,3081	0,3771	0,9220	0,6903	0,9625	0,7547	0,7822	0,7078	0,8341	0,5958	0,2721		0,1849	0,4691	0,2601	0,4777	0,3815	0,1513
sem	49	5SA	0,0867	0,1771	0,7305	0,6276	0,2113	0,0896	0,1748	0,2930	0,2783	0,0943	0,1316	0,4028	0,7933	0,1849		0,0411*	0,8108	0,5104	0,6231	0,8895
sem	56	REF	0,7109	0,4837	0,0862	0,1166	0,4232	0,7132	0,4872	0,3162	0,3341	0,6978	0,5825	0,2245	0,0720	0,4691	0,0411*		0,0672	0,1635	0,1175	0,0308*
sem	56	5MK	0,1314	0,2502	0,8940	0,7771	0,2932	0,1354	0,2471	0,3931	0,3755	0,1418	0,1913	0,5231	0,9661	0,2601	0,8108	0,0672		0,6464	0,7734	0,7238
sem	56	10MK	0,2796	0,4640	0,7254	0,8263	0,5208	0,2860	0,4609	0,6427	0,6325	0,2967	0,3766	0,8207	0,6657	0,4777	0,5104	0,1635	0,6464		0,8418	0,4439
sem	56	15MK	0,2112	0,3692	0,8592	0,9966	0,4216	0,2166	0,3659	0,5397	0,5225	0,2255	0,2930	0,6963	0,7929	0,3815	0,6231	0,1175	0,7734	0,8418		0,5486
sem	56	5SA	0,0679	0,1446	0,6491	0,5531	0,1742	0,0703	0,1426	0,2463	0,2333	0,0742	0,1056	0,3453	0,7081	0,1513	0,8895	0,0308*	0,7238	0,4439	0,5486	
com	28	REF	1,0000	0,6950	0,1615	0,2089	0,6202	0,9789	0,7002	0,4852	0,5087	0,9553	0,8155	0,3638	0,1386	0,6770	0,0861	0,7226	0,1306	0,2781	0,2101	0,0674
com	28	5MK	0,6950	1,0000	0,2993	0,3685	0,9028	0,7051	0,9853	0,7385	0,7669	0,7223	0,8509	0,5831	0,2639	0,9744	0,1784	0,4810	0,2517	0,4672	0,3716	0,1457
com	28	10MK	0,1615	0,2951	1,0000	0,8619	0,3404	0,1659	0,2925	0,4448	0,4296	0,1732	0,2300	0,5863	0,9230	0,3057	0,7348	0,0855	0,8971	0,7196	0,8488	0,6536
com	28	15MK	0,2114	0,3685	0,8619	1,0000	0,4193	0,2167	0,3657	0,5335	0,5193	0,2256	0,2930	0,6907	0,7958	0,3805	0,6243	0,1175	0,7741	0,8382	0,9963	0,5498
com	28	5SA	0,6202	0,8976	0,3469	0,4193	1,0000	0,6311	0,8905	0,8189	0,8469	0,6481	0,7690	0,6516	0,3080	0,9185	0,2130	0,4213	0,2954	0,5265	0,4254	0,1757
com	42	REF	0,5468	0,3528	0,0502	0,0705	0,3035	0,5473	0,3554	0,2182	0,2322	0,5341	0,4353	0,1481	0,0409*	0,3409	0,0217*	0,7828	0,0379*	0,1034	0,0712	0,0156*
com	42	5MK	0,7168	0,9645	0,2855	0,3540	0,8737	0,7233	0,9754	0,7132	0,7419	0,7379	0,8683	0,5622	0,2512	0,9420	0,1685	0,4966	0,2390	0,4497	0,3558	0,1372
com	42	10MK	0,6213	0,8971	0,3474	0,4212	0,9960	0,6318	0,8917	0,8185	0,8477	0,6485	0,7698	0,6528	0,3084	0,9167	0,2131	0,4217	0,2954	0,5283	0,4262	0,1758
com	42	15MK	0,4935	0,7437	0,4478	0,5238	0,8212	0,5034	0,7376	0,9866	0,9705	0,5186	0,6273	0,7885	0,4024	0,7621	0,2894	0,3212	0,3889	0,6459	0,5372	0,2431
com	42	5SA	0,1039	0,2058	0,7968	0,6888	0,2435	0,1072	0,2032	0,3327	0,3170	0,1126	0,1548	0,4512	0,8630	0,2145	0,9130	0,0509	0,8823	0,5656	0,6842	0,8173
com	49	REF	0,5582	0,8225	0,3930	0,4682	0,9039	0,5687	0,8160	0,8939	0,9236	0,5849	0,7000	0,7155	0,3510	0,8418	0,2473	0,3718	0,3378	0,5826	0,4769	0,2058
com	49	5MK	0,9750	0,6810	0,1558	0,2024	0,6062	0,9589	0,6873	0,4729	0,4963	0,9369	0,8022	0,3538	0,1336	0,6629	0,0826	0,7139	0,1257	0,2700	0,2033	0,0645
com	49	10MK	0,1889	0,1049	0,0064*	0,0103*	0,0855	0,1922	0,1051	0,0536	0,0582	0,1867	0,1395	0,0305*	0,0047*	0,1002		0,3148	0,0042*	0,0181*	0,0106*	0,0012*
com	49	15MK	0,5506	0,3615	0,0524	0,0734	0,3118	0,5555	0,3636	0,2250	0,2391	0,5432	0,4438	0,1531	0,0428	0,3495	0,0228*	0,7874	0,0397*	0,1072	0,0741	0,0165*
com	49	5SA	0,1370	0,2588	0,9118	0,7937	0,3022	0,1411	0,2558	0,4032	0,3860	0,1477	0,1986	0,5355	0,9879	0,2688	0,7976	0,0706	0,9757	0,6608	0,7888	0,7117
com	56	REF	0,4971	0,3131	0,0409*	0,0583	0,2676	0,4961	0,3156	0,1896	0,2023	0,4834	0,3902	0,1265	0,0330*	0,3020	0,0170*	0,7208	0,0305*	0,0869	0,0589	0,0121*
com	56	5MK	0,7140	0,9708	0,2878	0,3562	0,8791	0,7223	0,9820	0,7178	0,7463	0,7384	0,8697	0,5657	0,2533	0,9480	0,1701	0,4952	0,2411	0,4525	0,3584	0,1386
com	56	10MK	0,0248*	0,0103*	0,0001*	0,0003*	0,0076*	0,0258*	0,0102*	0,0036*	0,0041*	0,0248*	0,0157*	0,0015*	0,0001*	0,0001*	0,0000*	0,0553*	0,0001*	0,0007*	0,0003*	0,0000*
com	56	15MK	0,0272*	0,0118*	0,0002*	0,0004*	0,0088*	0,0286*	0,0117*	0,0043*	0,0049*	0,0276*	0,0178*	0,0015*	0,0001*	0,0111*	0,0000*	0,0588*	0,0001*	0,0008*	0,0004*	0,0000*
com	56	5SA	0,8593	0,8145	0,2131	0,2698	0,7336	0,8681	0,8196	0,5860	0,6118	0,8849	0,9484	0,4499	0,1851	0,7950	0,1194	0,6150	0,1753	0,3514	0,2715	0,0953

I5 - Ag x Id x At (continuação)

com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com
28	28	28	28	28	42	42	42	42	42	49	49	49	49	49	56	56	56	56	56
REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA
1,0000	0,6950	0,1615	0,2114	0,6202	0,5468	0,7168	0,6213	0,4935	0,1039	0,5582	0,9750	0,1889	0,5506	0,1370	0,4971	0,7140	0,0248*	0,0272*	0,8593
0,6950	1,0000	0,2951	0,3685	0,8976	0,3528	0,9645	0,8971	0,7437	0,2058	0,8225	0,6810	0,1049	0,3615	0,2588	0,3131	0,9708	0,0103*	0,0118*	0,8145
0,1615	0,2993	1,0000	0,8619	0,3469	0,0502	0,2855	0,3474	0,4478	0,7968	0,3930	0,1558	0,0064	0,0524	0,9118	0,0409	0,2878	0,0001*	0,0002*	0,2131
0,2089	0,3685	0,8619	1,0000	0,4193	0,0705	0,3540	0,4212	0,5238	0,6888	0,4682	0,2024	0,0103	0,0734	0,7937	0,0583	0,3562	0,0003*	0,0004*	0,2698
0,6202	0,9028	0,3404	0,4193	1,0000	0,3035	0,8737	0,9960	0,8212	0,2435	0,9039	0,6062	0,0855	0,3118	0,3022	0,2676	0,8791	0,0076*	0,0088*	0,7336
0,9789	0,7051	0,1659	0,2167	0,6311	0,5473	0,7233	0,6318	0,5034	0,1072	0,5687	0,9589	0,1922	0,5555	0,1411	0,4961	0,7223	0,0258*	0,0286*	0,8681
0,7002	0,9853	0,2925	0,3657	0,8905	0,3554	0,9754	0,8917	0,7376	0,2032	0,8160	0,6873	0,1051	0,3636	0,2558	0,3156	0,9820	0,0102*	0,0117*	0,8196
0,4852	0,7385	0,4448	0,5335	0,8189	0,2182	0,7132	0,8185	0,9866	0,3327	0,8939	0,4729	0,0536	0,2250	0,4032	0,1896	0,7178	0,0036*	0,0043*	0,5860
0,5087	0,7669	0,4296	0,5193	0,8469	0,2322	0,7419	0,8477	0,9705	0,3170	0,9236	0,4963	0,0582	0,2391	0,3860	0,2023	0,7463	0,0041*	0,0049*	0,6118
0,9553	0,7223	0,1732	0,2256	0,6481	0,5341	0,7379	0,6485	0,5186	0,1126	0,5849	0,9369	0,1867	0,5432	0,1477	0,4834	0,7384	0,0248*	0,0276*	0,8849
0,8155	0,8509	0,2300	0,2930	0,7690	0,4353	0,8683	0,7698	0,6273	0,1548	0,7000	0,8022	0,1395	0,4438	0,1986	0,3902	0,8697	0,0157*	0,0178*	0,9484
0,3638	0,5831	0,5863	0,6907	0,6516	0,1481	0,5622	0,6528	0,7885	0,4512	0,7155	0,3538	0,0305*	0,1531	0,5355	0,1265	0,5657	0,0015*	0,0018*	0,4499
0,1386	0,2639	0,9230	0,7958	0,3080	0,0409*	0,2512	0,3084	0,4024	0,8630	0,3510	0,1336	0,0047*	0,0428	0,9879	0,0330*	0,2533	0,0001*	0,0001*	0,1851
0,6770	0,9744	0,3057	0,3805	0,9185	0,3409	0,9420	0,9167	0,7621	0,2145	0,8418	0,6629	0,1002	0,3495	0,2688	0,3020	0,9480	0,0096*	0,0111*	0,7950
0,0861	0,1784	0,7348	0,6243	0,2130	0,0217*	0,1685	0,2131	0,2894	0,9130	0,2473	0,0826	0,0019*	0,0228*	0,7976	0,0170*	0,1701	0,0000*	0,0000*	0,1194
0,7226	0,4810	0,0855	0,1175	0,4213	0,7828	0,4966	0,4217	0,3212	0,0509	0,3718	0,7139	0,3148	0,7874	0,0706	0,7208	0,4952	0,0553*	0,0588*	0,6150
0,1306	0,2517	0,8971	0,7741	0,2954	0,0379*	0,2390	0,2954	0,3889	0,8823	0,3378	0,1257	0,0042*	0,0397*	0,9757	0,0305*	0,2411	0,0001*	0,0001*	0,1753
0,2781	0,4672	0,7196	0,8382	0,5265	0,1034	0,4497	0,5283	0,6459	0,5656	0,5826	0,2700	0,0181*	0,1072	0,6608	0,0869	0,4525	0,0007*	0,0008*	0,3514
0,2101	0,3716	0,8488	0,9963	0,4254	0,0712	0,3558	0,4262	0,5372	0,6842	0,4769	0,2033	0,0106*	0,0741	0,7888	0,0589	0,3584	0,0003*	0,0004*	0,2715
0,0674	0,1457	0,6536	0,5498	0,1757	0,0156*	0,1372	0,1758	0,2431	0,8173	0,2058	0,0645	0,0012*	0,0165*	0,7117	0,0121*	0,1386	0,0000*	0,0000*	0,0953
	0,6923	0,1605	0,2102	0,6183	0,5556	0,7122	0,6192	0,4919	0,1032	0,5564	0,9767	0,1950	0,5623	0,1362	0,5044	0,7103	0,0262*	0,0289*	0,8550
0,6923		0,2973	0,3712	0,9006	0,3504	0,9634	0,9014	0,7465	0,2072	0,8254	0,6789	0,1034	0,3588	0,2604	0,3109	0,9695	0,0100*	0,0115*	0,8114
0,1605	0,2973		0,8558	0,3439	0,0497	0,2840	0,3447	0,4426	0,8012	0,3891	0,1550	0,0062*	0,0519	0,9156	0,0405	0,2861	0,0001*	0,0002*	0,2118
0,2102	0,3712	0,8558		0,4238	0,0712	0,3559	0,4250	0,5328	0,6855	0,4742	0,2035	0,0105*	0,0741	0,7902	0,0589	0,3583	0,0003*	0,0004*	0,2715
0,6183	0,9006	0,3439	0,4238		0,3018	0,8723	0,9957	0,8263	0,2455	0,9106	0,6046	0,0845	0,3100	0,3047	0,2660	0,8774	0,0074*	0,0086*	0,7315
0,5556	0,3504	0,0497	0,0712	0,3018		0,3631	0,3020	0,2221	0,0276*	0,2620	0,5536	0,4248	0,9790	0,0400*	0,9168	0,3620	0,0882*	0,0907*	0,4629
0,7122	0,9634	0,2840	0,3559	0,8723	0,3631		0,8741	0,7215	0,1962	0,7990	0,7013	0,1073	0,3707	0,2476	0,3230	0,9916	0,0104*	0,0119*	0,8302
0,6192	0,9014	0,3447	0,4250	0,9957	0,3020	0,8741		0,8265	0,2456	0,9105	0,6058	0,0842	0,3100	0,3048	0,2662	0,8789	0,0073*	0,0085*	0,7324
0,4919	0,7465	0,4426	0,5328	0,8263	0,2221	0,7215	0,8265		0,3289	0,9016	0,4796	0,0547	0,2289	0,3993	0,1931	0,7260	0,0038*	0,0045*	0,5934
0,1032	0,2072	0,8012	0,6855	0,2455	0,0276*	0,1962	0,2456	0,3289		0,2831	0,0991	0,0027*	0,0290*	0,8681	0,0219*	0,1980	0,0000*	0,0001*	0,1411
0,5564	0,8254	0,3891	0,4742	0,9106	0,2620	0,7990	0,9105	0,9016	0,2831		0,5434	0,0692	0,2695	0,3477	0,2295	0,8037	0,0054*	0,0064*	0,6642
0,9767	0,6789	0,1550	0,2035	0,6046	0,5536	0,7013	0,6058	0,4796	0,0991	0,5434		0,1909	0,5528	0,1312	0,5050	0,6981	0,0252*	0,0273*	0,8415
0,1950	0,1034	0,0062*	0,0105*	0,0845	0,4248	0,1073	0,0842	0,0547	0,0027*	0,0692	0,1909		0,4301	0,0046*	0,4534	0,1074	0,3205	0,3173	0,1519
0,5623	0,3588	0,0519	0,0741	0,3100	0,9790	0,3707	0,3100	0,2289	0,0290*	0,2695	0,5528	0,4301		0,0419*	0,9031	0,3700	0,0901	0,0945	0,4713
0,1362	0,2604	0,9156	0,7902	0,3047	0,0400*	0,2476	0,3048	0,3993	0,8681	0,3477	0,1312	0,0046*	0,0419*		0,0323*	0,2497	0,0001*	0,0001*	0,1822
0,5044	0,3109	0,0405	0,0589	0,2660	0,9168	0,3230	0,2662	0,1931	0,0219*	0,2295	0,5050	0,4534	0,9031	0,0323*		0,3218	0,0988	0,0983	0,4162
0,7103	0,9695	0,2861	0,3583	0,8774	0,3620	0,9916	0,8789	0,7260	0,1980	0,8037	0,6981	0,1074	0,3700	0,2497	0,3218		0,0105*	0,0120*	0,8300
0,0262*	0,0100*	0,0001*	0,0003*	0,0074*	0,0882*	0,0104*	0,0073*	0,0038*	0,0000*	0,0054*	0,0252*	0,3205	0,0901	0,0001*	0,0988	0,0105*		0,9511	0,0179*
0,0289*	0,0115*	0,0002*	0,0004*	0,0086*	0,0907*	0,0119*	0,0085*	0,0045*	0,0001*	0,0064*	0,0273*	0,3173	0,0945	0,0001*	0,0983	0,0120*	0,9511		0,0201*
0,8550	0,8114	0,2118	0,2715	0,7315	0,4629	0,8302	0,7324	0,5934	0,1411	0,6642	0,8415	0,1519	0,4713	0,1822	0,4162	0,8300	0,0179*	0,0201*	

15 - Tf x Ag x Id

Id	Ag	Tf	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	42	42	42	42	42	42	42	42	42	
			REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
			17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0
28	REF	17,5		0,0006*	0,0084*	0,0780	0,0000*	0,0088*	0,0000*	0,0763	0,0712	0,0079*	0,1986	0,0768	0,1421	0,0085*	0,0102*	0,0253*	0,0072*	0,0262*	0,0084*	0,0082*
28	REF	35,0	0,0006*		0,5042	0,1419	0,2919	0,4939	0,1795	0,1429	0,1561	0,5074	0,0426*	0,1460	0,0722	0,5019	0,4670	0,3088	0,5215	0,3020	0,5049	0,5059
28	5MK	17,5	0,0084*	0,5042		0,4011	0,1012	0,9792	0,0527	0,4039	0,4260	0,9639	0,1706	0,4073	0,2486	0,9926	0,9367	0,6944	0,9368	0,6850	0,9935	0,9741
28	5MK	35,0	0,0780	0,1419	0,4011		0,0123*	0,4097	0,0046*	0,9998	0,9446	0,3893	0,5680	0,9784	0,7234	0,4022	0,4340	0,6238	0,3731	0,6319	0,4004	0,3943
28	10MK	17,5	0,0000*	0,2919	0,1012	0,0123*		0,0983	0,7259	0,0125*	0,0143*	0,0993	0,0017*	0,0128*	0,0040*	0,0991	0,0897	0,0449*	0,1037	0,0435*	0,1008	0,0993
28	10MK	35,0	0,0088*	0,4939	0,9792	0,4097	0,0983		0,0510	0,4129	0,4335	0,9472	0,1760	0,4151	0,2555	0,9744	0,9527	0,7047	0,9207	0,6962	0,9747	0,9571
28	15MK	17,5	0,0000*	0,1795	0,0527	0,0046*	0,7259	0,0510		0,0047*	0,0054*	0,0513	0,0005*	0,0048*	0,0012*	0,0513	0,0459*	0,0205*	0,0540	0,0198*	0,0524	0,0513
28	15MK	35,0	0,0763	0,1429	0,4039	0,9998	0,0125*	0,4129	0,0047*		0,9460	0,3909	0,5645	0,9791	0,7191	0,4044	0,4376	0,6283	0,3746	0,6374	0,4029	0,3961
28	5SA	17,5	0,0712	0,1561	0,4260	0,9446	0,0143*	0,4335	0,0054*	0,9460		0,4179	0,5346	0,9611	0,6855	0,4294	0,4571	0,6489	0,4012	0,6500	0,4266	0,4227
28	5SA	35,0	0,0079*	0,5074	0,9639	0,3893	0,0993	0,9472	0,0513	0,3909	0,4179		0,1628	0,3981	0,2385	0,9691	0,9093	0,6795	0,9667	0,6682	0,9687	0,9873
42	REF	17,5	0,1986	0,0426*	0,1706	0,5680	0,0017*	0,1760	0,0005*	0,5645	0,5346	0,1628		0,5581	0,8010	0,1705	0,1904	0,3092	0,1537	0,3160	0,1698	0,1657
42	REF	35,0	0,0768	0,1460	0,4073	0,9784	0,0128*	0,4151	0,0048*	0,9791	0,9611	0,3981	0,5581		0,7122	0,4099	0,4387	0,6280	0,3819	0,6324	0,4074	0,4029
42	5MK	17,5	0,1421	0,0722	0,2486	0,7234	0,0040*	0,2555	0,0012*	0,7191	0,6855	0,2385	0,8010	0,7122		0,2485	0,2740	0,4219	0,2266	0,4299	0,2476	0,2423
42	5MK	35,0	0,0085*	0,5019	0,9926	0,4022	0,0991	0,9744	0,0513	0,4044	0,4294	0,9691	0,1705	0,4099	0,2485		0,9342	0,6971	0,9412	0,6863	0,9985	0,9796
42	10MK	17,5	0,0102*	0,4670	0,9367	0,4340	0,0897	0,9527	0,0459*	0,4376	0,4571	0,9093	0,1904	0,4387	0,2740	0,9342		0,7359	0,8835	0,7282	0,9336	0,9186
42	10MK	35,0	0,0253*	0,3088	0,6944	0,6238	0,0449*	0,7047	0,0205*	0,6283	0,6489	0,6795	0,3092	0,6280	0,4219	0,6971	0,7359		0,6574	0,9815	0,6943	0,6865
42	15MK	17,5	0,0072*	0,5215	0,9368	0,3731	0,1037	0,9207	0,0540	0,3746	0,4012	0,9667	0,1537	0,3819	0,2266	0,9412	0,8835	0,6574		0,6461	0,9412	0,9572
42	15MK	35,0	0,0262*	0,3020	0,6850	0,6319	0,0435*	0,6962	0,0198*	0,6374	0,6500	0,6682	0,3160	0,6324	0,4299	0,6863	0,7282	0,9815	0,6461		0,6841	0,6753
42	5SA	17,5	0,0084*	0,5049	0,9935	0,4004	0,1008	0,9747	0,0524	0,4029	0,4266	0,9687	0,1698	0,4074	0,2476	0,9985	0,9336	0,6943	0,9412	0,6841		0,9791
42	5SA	35,0	0,0082*	0,5059	0,9741	0,3943	0,0993	0,9571	0,0513	0,3961	0,4227	0,9873	0,1657	0,4029	0,2423	0,9796	0,9186	0,6865	0,9572	0,6753	0,9791	
49	REF	17,5	0,1623	0,0601	0,2181	0,6650	0,0029*	0,2244	0,0009*	0,6608	0,6288	0,2088	0,8662	0,6543	0,9189	0,2180	0,2414	0,3787	0,1980	0,3862	0,2171	0,2123
49	REF	35,0	0,0029*	0,6892	0,7428	0,2588	0,1646	0,7293	0,0923	0,2601	0,2808	0,7546	0,0945	0,2655	0,1469	0,7429	0,6959	0,4948	0,7737	0,4853	0,7450	0,7511
49	5MK	17,5	0,1260	0,0862	0,2816	0,7830	0,0054*	0,2889	0,0017*	0,7768	0,7448	0,2712	0,7416	0,7724	0,9210	0,2819	0,3088	0,4671	0,2583	0,4751	0,2807	0,2753
49	5MK	35,0	0,0044*	0,6084	0,8312	0,3088	0,1340	0,8166	0,0727	0,3102	0,3336	0,8478	0,1195	0,3164	0,1811	0,8326	0,7813	0,5678	0,8694	0,5575	0,8342	0,8431
49	10MK	17,5	0,0186*	0,3610	0,7764	0,5511	0,0583	0,7876	0,0278*	0,5554	0,5754	0,7588	0,2621	0,5554	0,3642	0,7783	0,8212	0,8923	0,7353	0,8827	0,7758	0,7664
49	10MK	35,0	0,0793	0,1413	0,3989	0,9980	0,0122*	0,4070	0,0045*	0,9979	0,9440	0,3884	0,5698	0,9787	0,7255	0,4006	0,4308	0,6193	0,3723	0,6258	0,3986	0,3933
49	15MK	17,5	0,0082*	0,5067	0,9799	0,3964	0,1001	0,9626	0,0519	0,3984	0,4241	0,9812	0,1670	0,4045	0,2440	0,9855	0,9234	0,6893	0,9524	0,6783	0,9851	0,9925
49	15MK	35,0	0,2865	0,0233*	0,1109	0,4289	0,0006*	0,1148	0,0001*	0,4253	0,4016	0,1056	0,7816	0,4214	0,6274	0,1110	0,1253	0,2163	0,0991	0,2214	0,1104	0,1077
49	5SA	17,5	0,0001*	0,5977	0,2638	0,0528	0,5513	0,2574	0,3747	0,0534	0,0593	0,2624	0,0114*	0,0546	0,0225*	0,2608	0,2399	0,1415	0,2713	0,1379	0,2636	0,2620
49	5SA	35,0	0,0015*	0,8197	0,6256	0,1980	0,2177	0,6136	0,1277	0,1992	0,2162	0,6323	0,0663	0,2034	0,1070	0,6242	0,5831	0,4012	0,6488	0,3930	0,6270	0,6301
56	REF	17,5	0,2689	0,0233*	0,1110	0,4299	0,0006*	0,1149	0,0001*	0,4267	0,4018	0,1055	0,7928	0,4217	0,6319	0,1110	0,1255	0,2166	0,0989	0,2218	0,1105	0,1076
56	REF	35,0	0,1066	0,1051	0,3240	0,8565	0,0074*	0,3317	0,0025*	0,8462	0,8178	0,3133	0,6730	0,8467	0,8419	0,3247	0,3533	0,5236	0,2992	0,5315	0,3232	0,3178
56	5MK	17,5	0,1244	0,0854	0,2801	0,7812	0,0053*	0,2875	0,0017*	0,7766	0,7415	0,2691	0,7425	0,7692	0,9229	0,2800	0,3075	0,4654	0,2563	0,4738	0,2790	0,2733
56	5MK	35,0	0,0000*	0,5614	0,2380	0,0450	0,5790	0,2320	0,3974	0,0456	0,0508	0,2382	0,0092*	0,0466*	0,0186*	0,2355	0,2156	0,1249	0,2472	0,1215	0,2379	0,2374
56	10MK	17,5	0,1837	0,0497*	0,1903	0,6093	0,0021*	0,1961	0,0006*	0,6054	0,5748	0,1819	0,9366	0,5991	0,8500	0,1902	0,2116	0,3384	0,1721	0,3455	0,1895	0,1851
56	10MK	35,0	0,1070	0,1031	0,3202	0,8515	0,0072*	0,3281	0,0025*	0,8452	0,8106	0,3089	0,6784	0,8396	0,8482	0,3205	0,3496	0,5192	0,2948	0,5276	0,3192	0,3134
56	15MK	17,5	0,0115*	0,4443	0,9025	0,4553	0,0828	0,9174	0,0419*	0,4594	0,4768	0,8768	0,2036	0,4588	0,2907	0,9007	0,9584	0,7614	0,8516	0,7555	0,8998	0,8858
56	15MK	35,0	0,6519	0,0031*	0,0265*	0,1666	0,0000*	0,0276*	0,0000*	0,1639	0,1538	0,0251*	0,3645	0,1638	0,2755	0,0267*	0,0311*	0,0657	0,0230*	0,0676	0,0264*	0,0257*
56	5SA	17,5	0,0001*	0,6082	0,2799	0,0580	0,5360	0,2735	0,3631	0,0587	0,0649	0,2758	0,0130*	0,0599	0,0251*	0,2761	0,2554	0,1523	0,2839	0,1485	0,2794	0,2763
56	5SA	35,0	0,0495*	0,2052	0,5187	0,8160	0,0226*	0,5272	0,0092*	0,8197	0,8485	0,5084	0,4415	0,8233	0,5787	0,5220	0,5537	0,7664	0,4896	0,7673	0,5191	0,5140

I5 - Tf x Ag x Id (continuação)

49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0
0,1623	0,0029*	0,1260	0,0044*	0,0186*	0,0793	0,0082*	0,2865	0,0001*	0,0015*	0,2689	0,1066	0,1244	0,0000*	0,1837	0,1070	0,0115*	0,6519	0,0001*	0,0495*
0,0601	0,6892	0,0862	0,6084	0,3610	0,1413	0,5067	0,0233*	0,5977	0,8197	0,0233*	0,1051	0,0854	0,5614	0,0497*	0,1031	0,4443	0,0031*	0,6082	0,2052
0,2181	0,7428	0,2816	0,8312	0,7764	0,3989	0,9799	0,1109	0,2638	0,6256	0,1110	0,3240	0,2801	0,2380	0,1903	0,3202	0,9025	0,0265*	0,2799	0,5187
0,6650	0,2588	0,7830	0,3088	0,5511	0,9980	0,3964	0,4289	0,0528	0,1980	0,4299	0,8565	0,7812	0,0450*	0,6093	0,8515	0,4553	0,1666	0,0580	0,8160
0,0029*	0,1646	0,0054*	0,1340	0,0583	0,0122*	0,1001	0,0006*	0,5513	0,2177	0,0006*	0,0074*	0,0053*	0,5790	0,0021*	0,0072*	0,0828	0,0000*	0,5360	0,0226*
0,2244	0,7293	0,2889	0,8166	0,7876	0,4070	0,9626	0,1148	0,2574	0,6136	0,1149	0,3317	0,2875	0,2320	0,1961	0,3281	0,9174	0,0276*	0,2735	0,5272
0,0009*	0,0923	0,0017*	0,0727	0,0278*	0,0045*	0,0519	0,0001*	0,3747	0,1277	0,0001*	0,0025*	0,0017*	0,3974	0,0006*	0,0025*	0,0419*	0,0000*	0,3631	0,0092*
0,6608	0,2601	0,7768	0,3102	0,5554	0,9979	0,3984	0,4253	0,0534	0,1992	0,4267	0,8462	0,7766	0,0456*	0,6054	0,8452	0,4594	0,1639	0,0587	0,8197
0,6288	0,2808	0,7448	0,3336	0,5754	0,9440	0,4241	0,4016	0,0593	0,2162	0,4018	0,8178	0,7415	0,0508	0,5748	0,8106	0,4768	0,1538	0,0649	0,8485
0,2088	0,7546	0,2712	0,8478	0,7588	0,3884	0,9812	0,1056	0,2624	0,6323	0,1055	0,3133	0,2691	0,2382	0,1819	0,3089	0,8768	0,0251*	0,2758	0,5084
0,8662	0,0945	0,7416	0,1195	0,2621	0,5698	0,1670	0,7816	0,0114*	0,0663	0,7928	0,6730	0,7425	0,0092*	0,9366	0,6784	0,2036	0,3645	0,0130*	0,4415
0,6543	0,2655	0,7724	0,3164	0,5554	0,9787	0,4045	0,4214	0,0546	0,2034	0,4217	0,8467	0,7692	0,0466*	0,5991	0,8396	0,4588	0,1638	0,0599	0,8233
0,9189	0,1469	0,9210	0,1811	0,3642	0,7255	0,2440	0,6274	0,0225*	0,1070	0,6319	0,8419	0,9229	0,0186*	0,8500	0,8482	0,2907	0,2755	0,0251*	0,5787
0,2180	0,7429	0,2819	0,8326	0,7783	0,4006	0,9855	0,1110	0,2608	0,6242	0,1110	0,3247	0,2800	0,2355	0,1902	0,3205	0,9007	0,0267*	0,2761	0,5220
0,2414	0,6959	0,3088	0,7813	0,8212	0,4308	0,9234	0,1253	0,2399	0,5831	0,1255	0,3533	0,3075	0,2156	0,2116	0,3496	0,9584	0,0311*	0,2554	0,5537
0,3787	0,4948	0,4671	0,5678	0,8923	0,6193	0,6893	0,2163	0,1415	0,4012	0,2166	0,5236	0,4654	0,1249	0,3384	0,5192	0,7614	0,0657	0,1523	0,7664
0,1980	0,7737	0,2583	0,8694	0,7353	0,3723	0,9524	0,0991	0,2713	0,6488	0,0989	0,2992	0,2563	0,2472	0,1721	0,2948	0,8516	0,0230*	0,2839	0,4896
0,3862	0,4853	0,4751	0,5575	0,8827	0,6258	0,6783	0,2214	0,1379	0,3930	0,2218	0,5315	0,4738	0,1215	0,3455	0,5276	0,7555	0,0676	0,1485	0,7673
0,2171	0,7450	0,2807	0,8342	0,7758	0,3986	0,9851	0,1104	0,2636	0,6270	0,1105	0,3232	0,2790	0,2379	0,1895	0,3192	0,8998	0,0264*	0,2794	0,5191
0,2123	0,7511	0,2753	0,8431	0,7664	0,3933	0,9925	0,1077	0,2620	0,6301	0,1076	0,3178	0,2733	0,2374	0,1851	0,3134	0,8858	0,0257*	0,2763	0,5140
	0,1260	0,8527	0,1567	0,3248	0,6670	0,2138	0,6826	0,0178*	0,0906	0,6883	0,7784	0,8534	0,0146*	0,9192	0,7841	0,2568	0,3079	0,0200*	0,5268
0,1260		0,1704	0,8853	0,5630	0,2581	0,7503	0,0573	0,3857	0,8404	0,0573	0,2013	0,1689	0,3566	0,1075	0,1980	0,6674	0,0108*	0,3983	0,3527
0,8527	0,1704		0,2083	0,4056	0,7860	0,2771	0,5779	0,0281*	0,1257	0,5803	0,9081	0,9922	0,0234*	0,7887	0,9138	0,3266	0,2485	0,0313*	0,6328
0,1567	0,8853	0,2083		0,6408	0,3080	0,8413	0,0747	0,3298	0,7475	0,0746	0,2437	0,2066	0,3029	0,1349	0,2400	0,7512	0,0156*	0,3431	0,4132
0,3248	0,5630	0,4056	0,6408		0,5470	0,7698	0,1795	0,1728	0,4621	0,1798	0,4578	0,4041	0,1535	0,2883	0,4537	0,8488	0,0509	0,1851	0,6851
0,6670	0,2581	0,7860	0,3080	0,5470		0,3951	0,4310	0,0524	0,1973	0,4316	0,8608	0,7832	0,0447*	0,6113	0,8541	0,4514	0,1684	0,0576	0,8122
0,2138	0,7503	0,2771	0,8413	0,7698	0,3951		0,1085	0,2633	0,6303	0,1085	0,3195	0,2752	0,2381	0,1865	0,3153	0,8904	0,0259*	0,2783	0,5159
0,6826	0,0573	0,5779	0,0747	0,1795	0,4310	0,1085		0,0053*	0,0384*	0,9961	0,5192	0,5772	0,0041*	0,7396	0,5230	0,1350	0,4938	0,0061*	0,3233
0,0178*	0,3857	0,0281*	0,3298	0,1728	0,0524	0,2633	0,0053*		0,4774	0,0053*	0,0361*	0,0278*	0,9331	0,0139*	0,0353*	0,2254	0,0004*	0,9574	0,0841
0,0906	0,8404	0,1257	0,7475	0,4621	0,1973	0,6303	0,0384*	0,4774		0,0384*	0,1506	0,1246	0,4450	0,0762	0,1480	0,5572	0,0062*	0,4895	0,2771
0,6883	0,0573	0,5803	0,0746	0,1798	0,4316	0,1085	0,9961	0,0053*	0,0384*		0,5205	0,5808	0,0041*	0,7470	0,5250	0,1353	0,4664	0,0061*	0,3236
0,7784	0,2013	0,9081	0,2437	0,4578	0,8608	0,3195	0,5192	0,0361*	0,1506	0,5205		0,9051	0,0303*	0,7179	0,9874	0,3723	0,2159	0,0399*	0,6995
0,8534	0,1689	0,9922	0,2066	0,4041	0,7832	0,2752	0,5772	0,0278*	0,1246	0,5808	0,9051		0,0231*	0,7892	0,9125	0,3254	0,2466	0,0310*	0,6304
0,0146*	0,3566	0,0234*	0,3029	0,1535	0,0447*	0,2381	0,0041*	0,9331	0,4450	0,0041*	0,0303*	0,0231*		0,0113*	0,0296*	0,2021	0,0003*	0,8983	0,0729
0,9192	0,1075	0,7887	0,1349	0,2883	0,6113	0,1865	0,7396	0,0139*	0,0762	0,7470	0,7179	0,7892	0,0113*		0,7233	0,2257	0,3413	0,0157*	0,4777
0,7841	0,1980	0,9138	0,2400	0,4537	0,8541	0,3153	0,5230	0,0353*	0,1480	0,5250	0,9874	0,9125	0,0296*	0,7233		0,3688	0,2170	0,0391*	0,6937
0,2568	0,6674	0,3266	0,7512	0,8488	0,4514	0,8904	0,1350	0,2254	0,5572	0,1353	0,3723	0,3254	0,2021	0,2257	0,3688		0,0344*		0,5756
0,3079	0,0108*	0,2485	0,0156*	0,0509	0,1684	0,0259*	0,4938	0,0004*	0,0062*	0,4664	0,2159	0,2466	0,0003*	0,3413	0,2170	0,0344*		0,0005*	0,1140
0,0200*	0,3983	0,0313*	0,3431	0,1851	0,0576	0,2783	0,0061*	0,9574	0,4895	0,0061*	0,0399*	0,0310*	0,8983	0,0157*	0,0391	0,2404	0,0005*		0,0915
0,5268	0,3527	0,6328	0,4132	0,6851	0,8122	0,5159	0,3233	0,0841	0,2771	0,3236	0,6995	0,6304	0,0729	0,4777	0,6937	0,5756	0,1140	0,0915	

I10 - Id x At

	At	sem	sem	sem	sem	com	com	com	com
At	Id	28	42	49	56	28	42	49	56
sem	28		0,4607	0,4339	0,3351	1,0000	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	42	0,4607		0,1539	0,1062	0,4295	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	49	0,4339	0,1539		0,8046	0,4650	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	56	0,3351	0,1062	0,8046		0,3551	0,0000*	0,0000*	0,0000*
com	28	1,0000	0,4295	0,4650	0,3551		0,0000*	0,0000*	0,0000*
com	42	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*		0,0000*	0,0000*
com	49	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*		0,0000*
com	56	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	

I10 - Ag x At

	At	sem	sem	sem	sem	sem	com	com	com	com	com
At	Ag	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA
sem	REF		0,0403*	0,0006*	0,0130*	0,0019*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0091*
sem	5MK	0,0403*		0,1487	0,5885	0,2500	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	10MK	0,0006*	0,1487		0,3252	0,7145	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	15MK	0,0130*	0,5885	0,3252		0,4932	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	5SA	0,0019*	0,2500	0,7145	0,4932		0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
com	REF	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*		0,6329	0,0046*	0,4546	0,0065*
com	5MK	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,6329		0,0152*	0,7465	0,0020*
com	10MK	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0046*	0,0152*		0,0269*	0,0000*
com	15MK	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,4546	0,7465	0,0269*		0,0008*
com	5SA	0,0091*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0065*	0,0020*	0,0000*	0,0008*	

I10 - Tf x Ag

	Ag	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
Ag	Tf	17,5	35	17,5	35	17,5	35	17,5	35	17,5	35
REF	17,5		0,0000*	0,0282*	0,0000*	0,0000*	0,0075*	0,0000*	0,0319*	0,0000*	0,0000*
REF	35,0	0,0000*		0,0001*	0,3759	0,3713	0,0009*	0,9407	0,0001*	0,7808	0,6737
5MK	17,5	0,0282*	0,0001*		0,0024*	0,0029*	0,5777	0,0001*	0,8765	0,0000*	0,0005*
5MK	35,0	0,0000*	0,3759	0,0024*		0,9847	0,0099*	0,3987	0,0018*	0,2671	0,5993
10MK	17,5	0,0000*	0,3713	0,0029*	0,9847		0,0128*	0,3887	0,0021*	0,2642	0,5861
10MK	35,0	0,0075*	0,0009*	0,5777	0,0099*	0,0128*		0,0010*	0,5063	0,0003*	0,0030*
15MK	17,5	0,0000*	0,9407	0,0001*	0,3987	0,3887	0,0010*		0,0001*	0,7425	0,7058
15MK	35,0	0,0319*	0,0001*	0,8765	0,0018*	0,0021*	0,5063	0,0001*		0,0000*	0,0003*
5SA	17,5	0,0000*	0,7808	0,0000*	0,2671	0,2642	0,0003*	0,7425	0,0000*		0,5137
5SA	35,0	0,0000*	0,6737	0,0005*	0,5993	0,5861	0,0030*	0,7058	0,0003*	0,5137	

I10 - Ag x Id x At

		At	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem		
		Id	28	28	28	28	28	42	42	42	42	42	49	49	49	49	49	56	56	56	56	
At	Id	Ag	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA
sem	28	REF		0,9648	0,1588	0,2347	0,6034	0,6940	0,7995	0,2978	0,5627	0,8925	0,7964	0,6750	0,1179	0,7320	0,0693	0,5381	0,0626	0,3189	0,2309	0,0634
sem	28	5MK	0,9648		0,1668	0,2452	0,6221	0,6841	0,8218	0,3095	0,5822	0,9169	0,8154	0,6951	0,1245	0,7528	0,0736	0,5273	0,0667	0,3306	0,2417	0,0676
sem	28	10MK	0,1588	0,1668		0,7928	0,3481	0,0796	0,2324	0,6798	0,3737	0,1928	0,2348	0,3001	0,8531	0,2671	0,6532	0,0466*	0,6255	0,6479	0,7923	0,6328
sem	28	15MK	0,2347	0,2452	0,7928		0,4705	0,1269	0,3290	0,8565	0,4993	0,2788	0,3322	0,4126	0,6769	0,3722	0,5043	0,0789	0,4796	0,8191	0,9851	0,4854
sem	28	5SA	0,6034	0,6221	0,3481	0,4705		0,3937	0,7630	0,5621	0,9371	0,6800	0,7684	0,8979	0,2773	0,8326	0,1826	0,2824	0,1694	0,5883	0,4669	0,1718
sem	42	REF	0,6940	0,6841	0,0796	0,1269	0,3937		0,5518	0,1686	0,3628	0,6264	0,5474	0,4507	0,0558	0,4966	0,0295*	0,7894	0,0261*	0,1829	0,1246	0,0265*
sem	42	5MK	0,7995	0,8218	0,2324	0,3290	0,7630	0,5518		0,4052	0,7200	0,8902	0,9984	0,8451	0,1787	0,9115	0,1108	0,4136	0,1015	0,4290	0,3254	0,1030
sem	42	10MK	0,2978	0,3095	0,6798	0,8565	0,5621	0,1686	0,4052		0,5866	0,3483	0,4096	0,4983	0,5729	0,4536	0,4178	0,1086	0,3950	0,9504	0,8494	0,3994
sem	42	15MK	0,5627	0,5822	0,3737	0,4993	0,9371	0,3628	0,7200	0,5866		0,6383	0,7234	0,8493	0,3010	0,7872	0,2001	0,2575	0,1865	0,6023	0,4983	0,1896
sem	42	5SA	0,8925	0,9169	0,1928	0,2788	0,6800	0,6264	0,8902	0,3483	0,6383		0,8836	0,7565	0,1457	0,8171	0,0879	0,4774	0,0800	0,3708	0,2750	0,0811
sem	49	REF	0,7964	0,8154	0,2348	0,3322	0,7684	0,5474	0,9984	0,4096	0,7234	0,8836		0,8503	0,1805	0,9162	0,1122	0,4100	0,1027	0,4343	0,3281	0,1041
sem	49	5MK	0,6750	0,6951	0,3001	0,4126	0,8979	0,4507	0,8451	0,4983	0,8493	0,7565	0,8503		0,2360	0,9213	0,1520	0,3290	0,1403	0,5237	0,4090	0,1424
sem	49	10MK	0,1179	0,1245	0,8531	0,6769	0,2773	0,0558	0,1787	0,5729	0,3010	0,1457	0,1805	0,2360		0,2079	0,7608	0,0312	0,7346	0,5433	0,6800	0,7452
sem	49	15MK	0,7320	0,7528	0,2671	0,3722	0,8326	0,4966	0,9115	0,4536	0,7872	0,8171	0,9162	0,9213	0,2079		0,1316	0,3671	0,1210	0,4785	0,3685	0,1228
sem	49	5SA	0,0693	0,0736	0,6532	0,5043	0,1826	0,0295*	0,1108	0,4178	0,2001	0,0879	0,1122	0,1520	0,7608	0,1316		0,0152*	0,9525	0,3938	0,5053	0,9555
sem	56	REF	0,5381	0,5273	0,0466*	0,0789	0,2824	0,7894	0,4136	0,1086	0,2575	0,4774	0,4100	0,3290	0,0312	0,3671	0,0152*		0,0132*	0,1190	0,0772	0,0135*
sem	56	5MK	0,0626	0,0667	0,6255	0,4796	0,1694	0,0261*	0,1015	0,3950	0,1865	0,0800	0,1027	0,1403	0,7346	0,1210	0,9525	0,0132*		0,3714	0,4821	0,9997
sem	56	10MK	0,3189	0,3306	0,6479	0,8191	0,5883	0,1829	0,4290	0,9504	0,6023	0,3708	0,4343	0,5237	0,5433	0,4785	0,3938	0,1190	0,3714		0,8118	0,3752
sem	56	15MK	0,2309	0,2417	0,7923	0,9851	0,4669	0,1246	0,3254	0,8494	0,4983	0,2750	0,3281	0,4090	0,6800	0,3685	0,5053	0,0772	0,4821	0,8118		0,4893
sem	56	5SA	0,0634	0,0676	0,6328	0,4854	0,1718	0,0265*	0,1030	0,3994	0,1896	0,0811	0,1041	0,1424	0,7452	0,1228	0,9555	0,0135*	0,9997	0,3752	0,4893	
com	28	REF	1,0000	0,9663	0,1605	0,2369	0,6068	0,6728	0,8028	0,3005	0,5655	0,8956	0,8008	0,6785	0,1192	0,7355	0,0702	0,5260	0,0634	0,3220	0,2329	0,0642
com	28	5MK	0,9622	1,0000	0,1689	0,2479	0,6269	0,6752	0,8269	0,3130	0,5857	0,9227	0,8231	0,7000	0,1261	0,7580	0,0747	0,5202	0,0677	0,3346	0,2441	0,0685
com	28	10MK	0,1605	0,1689	1,0000	0,8015	0,3527	0,0807	0,2355	0,6864	0,3803	0,1951	0,2375	0,3041	0,8423	0,2706	0,6390	0,0473*	0,6152	0,6534	0,8063	0,6253
com	28	15MK	0,2323	0,2422	0,8015	1,0000	0,4629	0,1252	0,3244	0,8459	0,4865	0,2753	0,3282	0,4061	0,6835	0,3667	0,5115	0,0777	0,4856	0,8113	0,9861	0,4903
com	28	5SA	0,6068	0,6269	0,3426	0,4629	1,0000	0,3971	0,7697	0,5504	0,9324	0,6851	0,7733	0,9049	0,2733	0,8396	0,1794	0,2852	0,1666	0,5721	0,4608	0,1693
com	42	REF	0,0013*	0,0013*	0,0000*	0,0000*	0,0002*	0,0047*	0,0006*	0,0000*	0,0001*	0,0009*	0,0006*	0,0003*	0,0000*	0,0004*	0,0000*	0,0094*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
com	42	5MK	0,0154*	0,0152*	0,0001*	0,0002*	0,0035*	0,0386*	0,0087*	0,0004*	0,0028*	0,0121*	0,0084*	0,0050*	0,0000*	0,0065*	0,0000*	0,0622	0,0000*	0,0004*	0,0002*	0,0000*
com	42	10MK	0,0027*	0,0026*	0,0000*	0,0000*	0,0004*	0,0086*	0,0013*	0,0000*	0,0003*	0,0019*	0,0012*	0,0006*	0,0000*	0,0009*	0,0000*	0,0160*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
com	42	15MK	0,1441	0,1446	0,0037*	0,0082*	0,0574	0,2546	0,1019	0,0133*	0,0505	0,1251	0,0993	0,0723	0,0020*	0,0852	0,0007*	0,3285	0,0006*	0,0152*	0,0080*	0,0006*
com	42	5SA	0,6063	0,5962	0,0600	0,0988	0,3305	0,8770	0,4740	0,1337	0,3029	0,5428	0,4700	0,3818	0,0411*	0,4235	0,0208*	0,8948	0,0183*	0,1458	0,0968	0,0186*
com	49	REF	0,0644	0,0638	0,0007*	0,0019*	0,0204*	0,1304	0,0413*	0,0034*	0,0174*	0,0533	0,0402	0,0271*	0,0004*	0,0332*	0,0001*	0,1877	0,0001*	0,0040*	0,0018*	0,0001*
com	49	5MK	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0004*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
com	49	10MK	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
com	49	15MK	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
com	49	5SA	0,1166	0,1159	0,0023*	0,0054*	0,0431*	0,2149	0,0795	0,0091*	0,0376*	0,0991	0,0775	0,0552	0,0012*	0,0657	0,0004*	0,2920	0,0003*	0,0105*	0,0053*	0,0003*
com	56	REF	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
com	56	5MK	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
com	56	10MK	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
com	56	15MK	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
com	56	5SA	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0004*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*

I10 - At x Ag x Ac

		At	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	
At	Ag	Ac	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
			1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1
sem	REF	1,0		0,0884	0,0031*	0,0982	0,0002*	0,0074*	0,0169*	0,0071*	0,0041*	0,0032*	0,0000*	0,2929	0,0000*	0,2663	0,0000*	0,0000*	0,3353	0,0000*	0,2699	0,6232
sem	REF	1,1	0,0884		0,1967	0,8823	0,0531	0,2976	0,4418	0,2910	0,2244	0,1988	0,0000*	0,0072*	0,0000*	0,0059*	0,0000*	0,0000*	0,0095*	0,0000*	0,0061*	0,0344
sem	5MK	1,0	0,0031*	0,1967		0,1614	0,4781	0,7307	0,5268	0,7625	0,9090	0,9860	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0006*
sem	5MK	1,1	0,0982	0,8823	0,1614		0,0403	0,2562	0,3913	0,2466	0,1865	0,1625	0,0000*	0,0097*	0,0000*	0,0082*	0,0000*	0,0000*	0,0124*	0,0000*	0,0087	0,0414*
sem	10MK	1,0	0,0002*	0,0531	0,4781	0,0403		0,3272	0,2072	0,3439	0,4336	0,4579	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	10MK	1,1	0,0074*	0,2976	0,7307	0,2562	0,3272		0,7317	0,9510	0,8003	0,7268	0,0000*	0,0002*	0,0000*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0003*	0,0000*	0,0001*	0,0017*
sem	15MK	1,0	0,0169*	0,4418	0,5268	0,3913	0,2072	0,7317		0,7065	0,5830	0,5259	0,0000*	0,0006*	0,0000*	0,0004*	0,0000*	0,0000*	0,0009*	0,0000*	0,0005*	0,0047*
sem	15MK	1,1	0,0071*	0,2910	0,7625	0,2466	0,3439	0,9510	0,7065		0,8334	0,7603	0,0000*	0,0001*	0,0000*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0002*	0,0000*	0,0001*	0,0016*
sem	5SA	1,0	0,0041*	0,2244	0,9090	0,1865	0,4336	0,8003	0,5830	0,8334		0,9023	0,0000*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0008*
sem	5SA	1,1	0,0032*	0,1988	0,9860	0,1625	0,4579	0,7268	0,5259	0,7603	0,9023		0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0006*
com	REF	1,0	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*		0,0017*	0,2866	0,0019*	0,9163	0,4269	0,0013*	0,2660	0,0014*	0,0002*
com	REF	1,1	0,2929	0,0072*	0,0000*	0,0097*	0,0000*	0,0002*	0,0006*	0,0001*	0,0001*	0,0000*	0,0017*		0,0000*	0,9202	0,0015*	0,0001*	0,8891	0,0000*	0,9128	0,5273
com	5MK	1,0	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,2866	0,0000*		0,0000*	0,3123	0,7387	0,0000*	0,9315	0,0000*	0,0000*
com	5MK	1,1	0,2663	0,0059*	0,0000*	0,0082*	0,0000*	0,0001*	0,0004*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0019*	0,9202	0,0000*		0,0017*	0,0001*	0,8235	0,0000*	0,9860	0,4864
com	10MK	1,0	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,9163	0,0015*	0,3123	0,0017*		0,4560	0,0010*	0,2946	0,0014*	0,0001*
com	10MK	1,1	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,4269	0,0001*	0,7387	0,0001*	0,4560		0,0001*	0,6959	0,0001*	0,0000*
com	15MK	1,0	0,3353	0,0095*	0,0001*	0,0124*	0,0000*	0,0003*	0,0009*	0,0002*	0,0001*	0,0001*	0,0013*	0,8891	0,0000*	0,8235	0,0010*	0,0001*		0,0000*	0,8186	0,5905
com	15MK	1,1	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,2660	0,0000*	0,9315	0,0000*	0,2946	0,6959	0,0000*		0,0000*	0,0000*
com	5SA	1,0	0,2699	0,0061*	0,0000*	0,0087*	0,0000*	0,0001*	0,0005*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0014*	0,9128	0,0000*	0,9860	0,0014*	0,0001*	0,8186	0,0000*		0,4894
com	5SA	1,1	0,6232	0,0344*	0,0006*	0,0414*	0,0000*	0,0017*	0,0047*	0,0016*	0,0008*	0,0006*	0,0002*	0,5273	0,0000*	0,4864	0,0001*	0,0000*	0,5905	0,0000*	0,4894	

I10 - Tfx Ag x Id

		Id	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	42	42	42	42	42	42	42	42	42	
		Ag	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
Id	Ag	Tf	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0
28	REF	17,5		0,0002*	0,0418*	0,0493*	0,0000*	0,0064*	0,0000*	0,0584	0,0668	0,0012*	0,4266	0,1356	0,9045	0,0650	0,1535	0,3403	0,0564	0,1907	0,0823	0,0575
28	REF	35,0	0,0002*		0,1212	0,1083	0,1958	0,3576	0,1879	0,0984	0,0883	0,5978	0,0000*	0,0400*	0,0001*	0,0906	0,0336*	0,0078*	0,1029	0,0241*	0,0718	0,1007
28	5MK	17,5	0,0418*	0,1212		0,9316	0,0058*	0,4790	0,0045*	0,8675	0,8070	0,2704	0,0039*	0,5669	0,0325*	0,8206	0,5227	0,2685	0,8714	0,4490	0,7346	0,8696
28	5MK	35,0	0,0493*	0,1083	0,9316		0,0048*	0,4496	0,0037*	0,9239	0,8598	0,2468	0,0050*	0,6118	0,0387	0,8741	0,5657	0,2973	0,9267	0,4886	0,7853	0,9254
28	10MK	17,5	0,0000*	0,1958	0,0058*	0,0048*		0,0377*	0,9149	0,0042*	0,0036*	0,0849	0,0000*	0,0009*	0,0000*	0,0038*	0,0007*	0,0001*	0,0047*	0,0004*	0,0025*	0,0044*
28	10MK	35,0	0,0064*	0,3576	0,4790	0,4496	0,0377*		0,0318*	0,4254	0,3943	0,6381	0,0003*	0,2384	0,0045	0,4017	0,2131	0,0841	0,4361	0,1724	0,3452	0,4312
28	15MK	17,5	0,0000*	0,1879	0,0045*	0,0037*	0,9149	0,0318*		0,0031*	0,0027*	0,0780	0,0000*	0,0006*	0,0000*	0,0028*	0,0005*	0,0000*	0,0035*	0,0003*	0,0018*	0,0033*
28	15MK	35,0	0,0584	0,0984	0,8675	0,9239	0,0042*	0,4254	0,0031*		0,9255	0,2266	0,0064*	0,6632	0,0464*	0,9408	0,6154	0,3302	0,9988	0,5342	0,8468	0,9992
28	5SA	17,5	0,0668	0,0883	0,8070	0,8598	0,0036*	0,3943	0,0027*	0,9255		0,2058	0,0079*	0,6995	0,0538	0,9803	0,6538	0,3556	0,9211	0,5700	0,9043	0,9240
28	5SA	35,0	0,0012*	0,5978	0,2704	0,2468	0,0849	0,6381	0,0780	0,2266	0,2058		0,0000*	0,1098	0,0008*	0,2106	0,0955	0,0299*	0,2334	0,0733	0,1744	0,2302
42	REF	17,5	0,4266	0,0000*	0,0039*	0,0050	0,0000*	0,0003*	0,0000*	0,0064*	0,0079*	0,0000*		0,0227*	0,4759	0,0076*	0,0273*	0,0890	0,0061*	0,0378*	0,0108*	0,0063*
42	REF	35,0	0,1356	0,0400*	0,5669	0,6118	0,0009*	0,2384	0,0006*	0,6632	0,6995	0,1098	0,0227*		0,1132	0,6952	0,9298	0,5520	0,6517	0,8231	0,7687	0,6585
42	5MK	17,5	0,9045	0,0001*	0,0325*	0,0387	0,0000*	0,0045*	0,0000*	0,0464*	0,0538	0,0008*	0,4759	0,1132		0,0522	0,1292	0,2978	0,0449*	0,1624	0,0671	0,0457*
42	5MK	35,0	0,0650	0,0906	0,8206	0,8741	0,0038*	0,4017	0,0028*	0,9408	0,9803	0,2106	0,0076*	0,6952	0,0522		0,6477	0,3513	0,9349	0,5640	0,8927	0,9390
42	10MK	17,5	0,1535	0,0336	0,5227	0,5657	0,0007*	0,2131	0,0005*	0,6154	0,6538	0,0955	0,0273*	0,9298	0,1292	0,6477		0,5938	0,6054	0,8791	0,7218	0,6111
42	10MK	35,0	0,3403	0,0078*	0,2685	0,2973	0,0001*	0,0841	0,0000*	0,3302	0,3556	0,0299*	0,0890	0,5520	0,2978	0,3513	0,5938		0,3222	0,6784	0,4037	0,3266
42	15MK	17,5	0,0564	0,1029	0,8714	0,9267	0,0047*	0,4361	0,0035*	0,9988	0,9211	0,2334	0,0061*	0,6517	0,0449*	0,9349	0,6054	0,3222		0,5248	0,8399	0,9996
42	15MK	35,0	0,1907	0,0241*	0,4490	0,4886	0,0004*	0,1724	0,0003*	0,5342	0,5700	0,0733	0,0378*	0,8231	0,1624	0,5640	0,8791	0,6784	0,5248		0,6333	0,5301
42	5SA	17,5	0,0823	0,0718	0,7346	0,7853	0,0025*	0,3452	0,0018*	0,8468	0,9043	0,1744	0,0108*	0,7687	0,0671	0,8927	0,7218	0,4037	0,8399	0,6333		0,8441
42	5SA	35,0	0,0575	0,1007	0,8696	0,9254	0,0044*	0,4312	0,0033*	0,9992	0,9240	0,2302	0,0063*	0,6585	0,0457*	0,9390	0,6111	0,3266	0,9996	0,5301	0,8441	
49	REF	17,5	0,7628	0,0000*	0,0202*	0,0245*	0,0000*	0,0023*	0,0000*	0,0298*	0,0351*	0,0004*	0,5855	0,0790	0,8341	0,0339*	0,0912	0,2273	0,0287*	0,1172	0,0446*	0,0293*
49	REF	35,0	0,0051*	0,3824	0,4524	0,4207	0,0414*	0,9357	0,0355*	0,3931	0,3620	0,6776	0,0002*	0,2154	0,0036*	0,3693	0,1918	0,0735	0,4022	0,1541	0,3156	0,3980
49	5MK	17,5	0,7368	0,0006*	0,0803	0,0926	0,0000*	0,0158*	0,0000*	0,1075	0,1212	0,0037*	0,2852	0,2238	0,6782	0,1184	0,2493	0,4963	0,1045	0,3010	0,1453	0,1061
49	5MK	35,0	0,5826	0,0016*	0,1312	0,1487	0,0000*	0,0310*	0,0000*	0,1687	0,1844	0,0086*	0,1973	0,3177	0,5221	0,1816	0,3476	0,6397	0,1632	0,4093	0,2157	0,1662
49	10MK	17,5	0,4401	0,0040*	0,1979	0,2214	0,0000*	0,0550	0,0000*	0,2481	0,2691	0,0176*	0,1303	0,4367	0,3898	0,2654	0,4732	0,8197	0,2413	0,5475	0,3095	0,2450
49	10MK	35,0	0,9773	0,0001*	0,0400*	0,0472*	0,0000*	0,0060*	0,0000*	0,0561	0,0645	0,0011*	0,4330	0,1318	0,9200	0,0627	0,1495	0,3337	0,0543	0,1863	0,0797	0,0552
49	15MK	17,5	0,2293	0,0175*	0,3877	0,4240	0,0002*	0,1406	0,0002*	0,4661	0,5001	0,0568	0,0498*	0,7355	0,1973	0,4940	0,7867	0,7592	0,4575	0,8898	0,5593	0,4623
49	15MK	35,0	0,5754	0,0000*	0,0090*	0,0112*	0,0000*	0,0008*	0,0000*	0,0141*	0,0170*	0,0001*	0,7725	0,0430*	0,6356	0,0163*	0,0508	0,1441	0,0135*	0,0676	0,0224*	0,0138*
49	5SA	17,5	0,0048*	0,3767	0,4505	0,4166	0,0391*	0,9192	0,0344*	0,3854	0,3530	0,6760	0,0002*	0,2092	0,0033*	0,3605	0,1860	0,0707	0,3931	0,1491	0,3073	0,3895
49	5SA	35,0	0,0523	0,1072	0,9079	0,9673	0,0048*	0,4495	0,0037*	0,9496	0,8848	0,2432	0,0054*	0,6300	0,0412*	0,8992	0,5833	0,3084	0,9540	0,5046	0,8083	0,9524
56	REF	17,5	0,2280	0,0000*	0,0007*	0,0009*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0013*	0,0017*	0,0000*	0,6204	0,0060*	0,2591	0,0016*	0,0076*	0,0329*	0,0012*	0,0114*	0,0024*	0,0013*
56	REF	35,0	0,6658	0,0010*	0,1034	0,1181	0,0000*	0,0223*	0,0000*	0,1352	0,1490	0,0057*	0,2407	0,2658	0,6006	0,1465	0,2930	0,5606	0,1307	0,3490	0,1763	0,1331
56	5MK	17,5	0,2118	0,0000*	0,0006*	0,0008*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0010*	0,0014*	0,0000*	0,6007	0,0051*	0,2431	0,0013*	0,0065*	0,0290*	0,0010*	0,0097*	0,0020*	0,0010*
56	5MK	35,0	0,0495*	0,1106	0,9296	0,9927	0,0051*	0,4580	0,0038*	0,9273	0,8639	0,2500	0,0050*	0,6136	0,0389*	0,8781	0,5675	0,2980	0,9313	0,4901	0,7887	0,9297
56	10MK	17,5	0,7513	0,0000*	0,0192*	0,0233*	0,0000*	0,0022*	0,0000*	0,0285*	0,0337*	0,0003*	0,5869	0,0764	0,8252	0,0325*	0,0884	0,2218	0,0275	0,1138	0,0430*	0,0280*
56	10MK	35,0	0,1220	0,0000*	0,0001*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0003*	0,0003*	0,0000*	0,4153	0,0016*	0,1439	0,0003*	0,0021*	0,0119*	0,0002*	0,0033*	0,0005*	0,0002*
56	15MK	17,5	0,6908	0,0008*	0,0955	0,1094	0,0000*	0,0200*	0,0000*	0,1258	0,1399	0,0050*	0,2549	0,2523	0,6259	0,1371	0,2791	0,5411	0,1219	0,3341	0,1662	0,1240
56	15MK	35,0	0,1261	0,0000*	0,0001*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0003*	0,0004*	0,0000*	0,4193	0,0017*	0,1477	0,0004*	0,0023*	0,0126*	0,0003*	0,0036*	0,0006*	0,0003*
56	5SA	17,5	0,0305*	0,1504	0,8798	0,8254	0,0083*	0,5437	0,0066*	0,7708	0,7159	0,3218	0,0024*	0,4902	0,0233*	0,7284	0,4495	0,2208	0,7765	0,3821	0,6473	0,7738
56	5SA	35,0	0,7266	0,0007*	0,0852	0,0981	0,0000*	0,0171*	0,0000*	0,1134	0,1270	0,0041*	0,2758	0,2328	0,6621	0,1243	0,2586	0,5104	0,1100	0,3113	0,1518	0,1118

I10 - Tf x Ag x Id (continuação)

49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
0,7628	0,0051*	0,7368	0,5826	0,4401	0,9773	0,2293	0,5754	0,0048*	0,0523	0,2280	0,6658	0,2118	0,0495*	0,7513	0,1220	0,6908	0,1261	0,0305*	0,7266
0,0000*	0,3824	0,0006*	0,0016*	0,0040*	0,0001*	0,0175*	0,0000*	0,3767	0,1072	0,0000*	0,0010*	0,0000*	0,1106	0,0000*	0,0000*	0,0008*	0,0000*	0,1504	0,0007*
0,0202*	0,4524	0,0803	0,1312	0,1979	0,0400*	0,3877	0,0090*	0,4505	0,9079	0,0007*	0,1034	0,0006*	0,9296	0,0192*	0,0001*	0,0955	0,0001*	0,8798	0,0852
0,0245*	0,4207	0,0926	0,1487	0,2214	0,0472*	0,4240	0,0112*	0,4166	0,9673	0,0009*	0,1181	0,0008*	0,9927	0,0233*	0,0002*	0,1094	0,0002*	0,8254	0,0981
0,0000*	0,0414*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0002*	0,0000*	0,0391*	0,0048*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0051*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0083*	0,0000*
0,0023*	0,9357	0,0158*	0,0310*	0,0550*	0,0060*	0,1406	0,0008*	0,9192	0,4495	0,0000*	0,0223*	0,0000*	0,4580	0,0022*	0,0000*	0,0200*	0,0000*	0,5437	0,0171
0,0000*	0,0355*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0002*	0,0000*	0,0344*	0,0037*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0038*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0066*	0,0000*
0,0298*	0,3931	0,1075	0,1687	0,2481	0,0561	0,4661	0,0141*	0,3854	0,9496	0,0013*	0,1352	0,0010*	0,9273	0,0285*	0,0003*	0,1258	0,0003*	0,7708	0,1134
0,0351*	0,3620	0,1212	0,1844	0,2691	0,0645	0,5001	0,0170*	0,3530	0,8848	0,0017*	0,1490	0,0014*	0,8639	0,0337*	0,0003*	0,1399	0,0004*	0,7159	0,1270
0,0004*	0,6776	0,0037*	0,0086*	0,0176*	0,0011*	0,0568	0,0001*	0,6760	0,2432	0,0000*	0,0057*	0,0000*	0,2500	0,0003*	0,0000*	0,0050*	0,0000*	0,3218	0,0041*
0,5855	0,0002*	0,2852	0,1973	0,1303	0,4330	0,0498*	0,7725	0,0002*	0,0054*	0,6204	0,2407	0,6007	0,0050*	0,5869	0,4153	0,2549	0,4193	0,0024*	0,2758
0,0790	0,2154	0,2238	0,3177	0,4367	0,1318	0,7355	0,0430*	0,2092	0,6300	0,0060*	0,2658	0,0051*	0,6136	0,0764	0,0016*	0,2523	0,0017*	0,4902	0,2328
0,8341	0,0036*	0,6782	0,5221	0,3898	0,9200	0,1973	0,6356	0,0033*	0,0412*	0,2591	0,6006	0,2431	0,0389*	0,8252	0,1439	0,6259	0,1477	0,0233*	0,6621
0,0339*	0,3693	0,1184	0,1816	0,2654	0,0627	0,4940	0,0163*	0,3605	0,8992	0,0016*	0,1465	0,0013*	0,8781	0,0325*	0,0003*	0,1371	0,0004*	0,7284	0,1243
0,0912	0,1918	0,2493	0,3476	0,4732	0,1495	0,7867	0,0508	0,1860	0,5833	0,0076*	0,2930	0,0065*	0,5675	0,0884	0,0021*	0,2791	0,0023*	0,4495	0,2586
0,2273	0,0735	0,4963	0,6397	0,8197	0,3337	0,7592	0,1441	0,0707	0,3084	0,0329*	0,5606	0,0290*	0,2980	0,2218	0,0119*	0,5411	0,0126*	0,2208	0,5104
0,0287*	0,4022	0,1045	0,1632	0,2413	0,0543	0,4575	0,0135*	0,3931	0,9540	0,0012*	0,1307	0,0010*	0,9313	0,0275	0,0002*	0,1219	0,0003*	0,7765	0,1100
0,1172	0,1541	0,3010	0,4093	0,5475	0,1863	0,8898	0,0676	0,1491	0,5046	0,0114*	0,3490	0,0097*	0,4901	0,1138	0,0033*	0,3341	0,0036*	0,3821	0,3113
0,0446*	0,3156	0,1453	0,2157	0,3095	0,0797	0,5593	0,0224*	0,3073	0,8083	0,0024*	0,1763	0,0020*	0,7887	0,0430*	0,0005*	0,1662	0,0006*	0,6473	0,1518
0,0293*	0,3980	0,1061	0,1662	0,2450	0,0552	0,4623	0,0138*	0,3895	0,9524	0,0013*	0,1331	0,0010*	0,9297	0,0280*	0,0002*	0,1240	0,0003*	0,7738	0,1118
	0,0018*	0,5583	0,4202	0,3050	0,7729	0,1449	0,7648	0,0017*	0,0262*	0,3343	0,4898	0,3160	0,0246*	0,9779	0,1957	0,5121	0,2000	0,0140*	0,5442
0,0018*		0,0130*	0,0262*	0,0474*	0,0048*	0,1248	0,0006*	0,9774	0,4168	0,0000*	0,0187*	0,0000*	0,4262	0,0017*	0,0000*	0,0167*	0,0000*	0,5210	0,0142*
0,5583	0,0130*		0,7876	0,6193	0,7342	0,3532	0,4037	0,0123*	0,0976	0,1381	0,8849	0,1269	0,0930	0,5509	0,0671	0,9187	0,0697	0,0610	0,9686
0,4202	0,0262*	0,7876		0,7838	0,5726	0,4691	0,2909	0,0250*	0,1552	0,0883	0,8817	0,0797	0,1489	0,4115	0,0388*	0,8512	0,0408*	0,1030	0,8085
0,3050	0,0474*	0,6193	0,7838		0,4322	0,6184	0,2016	0,0455*	0,2302	0,0527	0,6934	0,0470*	0,2218	0,2983	0,0209*	0,6711	0,0221*	0,1595	0,6359
0,7729	0,0048*	0,7342	0,5726	0,4322		0,2245	0,5839	0,0045*	0,0501	0,2312	0,6550	0,2157	0,0474*	0,7634	0,1249	0,6811	0,1287	0,0290*	0,7186
0,1449	0,1248	0,3532	0,4691	0,6184	0,2245		0,0862	0,1206	0,4387	0,0160*	0,4042	0,0138*	0,4254	0,1411	0,0050*	0,3887	0,0054*	0,3267	0,3641
0,7648	0,0006*	0,4037	0,2909	0,2016	0,5839	0,0862		0,0005*	0,0121*	0,4639	0,3467	0,4462	0,0113*	0,7690	0,2943	0,3650	0,2979	0,0059*	0,3915
0,0017*	0,9774	0,0123*	0,0250*	0,0455*	0,0045*	0,1206	0,0005*		0,4095	0,0000*	0,0177*	0,0000*	0,4200	0,0016*	0,0000*	0,0158*	0,0000*	0,5219	0,0134*
0,0262*	0,4168	0,0976	0,1552	0,2302	0,0501	0,4387	0,0121*	0,4095		0,0011*	0,1236	0,0008*	0,9722	0,0250*	0,0002*	0,1148	0,0002*	0,8079	0,1032
0,3343	0,0000*	0,1381	0,0883	0,0527	0,2312	0,0160*	0,4639	0,0000*	0,0011*		0,1128	0,9473	0,0009*	0,3328	0,6945	0,1208	0,7053	0,0004*	0,1329
0,4898	0,0187*	0,8849	0,8817	0,6934	0,6550	0,4042	0,3467	0,0177*	0,1236	0,1128		0,1026	0,1183	0,4803	0,0521	0,9579	0,0546	0,0799	0,9088
0,3160	0,0000*	0,1269	0,0797	0,0470*	0,2157	0,0138*	0,4462	0,0000*	0,0008*	0,9473	0,1026		0,0008*	0,3174	0,7275	0,1102	0,7340	0,0003*	0,1217
0,0246*	0,4262	0,0930	0,1489	0,2218	0,0474*	0,4254	0,0113*	0,4200	0,9722	0,0009*	0,1183	0,0008*		0,0234*	0,0002*	0,1097	0,0002*	0,8264	0,0984
0,9779	0,0017*	0,5509	0,4115	0,2983	0,7634	0,1411	0,7690	0,0016*	0,0250*	0,3328	0,4803	0,3174	0,0234*		0,1980	0,5030	0,2011	0,0133*	0,5355
0,1957	0,0000*	0,0671	0,0388*	0,0209*	0,1249	0,0050*	0,2943	0,0000*	0,0002*	0,6945	0,0521	0,7275	0,0002*	0,1980		0,0567	0,9726	0,0001*	0,0638
0,5121	0,0167*	0,9187	0,8512	0,6711	0,6811	0,3887	0,3650	0,0158*	0,1148	0,1208	0,9579	0,1102	0,1097	0,5030	0,0567		0,0593	0,0734	0,9439
0,2000	0,0000*	0,0697	0,0408*	0,0221*	0,1287	0,0054*	0,2979	0,0000*	0,0002*	0,7053	0,0546	0,7340	0,0002*	0,2011	0,9726	0,0593		0,0001*	0,0665
0,0140*	0,5210	0,0610	0,1030	0,1595	0,0290*	0,3267	0,0059*	0,5219	0,8079	0,0004*	0,0799	0,0003*	0,8264	0,0133*	0,0001*	0,0734	0,0001*		0,0650
0,5442	0,0142*	0,9686	0,8085	0,6359	0,7186	0,3641	0,3915	0,0134*	0,1032	0,1329	0,9088	0,1217	0,0984	0,5355	0,0638	0,9439	0,0665	0,0650	

I30 - Id x At

	At	sem	sem	sem	sem	com	com	com	com
At	Id	28	42	49	56	28	42	49	56
sem	28		0,0363*	0,5504	0,1102	1,0000	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	42	0,0363*		0,1122	0,5699	0,0319*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	49	0,5504	0,1122		0,2651	0,5220	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	56	0,1102	0,5699	0,2651		0,0973	0,0000*	0,0000*	0,0000*
com	28	1,0000	0,0319*	0,5220	0,0973		0,0000*	0,0000*	0,0000*
com	42	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*		0,0000*	0,0000*
com	49	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*		0,0000*
com	56	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	

I30 - Ag x At

	At	sem	sem	sem	sem	sem	com	com	com	com	com
At	Ag	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA
sem	REF		0,0616	0,0000*	0,0056*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	5MK	0,0616		0,0032*	0,3130	0,0006*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	10MK	0,0000*	0,0032*		0,0412*	0,5915	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	15MK	0,0056*	0,3130	0,0412*		0,0135*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	5SA	0,0000*	0,0006*	0,5915	0,0135*		0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
com	REF	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*		0,8963	0,1133	0,7355	0,0120*
com	5MK	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,8963		0,1218	0,6627	0,0102*
com	10MK	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,1133	0,1218		0,0648	0,0000*
com	15MK	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,7355	0,6627	0,0648		0,0224*
com	5SA	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0120*	0,0102*	0,0000*	0,0224*	

I30 - Tf x Ag

	Ag	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
Ag	Tf	17,5	35	17,5	35	17,5	35	17,5	35	17,5	35
REF	17,5		0,0000*	0,0017*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
REF	35,0	0,0000*		0,0000*	0,1793	0,1758	0,0213*	0,2544	0,0001*	0,6367	0,7299
5MK	17,5	0,0017*	0,0000*		0,0001*	0,0001*	0,0023*	0,0000*	0,1309	0,0000*	0,0000*
5MK	35,0	0,0000*	0,1793	0,0001*		0,9580	0,3043	0,7883	0,0107*	0,3439	0,1044
10MK	17,5	0,0000*	0,1758	0,0001*	0,9580		0,2964	0,7648	0,0101*	0,3391	0,1012
10MK	35,0	0,0000*	0,0213*	0,0023*	0,3043	0,2964		0,2176	0,1016	0,0591	0,0091*
15MK	17,5	0,0000*	0,2544	0,0000*	0,7883	0,7648	0,2176		0,0057*	0,4575	0,1572
15MK	35,0	0,0000*	0,0001*	0,1309	0,0107*	0,0101*	0,1016	0,0057*		0,0005*	0,0000*
5SA	17,5	0,0000*	0,6367	0,0000*	0,3439	0,3391	0,0591	0,4575	0,0005*		0,4452
5SA	35,0	0,0000*	0,7299	0,0000*	0,1044	0,1012	0,0091*	0,1572	0,0000*	0,4452	

I30 - Ag x Id x At (continuação)

com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com
28	28	28	28	28	42	42	42	42	42	49	49	49	49	49	56	56	56	56	56
REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA
1,0000	0,8124	0,0361*	0,1771	0,5715	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,8124	1,0000	0,0218*	0,1259	0,4586	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,0361*	0,0206*	1,0000	0,4203	0,1134	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,1771	0,1211	0,4439	1,0000	0,3862	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,5715	0,4473	0,1201	0,4045	1,0000	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,2973	0,3967	0,0012*	0,0171*	0,1237	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,2787	0,3760	0,0010*	0,0150*	0,1135	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,3305	0,2422	0,2538	0,6747	0,6254	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,9787	0,8177	0,0360*	0,1776	0,5752	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,5639	0,4470	0,1199	0,4040	0,9892	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,9587	0,8269	0,0347*	0,1730	0,5652	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,5080	0,6441	0,0055*	0,0494*	0,2483	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,0859	0,0542	0,6892	0,6520	0,2213	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,2975	0,3935	0,0012*	0,0173*	0,1243	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,0312	0,0174	0,9286	0,3991	0,1025	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,0118*	0,0205*	0,0000*	0,0000*	0,0020*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,3138	0,2276	0,2677	0,6994	0,6047	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,7859	0,9655	0,0199*	0,1183	0,4399	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,5813	0,4504	0,1168	0,3942	0,9870	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,0623	0,0378*	0,8025	0,5565	0,1730	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
	0,8068	0,0372*	0,1814	0,5827	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,8068		0,0212*	0,1236	0,4535	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,0372*	0,0212*		0,4339	0,1170	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,1814	0,1236	0,4339		0,3965	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,5827	0,4535	0,1170	0,3965		0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*		0,4968	0,0959	0,1768	0,1230	0,7466	0,0359*	0,0000*	0,0354*	0,4617	0,0007*	0,0001*	0,0000*	0,0001*	0,0221*
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,4968		0,2831	0,0565	0,0330*	0,6855	0,1363	0,0003*	0,1371	0,9250	0,0067*	0,0010*	0,0000*	0,0009*	0,0972
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0959	0,2831		0,0032*	0,0014*	0,1600	0,6204	0,0121*	0,6176	0,2931	0,0937	0,0278*	0,0027*	0,0254*	0,4980
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,1768	0,0565	0,0032*		0,7761	0,1141	0,0006*	0,0000*	0,0006*	0,0513	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0003*
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,1230	0,0330*	0,0014*	0,7761		0,0732	0,0002*	0,0000*	0,0002*	0,0290*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0001*
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,7466	0,6855	0,1600	0,1141	0,0732		0,0676	0,0001*	0,0674	0,6419	0,0020*	0,0002*	0,0000*	0,0002*	0,0447
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0359*	0,1363	0,6204	0,0006*	0,0002*	0,0676		0,0396*	0,9678	0,1451	0,2094	0,0776	0,0113*	0,0725	0,8072
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0003*	0,0121*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0396*		0,0402*	0,0004*	0,3835	0,7219	0,6041	0,7561	0,0603
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0354*	0,1371	0,6176	0,0006*	0,0002*	0,0674	0,9678	0,0402*		0,1501	0,2050	0,0763	0,0116*	0,0728	0,8245
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,4617	0,9250	0,2931	0,0513	0,0290*	0,6419	0,1451	0,0004*	0,1501		0,0079*	0,0013*	0,0000*	0,0011*	0,1085
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0007*	0,0067*	0,0937	0,0000*	0,0000*	0,0020*	0,2094	0,3835	0,2050	0,0079*		0,5555	0,1897	0,5375	0,2596
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0010*	0,0278*	0,0000*	0,0000*	0,0002*	0,0776	0,7219	0,0763	0,0013*	0,5555		0,4196	0,9430	0,1049
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0027*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0113*	0,6041	0,0116*	0,0000*	0,1897	0,4196		0,4387	0,0193*
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0009*	0,0254*	0,0000*	0,0000*	0,0002*	0,0725	0,7561	0,0728	0,0011*	0,5375	0,9430	0,4387		0,1032
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0221*	0,0972	0,4980	0,0003*	0,0001*	0,0447	0,8072	0,0603	0,8245	0,1085	0,2596	0,1049	0,0193*	0,1032	

I30 - At x Ag x Ac

		At	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	sem	com	com	com	com	com	com	com	com	com	com	
At	Ag	Ac	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
		1,0	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1
sem	REF	1,0		0,0837	0,0464*	0,0299*	0,0000*	0,0002*	0,0078*	0,0066*	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	REF	1,1	0,0837		0,7138	0,5626	0,0067*	0,0477*	0,2929	0,2666	0,0223*	0,0019*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	5MK	1,0	0,0464*	0,7138		0,7995	0,0175*	0,0948	0,4538	0,4190	0,0492*	0,0057*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	5MK	1,1	0,0299*	0,5626	0,7995		0,0306*	0,1402	0,5836	0,5458	0,0779	0,0110*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	10MK	1,0	0,0000*	0,0067*	0,0175*	0,0306*		0,4489	0,0932	0,1032	0,6465	0,6719	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	10MK	1,1	0,0002*	0,0477*	0,0948	0,1402	0,4489		0,3132	0,3283	0,7246	0,2662	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	15MK	1,0	0,0078*	0,2929	0,4538	0,5836	0,0932	0,3132		0,9207	0,1963	0,0411*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	15MK	1,1	0,0066*	0,2666	0,4190	0,5458	0,1032	0,3283	0,9207		0,2117	0,0470*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	5SA	1,0	0,0001*	0,0223*	0,0492*	0,0779	0,6465	0,7246	0,1963	0,2117		0,4097	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
sem	5SA	1,1	0,0000*	0,0019*	0,0057*	0,0110*	0,6719	0,2662	0,0411*	0,0470*	0,4097		0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
com	REF	1,0	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*		0,0091*	0,6032	0,0101*	0,5790	0,8838	0,0003*	0,5271	0,0046*	0,0017*
com	REF	1,1	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0091*		0,0024*	0,9696	0,0306*	0,0073*	0,2828	0,0016*	0,7440	0,5350
com	5MK	1,0	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,6032	0,0024*		0,0024*	0,3173	0,6807	0,0000*	0,8810	0,0009*	0,0003*
com	5MK	1,1	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0101*	0,9696	0,0024*		0,0362*	0,0077*	0,2845	0,0016*	0,7547	0,5407
com	10MK	1,0	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,5790	0,0306*	0,3173	0,0362*		0,5131	0,0018*	0,2690	0,0197	0,0088*
com	10MK	1,1	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,8838	0,0073*	0,6807	0,0077*	0,5131		0,0002*	0,6009	0,0033*	0,0012*
com	15MK	1,0	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0003*	0,2828	0,0000*	0,2845	0,0018*	0,0002*		0,0000*	0,4126	0,5937
com	15MK	1,1	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,5271	0,0016*	0,8810	0,0016*	0,2690	0,6009	0,0000*		0,0006*	0,0002*
com	5SA	1,0	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0046*	0,7440	0,0009*	0,7547	0,0197	0,0033*	0,4126	0,0006*		0,7314
com	5SA	1,1	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0017*	0,5350	0,0003*	0,5407	0,0088*	0,0012*	0,5937	0,0002*	0,7314	

I30 - Tf x Ag x Id

		Id	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	42	42	42	42	42	42	42	42	42				
		Ag	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA			
Id	Ag	Tf	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	
28	REF	17,5		0,000*	0,0075*	0,0180*	0,000*	0,000*	0,000*	0,0096*	0,0221*	0,000*	0,4026	0,000*	0,1249	0,0809	0,0182*	0,1785	0,1389	0,0822	0,7613				
28	REF	35,0	0,000*		0,0132*	0,0053*	0,6770	0,8965	0,3276	0,0107*	0,0037*	0,3465	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	
28	5MK	17,5	0,0075*	0,0132*		0,7037	0,0326*	0,0107*	0,0006*	0,8971	0,6179	0,0982	0,000*	0,0004*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,0033*		
28	5MK	35,0	0,0180*	0,0053*	0,7037		0,0157*	0,0039*	0,0001*	0,7802	0,8805	0,0586	0,000*	0,0016*	0,000*	0,0001*	0,000*	0,000*	0,0002*	0,0001*	0,000*	0,000*	0,0096*		
28	10MK	17,5	0,000*	0,6770	0,0326*	0,0157*		0,6104	0,1859	0,0282*	0,0117*	0,5554	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*		
28	10MK	35,0	0,000*	0,8965	0,0107*	0,0039*	0,6104		0,3598	0,0083*	0,0027*	0,3069	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*		
28	15MK	17,5	0,000*	0,3276	0,0006*	0,0001*	0,1859	0,3598		0,0004*	0,0001*	0,0667	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*		
28	15MK	35,0	0,0096*	0,0107*	0,8971	0,7802	0,0282*	0,0083*	0,0004*		0,6892	0,0918	0,000*	0,0006*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,0001*	0,000*	0,000*	0,0046*		
28	5SA	17,5	0,0221*	0,0037*	0,6179	0,8805	0,0117*	0,0027*	0,0001*	0,6892		0,0469	0,000*	0,0024*	0,000*	0,0001*	0,000*	0,000*	0,0003*	0,0002*	0,000*	0,000*	0,0129*		
28	5SA	35,0	0,000*	0,3465	0,0982	0,0586	0,5554	0,3069	0,0667	0,0918	0,0469		0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*		
42	REF	17,5	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*		0,0005*	0,6226	0,0089*	0,0172*	0,0779	0,0045*	0,0073*	0,0169*	0,000*			
42	REF	35,0	0,4026	0,000*	0,0004*	0,0016*	0,000*	0,000*	0,000*	0,0006*	0,0024*	0,000*	0,0005*		0,0001*	0,4468	0,0017*		0,4468	0,3347	0,1242	0,5609	0,4766	0,3410	0,5581
42	5MK	17,5	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,6226	0,0001*		0,0017*	0,0017*	0,0039*	0,0258*	0,0007*	0,0013*	0,0038*	0,000*		
42	5MK	35,0	0,1249	0,000*	0,000*	0,0001*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,0001*	0,000*	0,0089*	0,4468	0,0017*		0,7994	0,3992	0,8153	0,9369	0,8072	0,2006			
42	10MK	17,5	0,0809	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,0172*	0,3347	0,0039*	0,7994		0,5234	0,6521	0,7562	0,9854	0,1372			
42	10MK	35,0	0,0182*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,0779	0,1242	0,0258*	0,3992	0,5234		0,3049	0,3715	0,4877	0,0372			
42	15MK	17,5	0,1785	0,000*	0,000*	0,0002*	0,000*	0,000*	0,000*	0,0001*	0,0003*	0,000*	0,0045*	0,5609	0,0007*	0,8153	0,6521	0,3049		0,8637	0,6565	0,2728			
42	15MK	35,0	0,1389	0,000*	0,000*	0,0001*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,0002*	0,000*	0,0073*	0,4766	0,0013*	0,9369	0,7562	0,3715	0,8637		0,7600	0,2195			
42	5SA	17,5	0,0822	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,0169*	0,3410	0,0038*	0,8072	0,9854	0,4877	0,6565	0,7600		0,1399			
42	5SA	35,0	0,7613	0,000*	0,0033*	0,0096*	0,000*	0,000*	0,000*	0,0046*	0,0129*	0,000*	0,000*	0,5581	0,000*	0,2006	0,1372	0,0372*	0,2728	0,2195	0,1399				
49	REF	17,5	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,8862	0,0003*	0,7039	0,0060*	0,0122*	0,0602	0,0029*	0,0049*	0,0120*	0,000*			
49	REF	35,0	0,9624	0,000*	0,0076*	0,0168*	0,000*	0,000*	0,000*	0,0094*	0,0188*	0,000*	0,000*	0,3881	0,000*	0,1181	0,0760	0,0167*	0,1703	0,1319	0,0769	0,7392			
49	5MK	17,5	0,0003*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,4566	0,0081*	0,2427	0,0611	0,0971	0,2797	0,0377*	0,0532	0,0958	0,0010*			
49	5MK	35,0	0,0076*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,1366	0,0704	0,0526	0,2711	0,3699	0,7518	0,1970	0,2479	0,3604	0,0175*			
49	10MK	17,5	0,0816	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,0171*	0,3384	0,0039*	0,8055	0,9918	0,5117	0,6552	0,7593	0,9926	0,1387			
49	10MK	35,0	0,0075*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,1372	0,0696	0,0531	0,2695	0,3678	0,7464	0,1952	0,2460	0,3620	0,0172*			
49	15MK	17,5	0,0015*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,2881	0,0235*	0,1341	0,1266	0,1867	0,4537	0,0850	0,1133	0,1814	0,0042*			
49	15MK	35,0	0,0003*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,4573	0,0076*	0,2473	0,0582	0,0929	0,2707	0,0357*	0,0506	0,0921	0,0009*			
49	5SA	17,5	0,9664	0,000*	0,0074*	0,0186*	0,000*	0,000*	0,000*	0,0097*	0,0239*	0,000*	0,000*	0,4133	0,000*	0,1304	0,0850	0,0195*	0,1846	0,1444	0,0868	0,7763			
49	5SA	35,0	0,3747	0,000*	0,0003*	0,0013*	0,000*	0,000*	0,000*	0,0005*	0,0020*	0,000*	0,0007*	0,9394	0,0001*	0,4749	0,3585	0,1369	0,5841	0,5021	0,3681	0,5253			
56	REF	17,5	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,2411	0,000*	0,4323	0,0001*	0,0002*	0,0028*	0,000*	0,0001*	0,0002*	0,000*	0,000*		
56	REF	35,0	0,0005*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,3995	0,0118	0,2029	0,0790	0,1223	0,3319	0,0503	0,0695	0,1196	0,0017*			
56	5MK	17,5	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,8206	0,0002*	0,7584	0,0046*	0,0095*	0,0502	0,0022*	0,0037*	0,0094*	0,000*			
56	5MK	35,0	0,5615	0,000*	0,0012*	0,0041*	0,000*	0,000*	0,000*	0,0018*	0,0060*	0,000*	0,0002*	0,7547	0,000*	0,3098	0,2227	0,0718	0,4014	0,3334	0,2279	0,7495			
56	10MK	17,5	0,0014*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,2960	0,0222*	0,1392	0,1219	0,1805	0,4425	0,0813	0,1087	0,1768	0,0038*			
56	10MK	35,0	0,0005*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,4149	0,0106*	0,2139	0,0734	0,1144	0,3159	0,0462*	0,0643	0,1125	0,0015*			
56	15MK	17,5	0,0187*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,0762	0,1274	0,0252*	0,4084	0,5344	0,9984	0,3107	0,3787	0,5161	0,0383*			
56	15MK	35,0	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,8715	0,0010*	0,5359	0,0135*	0,0250*	0,1027	0,0071*	0,0112*	0,0245*	0,0001*			
56	5SA	17,5	0,5512	0,000*	0,0011*	0,0038*	0,000*	0,000*	0,000*	0,0016*	0,0054*	0,000*	0,0002*	0,7694	0,000*	0,3170	0,2283	0,0739	0,4139	0,3428	0,2316	0,7335			
56	5SA	35,0	0,0082*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,1317	0,0734	0,0500	0,2782	0,3786	0,7670	0,2036	0,2554	0,3636	0,0186*			

I30 - Tf x Ag x Id (continuação)

49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0
0,0000*	0,9624	0,0003*	0,0076*	0,0816	0,0075*	0,0015*	0,0003*	0,9664	0,3747	0,0000*	0,0005*	0,0000*	0,5615	0,0014*	0,0005*	0,0187*	0,0000*	0,5512	0,0082*
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,0000*	0,0076*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0074*	0,0003*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0012*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0011*	0,0000*
0,0000*	0,0168*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0186*	0,0013*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0041*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0038*	0,0000*
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,0000*	0,0094*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0097*	0,0005*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0018*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0016*	0,0000*
0,0000*	0,0188*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0239*	0,0020*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0060*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0054*	0,0000*
0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
0,8862	0,0000*	0,4566	0,1366	0,0171*	0,1372	0,2881	0,4573	0,0000*	0,0007*	0,2411	0,3995	0,8206	0,0002*	0,2960	0,4149	0,0762	0,8715	0,0002*	0,1317
0,0003*	0,3881	0,0081*	0,0704	0,3384	0,0696	0,0235*	0,0076*	0,4133	0,9394	0,0000*	0,0118*	0,0002*	0,7547	0,0222*	0,0106*	0,1274	0,0010*	0,7694	0,0734
0,7039	0,0000*	0,2427	0,0526	0,0039*	0,0531	0,1341	0,2473	0,0000*	0,0001*	0,4323	0,2029	0,7584	0,0000*	0,1392	0,2139	0,0252	0,5359	0,0000*	0,0500
0,0060*	0,1181	0,0611	0,2711	0,8055	0,2695	0,1266	0,0582	0,1304	0,4749	0,0001*	0,0790	0,0046*	0,3098	0,1219	0,0734	0,4084	0,0135*	0,3170	0,2782
0,0122*	0,0760	0,0971	0,3699	0,9918	0,3678	0,1867	0,0929	0,0850	0,3585	0,0002*	0,1223	0,0095*	0,2227	0,1805	0,1144	0,5344	0,0250*	0,2283	0,3786
0,0602	0,0167*	0,2797	0,7518	0,5117	0,7464	0,4537	0,2707	0,0195*	0,1369	0,0028*	0,3319	0,0502	0,0718	0,4425	0,3159	0,9984	0,1027	0,0739	0,7670
0,0029*	0,1703	0,0377*	0,1970	0,6552	0,1952	0,0850	0,0357*	0,1846	0,5841	0,0000*	0,0503	0,0022*	0,4014	0,0813	0,0462	0,3107	0,0071*	0,4139	0,2036
0,0049*	0,1319	0,0532	0,2479	0,7593	0,2460	0,1133	0,0506	0,1444	0,5021	0,0001*	0,0695	0,0037*	0,3334	0,1087	0,0643	0,3787	0,0112*	0,3428	0,2554
0,0120*	0,0769	0,0958	0,3604	0,9926	0,3620	0,1814	0,0921	0,0868	0,3681	0,0002*	0,1196	0,0094*	0,2279	0,1768	0,1125	0,5161	0,0245*	0,2316	0,3636
0,0000*	0,7392	0,0010*	0,0175*	0,1387	0,0172*	0,0042*	0,0009*	0,7763	0,5253	0,0000*	0,0017*	0,0000*	0,7495	0,0038*	0,0015*	0,0383	0,0001*	0,7335	0,0186*
	0,0000*	0,3958	0,1095	0,0121*	0,1102	0,2413	0,3997	0,0000*	0,0004*	0,2828	0,3417	0,9199	0,0001*	0,2488	0,3566	0,0589	0,7765	0,0001*	0,1052
0,0000*		0,0003*	0,0069*	0,0765	0,0067*	0,0013*	0,0002*	0,9338	0,3599	0,0000*	0,0005*	0,0000*	0,5429	0,0012*	0,0004*	0,0171*	0,0000*	0,5354	0,0074*
0,3958	0,0003*		0,4154	0,0966	0,4168	0,6992	0,9718	0,0004*	0,0098*	0,0642	0,8841	0,3586	0,0032*	0,7151	0,9165	0,2758	0,5321	0,0033*	0,4044
0,1095	0,0069*	0,4154		0,3665	0,9849	0,6242	0,4048	0,0083*	0,0793	0,0076*	0,4787	0,0936	0,0375*	0,6155	0,4607	0,7426	0,1733	0,0385*	0,9710
0,0121*	0,0765	0,0966	0,3665		0,3659	0,1847	0,0927	0,0859	0,3642	0,0002*	0,1213	0,0095*	0,2256	0,1791	0,1137	0,5283	0,0248*	0,2301	0,3731
0,1102	0,0067*	0,4168	0,9849	0,3659		0,6124	0,4075	0,0082*	0,0787	0,0077*	0,4762	0,0945	0,0371*	0,6124	0,4609	0,7404	0,1736	0,0379*	0,9590
0,2413	0,0013*	0,6992	0,6242	0,1847	0,6124		0,6832	0,0017*	0,0273*	0,0284*	0,7876	0,2129	0,0107*	0,9705	0,7609	0,4448	0,3485	0,0110*	0,6158
0,3997	0,0002*	0,9718	0,4048	0,0927	0,4075	0,6832		0,0003*	0,0091*	0,0653	0,8641	0,3645	0,0030*	0,7002	0,8962	0,2674	0,5258	0,0030*	0,3932
0,0000*	0,9338	0,0004*	0,0083*	0,0859	0,0082*	0,0017*	0,0003*		0,3863	0,0000*	0,0006*	0,0000*	0,5753	0,0015*	0,0005*	0,0202*	0,0000*	0,5602	0,0089*
0,0004*	0,3599	0,0098*	0,0793	0,3642	0,0787	0,0273*	0,0091*	0,3863		0,0000*	0,0141*	0,0003*	0,7174	0,0258*	0,0127*	0,1410	0,0012*	0,7274	0,0824
0,2828	0,0000*	0,0642	0,0076*	0,0002*	0,0077*	0,0284*	0,0653	0,0000*	0,0000*		0,0505	0,3061	0,0000*	0,0297*	0,0540	0,0027*	0,1967	0,0000*	0,0071*
0,3417	0,0005*	0,8841	0,4787	0,1213	0,4762	0,7876	0,8641	0,0006*	0,0141*	0,0505		0,3062	0,0049*	0,8007	0,9587	0,3261	0,4724	0,0051*	0,4688
0,9199	0,0000*	0,3586	0,0936	0,0095*	0,0945	0,2129	0,3645	0,0000*	0,0003*	0,3061	0,3062		0,0001*	0,2202	0,3209	0,0491*	0,7177	0,0001*	0,0897
0,0001*	0,5429	0,0032*	0,0375*	0,2256	0,0371*	0,0107*	0,0030*	0,5753	0,7174	0,0000*	0,0049*	0,0001*		0,0100*	0,0043*	0,0739	0,0003*	0,9981	0,0394*
0,2488	0,0012*	0,7151	0,6155	0,1791	0,6124	0,9705	0,7002	0,0015*	0,0258*	0,0297*	0,8007	0,2202	0,0100*		0,7769	0,4357	0,3568	0,0103*	0,6035
0,3566	0,0004*	0,9165	0,4607	0,1137	0,4609	0,7609	0,8962	0,0005*	0,0127*	0,0540	0,9587	0,3209	0,0043*	0,7769		0,3112	0,4882	0,0045*	0,4496
0,0589	0,0171*	0,2758	0,7426	0,5283	0,7404	0,4448	0,2674	0,0202*	0,1410	0,0027*	0,3261	0,0491*	0,0739	0,4357	0,3112		0,1005	0,0758	0,7518
0,7765	0,0000*	0,5321	0,1733	0,0248*	0,1736	0,3485	0,5258	0,0000*	0,0012*	0,1967	0,4724	0,7177	0,0003*	0,3568	0,4882	0,1005		0,0003*	0,1677
0,0001*	0,5354	0,0033*	0,0385*	0,2301	0,0379*	0,0110*	0,0030*	0,5602	0,7274	0,0000*	0,0051*	0,0001*	0,9981	0,0103*	0,0045*	0,0758	0,0003*		0,0405*
0,1052	0,0074*	0,4044	0,9710	0,3731	0,9590	0,6158	0,3932	0,0089*	0,0824	0,0071*	0,4688	0,0897	0,0394*	0,6035	0,4496	0,7518	0,1677	0,0405*	

MEF - Id

Id	28	42	49	56
28		0,3000	0,1543	0,0019*
42	0,3000		0,6336	0,0324*
49	0,1543	0,6336		0,0770
56	0,0019*	0,0324*	0,0770	

MEF - Ag

Ag	REF	5MK	10MK	15MK	5SA
REF		0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0655
5MK	0,0000*		0,3437	0,5525	0,0000*
10MK	0,0000*	0,3437		0,6760	0,0000*
15MK	0,0000*	0,5525	0,6760		0,0000*
5SA	0,0655	0,0000*	0,0000*	0,0000*	

MEF - Ag x Id

	Id	28	28	28	28	28	42	42	42	42	49	49	49	49	49	56	56	56	56	56	
Id	Ag	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA	REF	5MK	10MK	15MK	5SA
28	REF		0,0946	0,1119	0,1758	0,0046*	0,9849	0,1024	0,0189*	0,1248	0,1039	0,2047	0,2608	0,0890	0,0013*	0,5877	0,3445	0,0192*	0,0023*	0,0558	0,6177
28	5MK	0,0946		0,9066	0,7074	0,0000*	0,0951	0,9527	0,4840	0,8532	0,0009*	0,0043*	0,5427	0,9626	0,1491	0,2361	0,4290	0,4928	0,1905	0,7808	0,2178
28	10MK	0,1119	0,9066		0,7748	0,0000*	0,1116	0,9468	0,4392	0,9350	0,0013*	0,0056*	0,5979	0,8775	0,1291	0,2671	0,4770	0,4434	0,1676	0,7129	0,2487
28	15MK	0,1758	0,7074	0,7748		0,0000*	0,1739	0,7387	0,3128	0,8215	0,0032*	0,0119*	0,7771	0,6840	0,0783	0,3760	0,6341	0,3154	0,1055	0,5408	0,3558
28	5SA	0,0046*	0,0000*	0,0000*	0,0000*		0,0051*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,1953	0,0985	0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0009*	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0010*
42	REF	0,9849	0,0951	0,1116	0,1739	0,0051*		0,1026	0,0191*	0,1238	0,1132	0,2270	0,2577	0,0898	0,0013*	0,5835	0,3392	0,0195*	0,0023*	0,0563	0,6055
42	5MK	0,1024	0,9527	0,9468	0,7387	0,0000*	0,1026		0,4643	0,8902	0,0011*	0,0048*	0,5685	0,9213	0,1400	0,2505	0,4513	0,4703	0,1803	0,7494	0,2320
42	10MK	0,0189*	0,4840	0,4392	0,3128	0,0000*	0,0191*	0,4643		0,4066	0,0000*	0,0003*	0,2155	0,4926	0,4140	0,0675	0,1551	0,9944	0,4920	0,6289	0,0603
42	15MK	0,1248	0,8532	0,9350	0,8215	0,0000*	0,1238	0,8902	0,4066		0,0016*	0,0067*	0,6353	0,8257	0,1154	0,2888	0,5101	0,4097	0,1512	0,6676	0,2709
42	5SA	0,1039	0,0009*	0,0013*	0,0032*	0,1953	0,1132	0,0011*	0,0000*	0,0016*		0,6501	0,0073*	0,0008*	0,0000*	0,0395*	0,0128*	0,0000*	0,0000*	0,0003*	0,0424*
49	REF	0,2047	0,0043*	0,0056*	0,0119*	0,0985	0,2270	0,0048*	0,0003*	0,0067*	0,6501		0,0234*	0,0039*	0,0000*	0,0955	0,0375*	0,0003*	0,0000*	0,0018*	0,1002
49	5MK	0,2608	0,5427	0,5979	0,7771	0,0001*	0,2577	0,5685	0,2155	0,6353	0,0073*	0,0234*		0,5235	0,0452*	0,5115	0,8200	0,2178	0,0632	0,4009	0,4879
49	10MK	0,0890	0,9626	0,8775	0,6840	0,0000*	0,0898	0,9213	0,4926	0,8257	0,0008*	0,0039*	0,5235		0,1543	0,2258	0,4125	0,5067	0,1955	0,8011	0,2075
49	15MK	0,0013*	0,1491	0,1291	0,0783	0,0000*	0,0013*	0,1400	0,4140	0,1154	0,0000*	0,0000*	0,0452*	0,1543		0,0082*	0,0278*	0,3979	0,8609	0,2206	0,0069*
49	5SA	0,5877	0,2361	0,2671	0,3760	0,0009*	0,5835	0,2505	0,0675	0,2888	0,0395*	0,0955	0,5115	0,2258	0,0082*		0,6341	0,0687	0,0129*	0,1570	0,9429
56	REF	0,3445	0,4290	0,4770	0,6341	0,0002*	0,3392	0,4513	0,1551	0,5101	0,0128*	0,0375*	0,8200	0,4125	0,0278*	0,6341		0,1568	0,0403*	0,3072	0,6098
56	5MK	0,0192*	0,4928	0,4434	0,3154	0,0000*	0,0195*	0,4703	0,9944	0,4097	0,0000*	0,0003*	0,2178	0,5067	0,3979	0,0687	0,1568		0,4660	0,6477	0,0611
56	10MK	0,0023*	0,1905	0,1676	0,1055	0,0000*	0,0023*	0,1803	0,4920	0,1512	0,0000*	0,0000*	0,0632	0,1955	0,8609	0,0129*	0,0403*	0,4660		0,2722	0,0110*
56	15MK	0,0558	0,7808	0,7129	0,5408	0,0000*	0,0563	0,7494	0,6289	0,6676	0,0003*	0,0018*	0,4009	0,8011	0,2206	0,1570	0,3072	0,6477	0,2722		0,1429
56	5SA	0,6177	0,2178	0,2487	0,3558	0,0010*	0,6055	0,2320	0,0603	0,2709	0,0424*	0,1002	0,4879	0,2075	0,0069*	0,9429	0,6098	0,0611	0,0110*	0,1429	

MEF - Ac x Id

	Id	28	28	42	42	49	49	56	56
Id	Ac	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1
28	1,0		0,0002*	0,1376	0,0002*	0,0173	0,0005*	0,0822	0,0000*
28	1,1	0,0002*		0,0227*	0,9395	0,1806	0,7481	0,0479*	0,0068*
42	1,0	0,1376	0,0227*		0,0247*	0,3136	0,0418*	0,7248	0,0000*
42	1,1	0,0002*	0,9395	0,0247*		0,1869	0,7879	0,0506	0,0075*
49	1,0	0,0173*	0,1806	0,3136	0,1869		0,2565	0,4689	0,0001*
49	1,1	0,0005*	0,7481	0,0418*	0,7879	0,2565		0,0785	0,0041*
56	1,0	0,0822	0,0479*	0,7248	0,0506	0,4689	0,0785		0,0000*
56	1,1	0,0000*	0,0068*	0,0000*	0,0075*	0,0001*	0,0041*	0,0000*	

MEF - Ac x Ag

	Ag	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
Ag	Ac	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1
REF	1,0		0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0216*	0,0000*	0,9083	0,0002*
REF	1,1	0,0000*		0,3892	0,2705	0,3741	0,9044	0,0002*	0,0000*	0,0000*	0,0156*
5MK	1,0	0,0000*	0,3892		0,0653	0,9923	0,4326	0,0000*	0,0005*	0,0000*	0,0013*
5MK	1,1	0,0000*	0,2705	0,0653		0,0598	0,2518	0,0059*	0,0000*	0,0000*	0,1543
10MK	1,0	0,0000*	0,3741	0,9923	0,0598		0,4063	0,0000*	0,0007*	0,0000*	0,0012*
10MK	1,1	0,0000*	0,9044	0,4326	0,2518	0,4063		0,0001*	0,0000*	0,0000*	0,0137*
15MK	1,0	0,0216*	0,0002*	0,0000*	0,0059*	0,0000*	0,0001*		0,0000*	0,0221*	0,1507
15MK	1,1	0,0000*	0,0000*	0,0005*	0,0000*	0,0007*	0,0000*	0,0000*		0,0000*	0,0000*
5SA	1,0	0,9083	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0221*	0,0000*		0,0003*
5SA	1,1	0,0002*	0,0156*	0,0013*	0,1543	0,0012*	0,0137*	0,1507	0,0000*	0,0003*	

MEF - Tf x Ag

	Ag	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
Ag	Tf	17,5	35	17,5	35	17,5	35	17,5	35	17,5	35
REF	17,5		0,1553	0,0428*	0,0552	0,0006*	0,0448*	0,0000*	0,6310	0,3794	0,0019*
REF	35,0	0,1553		0,0006*	0,0010*	0,0000*	0,0006*	0,0000*	0,0685	0,5285	0,0752
5MK	17,5	0,0428*	0,0006*		0,8567	0,1537	0,9744	0,0206*	0,1041	0,0044*	0,0000*
5MK	35,0	0,0552	0,0010*	0,8567		0,1231	0,8431	0,0147*	0,1236	0,0066*	0,0000*
10MK	17,5	0,0006*	0,0000*	0,1537	0,1231		0,1380	0,3267	0,0027*	0,0000*	0,0000*
10MK	35,0	0,0448*	0,0006*	0,9744	0,8431	0,1380		0,0185	0,1106	0,0046*	0,0000*
15MK	17,5	0,0000*	0,0000*	0,0206*	0,0147*	0,3267	0,0185		0,0001*	0,0000*	0,0000*
15MK	35,0	0,6310	0,0685	0,1041	0,1236	0,0027*	0,1106	0,0001*		0,2016	0,0004*
5SA	17,5	0,3794	0,5285	0,0044*	0,0066*	0,0000*	0,0046*	0,0000*	0,2016		0,0214*
5SA	35,0	0,0019*	0,0752	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0004*	0,0214*	

MEF - Tf x Ac

	Ac	1,0	1,1	1,0	1,1
Ac	Tf	17,5	35,0	17,5	35,0
1,0	17,5		0,5245	0,0000*	0,0337*
1,1	35,0	0,5245		0,0000*	0,1111
1,0	17,5	0,0000*	0,0000*		0,0000*
1,1	35,0	0,0337*	0,1111	0,0000*	

MEF - Tfx Id x Ag

		Id	28	28	28	28	28	28	28	28	28	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	
		Ag	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
Id	Ag	Tf	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
28	REF	17,5		0,0396*	0,8489	0,9425	0,9418	0,9929	0,2689	0,1779	0,1277	0,0000*	0,4213	0,1769	0,3271	0,4660	0,8329	0,4940	0,3268	0,2528	0,0039	0,1769
28	REF	35,0	0,0396*		0,0258*	0,0447*	0,0453*	0,0397*	0,0009*	0,4641	0,5538	0,0335*	0,2026	0,4563	0,0016*	0,1774	0,0244*	0,0052*	0,0016*	0,3520	0,3758	0,4624
28	5MK	17,5	0,8489	0,0258*		0,8089	0,8064	0,8490	0,3421	0,1322	0,0921	0,0000*	0,3375	0,1313	0,4093	0,3768	0,9745	0,5977	0,4092	0,1940	0,0021	0,1313
28	5MK	35,0	0,9425	0,0447*	0,8089		0,9980	0,9465	0,2474	0,1926	0,1406	0,0000*	0,4472	0,1928	0,3029	0,4926	0,7914	0,4612	0,3021	0,2696	0,0045	0,1923
28	10MK	17,5	0,9418	0,0453*	0,8064	0,9980		0,9446	0,2464	0,1948	0,1418	0,0000*	0,4511	0,1945	0,3016	0,4972	0,7896	0,4602	0,3010	0,2733	0,0046	0,1941
28	10MK	35,0	0,9929	0,0397*	0,8490	0,9465	0,9446		0,2680	0,1780	0,1282	0,0000*	0,4217	0,1774	0,3262	0,4662	0,8317	0,4922	0,3257	0,2524	0,0038	0,1772
28	15MK	17,5	0,2689	0,0009*	0,3421	0,2474	0,2464	0,2680		0,0129*	0,0070*	0,0000*	0,0591	0,0126*	0,8758	0,0707	0,3524	0,6296	0,8725	0,0242*	0,0000*	0,0127*
28	15MK	35,0	0,1779	0,4641	0,1322	0,1926	0,1948	0,1780	0,0129*		0,8355	0,0054*	0,5478	0,9863	0,0191*	0,5007	0,1270	0,0440*	0,0191*	0,8089	0,1382	0,9909
28	5SA	17,5	0,1277	0,5538	0,0921	0,1406	0,1418	0,1282	0,0070*	0,8355		0,0079*	0,4463	0,8366	0,0109*	0,4030	0,0880	0,0273*	0,0109*	0,6742	0,1685	0,8386
28	5SA	35,0	0,0000*	0,0335*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0054*	0,0079*		0,0006*	0,0049*	0,0000*	0,0005*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0027*	0,1824	0,0052*
42	REF	17,5	0,4213	0,2026	0,3375	0,4472	0,4511	0,4217	0,0591	0,5478	0,4463	0,0006*		0,5528	0,0794	0,9207	0,3273	0,1475	0,0792	0,6738	0,0412*	0,5500
42	REF	35,0	0,1769	0,4563	0,1313	0,1928	0,1945	0,1774	0,0126*	0,9863	0,8366	0,0049*	0,5528		0,0188*	0,5039	0,1259	0,0433*	0,0187*	0,8062	0,1308	0,9944
42	5MK	17,5	0,3271	0,0016*	0,4093	0,3029	0,3016	0,3262	0,8758	0,0191*	0,0109*	0,0000*	0,0794	0,0188*		0,0940	0,4204	0,7097	0,9941	0,0345*	0,0000*	0,0189*
42	5MK	35,0	0,4660	0,1774	0,3768	0,4926	0,4972	0,4662	0,0707	0,5007	0,4030	0,0005*	0,9207	0,5039	0,0940		0,3659	0,1703	0,0937	0,6275	0,0340*	0,5018
42	10MK	17,5	0,8329	0,0244*	0,9745	0,7914	0,7896	0,8317	0,3524	0,1270	0,0880	0,0000*	0,3273	0,1259	0,4204	0,3659		0,6125	0,4207	0,1873	0,0019*	0,1260
42	10MK	35,0	0,4940	0,0052*	0,5977	0,4612	0,4602	0,4922	0,6296	0,0440*	0,0273*	0,0000*	0,1475	0,0433*	0,7097	0,1703	0,6125		0,7236	0,0726	0,0002*	0,0434*
42	15MK	17,5	0,3268	0,0016*	0,4092	0,3021	0,3010	0,3257	0,8725	0,0191*	0,0109*	0,0000*	0,0792	0,0187*	0,9941	0,0937	0,4207	0,7236		0,0344*	0,0000*	0,0188*
42	15MK	35,0	0,2528	0,3520	0,1940	0,2696	0,2733	0,2524	0,0242*	0,8089	0,6742	0,0027*	0,6738	0,8062	0,0345*	0,6275	0,1873	0,0726		0,0344*	0,0938	0,8067
42	5SA	17,5	0,0039*	0,3758	0,0021*	0,0045*	0,0046*	0,0038*	0,0000*	0,1382	0,1685	0,1824	0,0412*	0,1308	0,0000*	0,0340*	0,0019*	0,0002*	0,0000*		0,0938	0,1356
42	5SA	35,0	0,1769	0,4624	0,1313	0,1923	0,1941	0,1772	0,0127*	0,9909	0,8386	0,0052*	0,5500	0,9944	0,0189*	0,5018	0,1260	0,0434*	0,0188*	0,8067	0,1356	
49	REF	17,5	0,4829	0,1691	0,3919	0,5079	0,5137	0,4825	0,0756	0,4857	0,3879	0,0004*	0,8955	0,4870	0,1000	0,9668	0,3810	0,1797	0,0998	0,6157	0,0319*	0,4857
49	REF	35,0	0,0026*	0,3443	0,0014*	0,0031*	0,0032*	0,0026*	0,0000*	0,1150	0,1460	0,1960	0,0321*	0,1098	0,0000*	0,0262*	0,0013*	0,0001*	0,0000*	0,0761	0,9004	0,1132
49	5MK	17,5	0,2417	0,3656	0,1846	0,2591	0,2622	0,2417	0,0222*	0,8308	0,6956	0,0030*	0,6664	0,8301	0,0319*	0,6156	0,1780	0,0679	0,0318*	0,9667	0,0983	0,8299
49	5MK	35,0	0,7053	0,0150*	0,8295	0,6681	0,6661	0,7045	0,4405	0,0908	0,0608	0,0000*	0,2546	0,0899	0,5174	0,2875	0,8453	0,7310	0,5182	0,1387	0,0009*	0,0900
49	10MK	17,5	0,6741	0,0131*	0,7948	0,6349	0,6340	0,6718	0,4603	0,0827	0,0547	0,0000*	0,2367	0,0816	0,5352	0,2682	0,8124	0,7605	0,5398	0,1278	0,0008*	0,0818
49	10MK	35,0	0,8967	0,0499*	0,7686	0,9462	0,9467	0,9005	0,2274	0,2071	0,1535	0,0000*	0,4708	0,2086	0,2801	0,5159	0,7513	0,4309	0,2792	0,2850	0,0053*	0,2074
49	15MK	17,5	0,0823	0,0000*	0,1146	0,0742	0,0735	0,0824	0,4461	0,0012*	0,0005*	0,0000*	0,0101*	0,0012*	0,4045	0,0130*	0,1189	0,2537	0,3885	0,0029*	0,0000*	0,0012*
49	15MK	35,0	0,6818	0,0135*	0,8034	0,6431	0,6418	0,6798	0,4571	0,0846	0,0561	0,0000*	0,2410	0,0835	0,5336	0,2728	0,8206	0,7551	0,5364	0,1304	0,0008*	0,0837
49	5SA	17,5	0,9684	0,0369*	0,8689	0,9169	0,9162	0,9639	0,2807	0,1695	0,1209	0,0000*	0,4062	0,1683	0,3402	0,4500	0,8545	0,5114	0,3402	0,2424	0,0035*	0,1684
49	5SA	35,0	0,1163	0,5674	0,0832	0,1285	0,1295	0,1168	0,0060*	0,7976	0,9497	0,0083*	0,4201	0,7997	0,0093*	0,3783	0,0794	0,0239*	0,0093*	0,6404	0,1703	0,8008
56	REF	17,5	0,1560	0,4925	0,1145	0,1708	0,1722	0,1565	0,0101*	0,9236	0,8947	0,0059*	0,5094	0,9289	0,0153*	0,4626	0,1096	0,0362*	0,0152*	0,7523	0,1442	0,9286
56	REF	35,0	0,7207	0,0161*	0,8464	0,6848	0,6822	0,7208	0,4282	0,0952	0,0642	0,0000*	0,2638	0,0943	0,5044	0,2975	0,8602	0,7139	0,5045	0,1446	0,0010*	0,0944
56	5MK	17,5	0,6858	0,0138*	0,8080	0,6481	0,6464	0,6844	0,4555	0,0856	0,0570	0,0000*	0,2435	0,0847	0,5332	0,2755	0,8245	0,7517	0,5347	0,1317	0,0008*	0,0849
56	5MK	35,0	0,5708	0,0080*	0,6823	0,5356	0,5344	0,5690	0,5540	0,0589	0,0377*	0,0000*	0,1838	0,0581	0,6369	0,2104	0,6979	0,8842	0,6421	0,0943	0,0004*	0,0583
56	10MK	17,5	0,0281*	0,0000*	0,0425*	0,0249*	0,0245*	0,0282*	0,2280	0,0002*	0,0001*	0,0000*	0,0021*	0,0002*	0,2016	0,0028*	0,0444*	0,1126	0,1914	0,0004*	0,0000*	0,0002*
56	10MK	35,0	0,9404	0,0443*	0,8085	0,9956	0,9940	0,9449	0,2472	0,1909	0,1399	0,0000*	0,4438	0,1918	0,3028	0,4882	0,7907	0,4606	0,3019	0,2662	0,0045*	0,1910
56	15MK	17,5	0,4962	0,0053*	0,6001	0,4640	0,4628	0,4947	0,6332	0,0444*	0,0276*	0,0000*	0,1487	0,0437*	0,7215	0,1716	0,6145	0,9918	0,7279	0,0732	0,0002*	0,0439*
56	15MK	35,0	0,7665	0,0735	0,6480	0,8059	0,8098	0,7684	0,1715	0,2712	0,2060	0,0001*	0,5762	0,2731	0,2151	0,6267	0,6325	0,3445	0,2144	0,3630	0,0093*	0,2716
56	5SA	17,5	0,7479	0,0769	0,6310	0,7882	0,7911	0,7502	0,1640	0,2787	0,2136	0,0001*	0,5860	0,2819	0,2064	0,6345	0,6155	0,3323	0,2056	0,3687	0,0099*	0,2799
56	5SA	35,0	0,1933	0,4378	0,1448	0,2084	0,2109	0,1933	0,0150*	0,9488	0,7968	0,0047*	0,5746	0,9413	0,0220*	0,5274	0,1393	0,0496*	0,0220*	0,8471	0,1280	0,9439

MEF - Tf x Id x Ag (continuação)

49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
0,4829	0,0026	0,2417	0,7053	0,6741	0,8967	0,0823	0,6818	0,9684	0,1163	0,1560	0,7207	0,6858	0,5708	0,0281	0,9404	0,4962	0,7665	0,7479	0,1933
0,1691	0,3443	0,3656	0,0150*	0,0131*	0,0499*	0,0000*	0,0135*	0,0369*	0,5674	0,4925	0,0161*	0,0138*	0,0080*	0,0000*	0,0443*	0,0053*	0,0735	0,0769	0,4378
0,3919	0,0014	0,1846	0,8295	0,7948	0,7686	0,1146	0,8034	0,8689	0,0832	0,1145	0,8464	0,8080	0,6823	0,0425	0,8085	0,6001	0,6480	0,6310	0,1448
0,5079	0,0031	0,2591	0,6681	0,6349	0,9462	0,0742	0,6431	0,9169	0,1285	0,1708	0,6848	0,6481	0,5356	0,0249	0,9956	0,4640	0,8059	0,7882	0,2084
0,5137	0,0032	0,2622	0,6661	0,6340	0,9467	0,0735	0,6418	0,9162	0,1295	0,1722	0,6822	0,6464	0,5344	0,0245	0,9940	0,4628	0,8098	0,7911	0,2109
0,4825	0,0026	0,2417	0,7045	0,6718	0,9005	0,0824	0,6798	0,9639	0,1168	0,1565	0,7208	0,6844	0,5690	0,0282	0,9449	0,4947	0,7684	0,7502	0,1933
0,0756	0,0000*	0,0222*	0,4405	0,4603	0,2274	0,4461	0,4571	0,2807	0,0060*	0,0101*	0,4282	0,4555	0,5540	0,2280	0,2472	0,6332	0,1715	0,1640	0,0150*
0,4857	0,1150	0,8308	0,0908	0,0827	0,2071	0,0012*	0,0846	0,1695	0,7976	0,9236	0,0952	0,0856	0,0589	0,0002*	0,1909	0,0444*	0,2712	0,2787	0,9488
0,3879	0,1460	0,6956	0,0608	0,0547	0,1535	0,0005*	0,0561	0,1209	0,9497	0,8947	0,0642	0,0570	0,0377*	0,0001*	0,1399	0,0276	0,2060	0,2136	0,7968
0,0004*	0,1960	0,0030*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0083*	0,0059*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0001*	0,0047*
0,8955	0,0321*	0,6664	0,2546	0,2367	0,4708	0,0101*	0,2410	0,4062	0,4201	0,5094	0,2638	0,2435	0,1838	0,0021*	0,4438	0,1487	0,5762	0,5860	0,5746
0,4870	0,1098	0,8301	0,0899	0,0816	0,2086	0,0012*	0,0835	0,1683	0,7997	0,9289	0,0943	0,0847	0,0581	0,0002*	0,1918	0,0437*	0,2731	0,2819	0,9413
0,1000	0,0000*	0,0319*	0,5174	0,5352	0,2801	0,4045	0,5336	0,3402	0,0093*	0,0153*	0,5044	0,5332	0,6369	0,2016	0,3028	0,7215	0,2151	0,2064	0,0220*
0,9668	0,0262*	0,6156	0,2875	0,2682	0,5159	0,0130*	0,2728	0,4500	0,3783	0,4626	0,2975	0,2755	0,2104	0,0028*	0,4882	0,1716	0,6267	0,6345	0,5274
0,3810	0,0013*	0,1780	0,8453	0,8124	0,7513	0,1189	0,8206	0,8545	0,0794	0,1096	0,8602	0,8245	0,6979	0,0444*	0,7907	0,6145	0,6325	0,6155	0,1393
0,1797	0,0001*	0,0679	0,7310	0,7605	0,4309	0,2537	0,7551	0,5114	0,0239*	0,0362*	0,7139	0,7517	0,8842	0,1126	0,4606	0,9918	0,3445	0,3323	0,0496*
0,0998	0,0000*	0,0318*	0,5182	0,5398	0,2792	0,3885	0,5364	0,3402	0,0093*	0,0152*	0,5045	0,5347	0,6421	0,1914	0,3019	0,7279	0,2144	0,2056	0,0220*
0,6157	0,0761	0,9667	0,1387	0,1278	0,2850	0,0029*	0,1304	0,2424	0,6404	0,7523	0,1446	0,1317	0,0943	0,0004*	0,2662	0,0732	0,3630	0,3687	0,8471
0,0319*	0,9004	0,0983	0,0009*	0,0008*	0,0053*	0,0000*	0,0008*	0,0035*	0,1703	0,1442	0,0010*	0,0008*	0,0004*	0,0000*	0,0045*	0,0002*	0,0093*	0,0099*	0,1280
0,4857	0,1132	0,8299	0,0900	0,0818	0,2074	0,0012*	0,0837	0,1684	0,8008	0,9286	0,0944	0,0849	0,0583	0,0002*	0,1910	0,0439*	0,2716	0,2799	0,9439
	0,0244*	0,6005	0,3006	0,2811	0,5276	0,0142*	0,2857	0,4669	0,3635	0,4463	0,3107	0,2884	0,2212	0,0031*	0,5016	0,1810	0,6391	0,6394	0,5131
0,0244*		0,0801	0,0006*	0,0005*	0,0037*	0,0000*	0,0005*	0,0024*	0,1512	0,1226	0,0007*	0,0005*	0,0002*	0,0000*	0,0031*	0,0001*	0,0067*	0,0072*	0,1058
0,6005	0,0801		0,1312	0,1205	0,2756	0,0026*	0,1230	0,2314	0,6614	0,7752	0,1369	0,1244	0,0886	0,0004*	0,2565	0,0684	0,3523	0,3598	0,8686
0,3006	0,0006*	0,1312		0,9497	0,6316	0,1615	0,9610	0,7247	0,0544	0,0773	0,9733	0,9687	0,8245	0,0649	0,6678	0,7332	0,5229	0,5076	0,1005
0,2811	0,0005*	0,1205	0,9497		0,5985	0,1677	0,9854	0,6947	0,0487	0,0699	0,9281	0,9765	0,8529	0,0674	0,6339	0,7575	0,4938	0,4785	0,0918
0,5276	0,0037*	0,2756	0,6316	0,5985		0,0665	0,6066	0,8724	0,1408	0,1855	0,6482	0,6119	0,5027	0,0218	0,9466	0,4338	0,8389	0,8248	0,2229
0,0142*	0,0000*	0,0026*	0,1615	0,1677	0,0665		0,1676	0,0870	0,0004*	0,0009*	0,1561	0,1682	0,2169	0,6015	0,0745	0,2601	0,0448*	0,0422*	0,0015*
0,2857	0,0005*	0,1230	0,9610	0,9854	0,6066	0,1676		0,7021	0,0500	0,0716	0,9390	0,9894	0,8495	0,0676	0,6422	0,7550	0,5009	0,4856	0,0938
0,4669	0,0024*	0,2314	0,7247	0,6947	0,8724	0,0870	0,7021		0,1099	0,1481	0,7392	0,7056	0,5894	0,0301	0,9150	0,5134	0,7447	0,7262	0,1845
0,3635	0,1512	0,6614	0,0544	0,0487	0,1408	0,0004*	0,0500	0,1099		0,8557	0,0574	0,0508	0,0333*	0,0000*	0,1280	0,0241*	0,1903	0,1977	0,7598
0,4463	0,1226	0,7752	0,0773	0,0699	0,1855	0,0009*	0,0716	0,1481	0,8557		0,0813	0,0727	0,0492*	0,0001*	0,1700	0,0366*	0,2452	0,2536	0,8818
0,3107	0,0007*	0,1369	0,9733	0,9281	0,6482	0,1561	0,9390	0,7392	0,0574	0,0813		0,9461	0,8062	0,0624	0,6848	0,7165	0,5377	0,5223	0,1051
0,2884	0,0005*	0,1244	0,9687	0,9765	0,6119	0,1682	0,9894	0,7056	0,0508	0,0727	0,9461		0,8466	0,0681	0,6475	0,7532	0,5053	0,4901	0,0949
0,2212	0,0002*	0,0886	0,8245	0,8529	0,5027	0,2169	0,8495	0,5894	0,0333*	0,0492*	0,8062	0,8466		0,0929	0,5350	0,8838	0,4077	0,3942	0,0660
0,0031*	0,0000*	0,0004*	0,0649	0,0674	0,0218	0,6015	0,0676	0,0301	0,0000*	0,0001*	0,0624	0,0681	0,0929		0,0251*	0,1164	0,0132	0,0123*	0,0002*
0,5016	0,0031*	0,2565	0,6678	0,6339	0,9466	0,0745	0,6422	0,9150	0,1280	0,1700	0,6848	0,6475	0,5350	0,0251*		0,4636	0,8014	0,7858	0,2062
0,1810	0,0001*	0,0684	0,7332	0,7575	0,4338	0,2601	0,7550	0,5134	0,0241*	0,0366*	0,7165	0,7532	0,8838	0,1164	0,4636		0,3469	0,3348	0,0500
0,6391	0,0067*	0,3523	0,5229	0,4938	0,8389	0,0448*	0,5009	0,7447	0,1903	0,2452	0,5377	0,5053	0,4077	0,0132	0,8014	0,3469		0,9724	0,2901
0,6394	0,0072*	0,3598	0,5076	0,4785	0,8248	0,0422*	0,4856	0,7262	0,1977	0,2536	0,5223	0,4901	0,3942	0,0123*	0,7858	0,3348	0,9724		0,2971
0,5131	0,1058	0,8686	0,1005	0,0918	0,2229	0,0015*	0,0938	0,1845	0,7598	0,8818	0,1051	0,0949	0,0660	0,0002*	0,2062	0,0500	0,2901	0,2971	

MEF - Tf x Ag x Ac

		Ag	REF	REF	REF	REF	5MK	5MK	5MK	5MK	10MK	10MK	10MK	10MK	15MK	15MK	15MK	15MK	5SA	5SA	5SA	8	
		Ac	1	1	1,1	1,1	1	1	1,1	1,1	1	1	1,1	1,1	1	1	1,1	1,1	1	1	1,1	1,1	
Ag	Ac	Tf	curta	longa	curta	longa	curta	longa	curta	longa	curta	longa	curta	longa	curta	longa	curta	longa	curta	longa	curta	longa	
REF	1	curta		0,0450*	0,0000*	0,0008*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0001*	0,0002*	0,1064	0,0000*	0,0000*	0,0518	0,7043	0,0000*	0,0059*	
REF	1	longa	0,0450*		0,0000*	0,1806	0,0002*	0,0002*	0,0193*	0,0219*	0,0081*	0,0000*	0,0000*	0,0660	0,0985	0,6269	0,0000*	0,0000*	0,9089	0,0911	0,0282*	0,4211	
REF	1,1	curta	0,0000*	0,0000*		0,0002*	0,1806	0,1835	0,0098*	0,0086*	0,0223*	0,4355	0,7768	0,0017*	0,0008*	0,0000*	0,0045*	0,4159	0,0000*	0,0000*	0,0062*	0,0000*	
REF	1,1	longa	0,0008*	0,1806	0,0002*		0,0217*	0,0203*	0,2803	0,3014	0,1748	0,0031*	0,0001*	0,5546	0,6974	0,0831	0,0000*	0,0038*	0,1635	0,0027*	0,3481	0,5359	
5MK	1	curta	0,0000*	0,0002*	0,1806	0,0217*		0,9600	0,1950	0,1877	0,2977	0,5078	0,1170	0,0795	0,0509	0,0000*	0,0000*	0,5446	0,0002*	0,0000*	0,1597	0,0039*	
5MK	1	longa	0,0000*	0,0002*	0,1835	0,0203*	0,9600		0,1964	0,1846	0,3067	0,5195	0,1203	0,0765	0,0484*	0,0000*	0,0000*	0,5489	0,0001*	0,0000*	0,1550	0,0036*	
5MK	1,1	curta	0,0000*	0,0193*	0,0098*	0,2803	0,1950	0,1964		0,9380	0,7357	0,0628	0,9380	0,0046*	0,5759	0,4487	0,0050*	0,0000*	0,0701	0,0153*	0,0000*	0,8416	0,1075
5MK	1,1	longa	0,0000*	0,0219*	0,0086*	0,3014	0,1877	0,1846	0,9380		0,6989	0,0570	0,6989	0,0039*	0,6092	0,4778	0,0059*	0,0000*	0,0646	0,0175*	0,0000*	0,8911	0,1176
10MK	1	curta	0,0000*	0,0081*	0,0223*	0,1748	0,2977	0,3067	0,7357	0,6989		0,1141	0,0115*	0,4012	0,3009	0,0017*	0,0000*	0,1243	0,0062*	0,0000*	0,6220	0,0580	
10MK	1	longa	0,0000*	0,0000*	0,4355	0,0031*	0,5078	0,5195	0,0628	0,0570	0,1141		0,3195	0,0176*	0,0095*	0,0000*	0,0004*	0,9276	0,0000*	0,0000*	0,0449*	0,0003*	
10MK	1,1	curta	0,0000*	0,0000*	0,7768	0,0001*	0,1170	0,1203	0,0046*	0,0039*	0,0115*	0,3195		0,0007*	0,0003*	0,0000*	0,0078*	0,2992	0,0000*	0,0000*	0,0027*	0,0000*	
10MK	1,1	longa	0,0001*	0,0660	0,0017*	0,5546	0,0795	0,0765	0,5759	0,6092	0,4012	0,0176*	0,0007*		0,8067	0,0234*	0,0000*	0,0208*	0,0562	0,0003*	0,6808	0,2591	
15MK	1	curta	0,0002*	0,0985	0,0008*	0,6974	0,0509	0,0484*	0,4487	0,4778	0,3009	0,0095*	0,0003*	0,8067	0,0390*	0,0000*	0,0116*	0,0863	0,0008*	0,5405	0,3457		
15MK	1	longa	0,1064	0,6269	0,0000*	0,0831	0,0000*	0,0000*	0,0050*	0,0059*	0,0017*	0,0000*	0,0000*	0,0234*	0,0390*		0,0000*	0,0000*	0,6839	0,1834	0,0082*	0,2315	
15MK	1,1	curta	0,0000*	0,0000*	0,0045*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0004*	0,0078*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*		0,0003*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	
15MK	1,1	longa	0,0000*	0,0000*	0,4159	0,0038*	0,5446	0,5489	0,0701	0,0646	0,1243	0,9276	0,2992	0,0208*	0,0116*	0,0000*	0,0003*		0,0000*	0,0000*	0,0516	0,0004*	
5SA	1	curta	0,0518	0,9089	0,0000*	0,1635	0,0002*	0,0001*	0,0153*	0,0175*	0,0062*	0,0000*	0,0000*	0,0562	0,0863	0,6839	0,0000*	0,0000*		0,1007	0,0231	0,3903	
5SA	1	longa	0,7043	0,0911	0,0000*	0,0027*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0003*	0,0008*	0,1834	0,0000*	0,0000*	0,1007		0,0001*	0,0155*	
5SA	1,1	curta	0,0000*	0,0282*	0,0062*	0,3481	0,1597	0,1550	0,8416	0,8911	0,6220	0,0449*	0,0027*	0,6808	0,5405	0,0082*	0,0000*	0,0516	0,0231	0,0001*		0,1414	
5SA	1,1	longa	0,0059*	0,4211	0,0000*	0,5359	0,0039*	0,0036*	0,1075	0,1176	0,0580	0,0003*	0,0000*	0,2591	0,3457	0,2315	0,0000*	0,0004*	0,3903	0,0155*	0,1414		

ABS - Ag

Ag	REF	5MK	10MK	15MK	5SA
REF		0,0104*	0,5045	0,2664	0,0004*
5MK	0,0104*		0,0022*	0,0006*	0,2276
10MK	0,5045	0,0022*		0,6040	0,0001*
15MK	0,2664	0,0006*	0,6040		0,0000*
5SA	0,0004*	0,2276	0,0001*	0,0000*	

ABS - Ac x Ag

		Ag	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
		Ac	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1
REF	1,0		0,0000*		0,1250	0,6536	0,1527	0,0001*	0,0652	0,0000*	0,5360	0,6874
REF	1,1	0,0000*		0,0008*	0,0000*	0,0006*	0,4407	0,0021*	0,7572	0,0001*	0,0000*	
5MK	1,0	0,1250	0,0008*		0,2448	0,8764	0,0064*	0,7031	0,0004*	0,3138	0,0625	
5MK	1,1	0,6536	0,0000*	0,2448		0,2886	0,0002*	0,1406	0,0000*	0,8315	0,4257	
10MK	1,0	0,1527	0,0006*	0,8764	0,2886		0,0052*	0,6158	0,0003*	0,3585	0,0791	
10MK	1,1	0,0001*	0,4407	0,0064*	0,0002*	0,0052*		0,0132*	0,3114	0,0004*	0,0000*	
15MK	1,0	0,0652	0,0021*	0,7031	0,1406	0,6158	0,0132*		0,0011*	0,1881	0,0297*	
15MK	1,1	0,0000*	0,7572	0,0004*	0,0000*	0,0003*	0,3114	0,0011*		0,0000*	0,0000*	
5SA	1,0	0,5360	0,0001*	0,3138	0,8315	0,3585	0,0004*	0,1881	0,0000*		0,3376	
5SA	1,1	0,6874	0,0000*	0,0625	0,4257	0,0791	0,0000*	0,0297*	0,0000*	0,3376		

ABS - Tf x Ac x Ag

		Ag	REF	REF	REF	REF	5MK	5MK	5MK	5MK	10MK	10MK	10MK	10MK	15MK	15MK	15MK	15MK	5SA	5SA	5SA	5SA
Ag	Ac	Tf	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1
REF	1,0	17,5		0,3731	0,0000*	0,1163	0,0206*	0,4686	0,3706	0,5963	0,0187*	0,8666	0,0014*	0,0037*	0,0059*	0,4823	0,0002*	0,0004*	0,8344	0,2372	0,3953	0,7028
REF	1,0	35,0	0,3731		0,0004*	0,4381	0,1210	0,8355	0,9957	0,6731	0,1177	0,4493	0,0166*	0,0358*	0,0499*	0,8105	0,0041*	0,0062*	0,2898	0,7219	0,9470	0,2235
REF	1,1	17,5	0,0000*	0,0004*		0,0043*	0,0361*	0,0002*	0,0004*	0,0001*	0,0387*	0,0000*	0,2149	0,1253	0,0949	0,0002*	0,4311	0,3676	0,0000*	0,0012*	0,0004*	0,0000*
REF	1,1	35,0	0,1163	0,4381	0,0043*		0,3770	0,3604	0,4527	0,2658	0,3774	0,1500	0,0869	0,1562	0,1994	0,3466	0,0292*	0,0403*	0,0825	0,6365	0,4293	0,0583
5MK	1,0	17,5	0,0206*	0,1210	0,0361*	0,3770		0,0955	0,1291	0,0634	0,9541	0,0289	0,3405	0,5156	0,6164	0,0915	0,1537	0,1956	0,0131*	0,2034	0,1214	0,0083*
5MK	1,0	35,0	0,4686	0,8355	0,0002*	0,3604	0,0955		0,8324	0,8081	0,0895	0,5538	0,0110*	0,0250*	0,0361*	0,9637	0,0025*	0,0039*	0,3721	0,6065	0,8729	0,2934
5MK	1,1	17,5	0,3706	0,9957	0,0004*	0,4527	0,1291	0,8324		0,6702	0,1233	0,4459	0,0174*	0,0375*	0,0526	0,8073	0,0043*	0,0065*	0,2878	0,7355	0,9470	0,2220
5MK	1,1	35,0	0,5963	0,6731	0,0001*	0,2658	0,0634	0,8081	0,6702		0,0586	0,6904	0,0062*	0,0148*	0,0221*	0,8303	0,0013*	0,0020*	0,4853	0,4713	0,7059	0,3924
10MK	1,0	17,5	0,0187*	0,1177	0,0387*	0,3774	0,9541	0,0895	0,1233	0,0586		0,0264*	0,3546	0,5340	0,6328	0,0852	0,1626	0,2052	0,0118*	0,2011	0,1147	0,0074*
10MK	1,0	35,0	0,8666	0,4493	0,0000*	0,1500	0,0289*	0,5538	0,4459	0,6904	0,0264*		0,0021*	0,0056*	0,0088*	0,5666	0,0004*	0,0006*	0,7245	0,2939	0,4729	0,6045
10MK	1,1	17,5	0,0014*	0,0166*	0,2149	0,0869	0,3405	0,0110*	0,0174*	0,0062*	0,3546	0,0021*		0,7170	0,6073	0,0103*	0,5841	0,6809	0,0007*	0,0353*	0,0156*	0,0004*
10MK	1,1	35,0	0,0037*	0,0358*	0,1253	0,1562	0,5156	0,0250*	0,0375*	0,0148*	0,5340	0,0056*	0,7170		0,8517	0,0235*	0,3933	0,4690	0,0021*	0,0703	0,0341*	0,0012*
15MK	1,0	17,5	0,0059*	0,0499*	0,0949	0,1994	0,6164	0,0361*	0,0526	0,0221*	0,6328	0,0088*	0,6073	0,8517		0,0342*	0,3187	0,3868	0,0035*	0,0941	0,0483*	0,0021*
15MK	1,0	35,0	0,4823	0,8105	0,0002*	0,3466	0,0915	0,9637	0,8073	0,8303	0,0852	0,5666	0,0103*	0,0235*	0,0342*		0,0023*	0,0036*	0,3849	0,5859	0,8478	0,3050
15MK	1,1	17,5	0,0002*	0,0041*	0,4311	0,0292*	0,1537	0,0025*	0,0043*	0,0013*	0,1626	0,0004*	0,5841	0,3933	0,3187	0,0023*		0,8619	0,0001*	0,0100*	0,0038*	0,0001*
15MK	1,1	35,0	0,0004*	0,0062*	0,3676	0,0403*	0,1956	0,0039*	0,0065*	0,0020*	0,2052	0,0006*	0,6809	0,4690	0,3868	0,0036*	0,8619		0,0002*	0,0145*	0,0057*	0,0001*
5SA	1,0	17,5	0,8344	0,2898	0,0000*	0,0825	0,0131*	0,3721	0,2878	0,4853	0,0118*	0,7245	0,0007*	0,0021*	0,0035*	0,3849	0,0001*	0,0002*		0,1775	0,3090	0,8423
5SA	1,0	35,0	0,2372	0,7219	0,0012*	0,6365	0,2034	0,6065	0,7355	0,4713	0,2011	0,2939	0,0353*	0,0703	0,0941	0,5859	0,0100*	0,0145*	0,1775		0,7005	0,1320
5SA	1,1	17,5	0,3953	0,9470	0,0004*	0,4293	0,1214	0,8729	0,9470	0,7059	0,1147	0,4729	0,0156*	0,0341*	0,0483*	0,8478	0,0038*	0,0057*	0,3090	0,7005		0,2398
5SA	1,1	35,0	0,7028	0,2235	0,0000*	0,0583	0,0083*	0,2934	0,2220	0,3924	0,0074*	0,6045	0,0004*	0,0012*	0,0021*	0,3050	0,0001*	0,0001*	0,8423	0,1320	0,2398	

MÈS - Ag

Ag	REF	5MK	10MK	15MK	5SA
REF		0,0011*	0,1897	0,0058*	0,0000*
5MK	0,0011*		0,0337*	0,5280	0,0232*
10MK	0,1897	0,0337*		0,1052	0,0001*
15MK	0,0058*	0,5280	0,1052		0,0059*
5SA	0,0000*	0,0232*	0,0001*	0,0059*	

MES - Ac x Ag

		Ag	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
Ag	Ac	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,1
REF	1,0		0,2845	0,2845	0,0309*	0,5083	0,6710	0,0140*	0,5737	0,0054*	0,0012*	
REF	1,1	0,2845		0,0373*	0,0019*	0,1022	0,4759	0,0006*	0,5585	0,0002*	0,0000*	
5MK	1,0	0,2625	0,0373*		0,2409	0,5931	0,1426	0,1440	0,1121	0,0751	0,0248*	
5MK	1,1	0,0309*	0,0019*	0,2409		0,1085	0,0125*	0,7030	0,0089*	0,4623	0,2250	
10MK	1,0	0,5083	0,1022	0,5931	0,1085		0,3089	0,0575	0,2543	0,0262*	0,0071*	
10MK	1,1	0,6710	0,4759	0,1426	0,0125*	0,3089		0,0051*	0,8598	0,0018*	0,0003*	
15MK	1,0	0,0140*	0,0006*	0,1440	0,7030	0,0575	0,0051*		0,0034	0,6860	0,3674	
15MK	1,1	0,5737	0,5585	0,1121	0,0089*	0,2543	0,8598	0,0034		0,0011*	0,0002*	
5SA	1,0	0,0054*	0,0002*	0,0751	0,4623	0,0262*	0,0018*	0,6860	0,0011*		0,5765	
5SA	1,1	0,0012*	0,0000*	0,0248*	0,2250	0,0071*	0,0003*	0,3674	0,0002*	0,5765		

MES - Tf x Ag

	Ag	REF	REF	5MK	5MK	10MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA
Ag	Tf	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0
REF	17,5		0,0452*	0,0469*	0,0021*	0,0181*	0,3708	0,0100*	0,0284*	0,0000*	0,0027*
REF	35,0	0,0452*		0,9585	0,2185	0,6160	0,2174	0,4667	0,7600	0,0001*	0,2475
5MK	17,5	0,0469*	0,9585		0,2291	0,6361	0,2263	0,4839	0,7834	0,0001*	0,2577
5MK	35,0	0,0021*	0,2185	0,2291		0,4252	0,0217*	0,5659	0,3265	0,0028*	0,9166
10MK	17,5	0,0181*	0,6160	0,6361	0,4252		0,1122	0,7855	0,8172	0,0004*	0,4649
10MK	35,0	0,3708	0,2174	0,2263	0,0217*	0,1122		0,0717	0,1567	0,0000*	0,0259*
15MK	17,5	0,0100*	0,4667	0,4839	0,5659	0,7855	0,0717		0,6380	0,0007*	0,6109
15MK	35,0	0,0284*	0,7600	0,7834	0,3265	0,8172	0,1567	0,6380		0,0002*	0,3619
5SA	17,5	0,0000*	0,0001*	0,0001*	0,0028*	0,0004*	0,0000*	0,0007*	0,0002*		0,0028*
5SA	35,0	0,0027*	0,2475	0,2577	0,9166	0,4649	0,0259*	0,6109	0,3619	0,0028*	

PAP - Ag

Ag	REF	5MK	10MK	15MK	5SA
REF		0,2592	0,2939	0,0695	0,2047
5MK	0,2592		0,0406*	0,0053*	0,8249
10MK	0,2939	0,0406*		0,3778	0,0288*
15MK	0,0695	0,0053*	0,3778		0,0033*
5SA	0,2047	0,8249	0,0288*	0,0033*	

PAP - Ac x Ag

	Ag	REF	REF	5MK	5MK	10MK	15MK	15MK	5SA	5SA	
Ag	Ac	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,0	1,1	1,1	
REF	1,0		0,0001*	0,0577	0,1919	0,0570	0,0007*	0,0123*	0,0000*	0,0854	0,2502
REF	1,1	0,0001*		0,0217*	0,0038*	0,0212*	0,4350	0,0862	0,6842	0,0133*	0,0021*
5MK	1,0	0,0577	0,0217*		0,4839	0,9650	0,1037	0,4838	0,0087*	0,8083	0,3741
5MK	1,1	0,1919	0,0038*	0,4839		0,4758	0,0260*	0,1873	0,0013*	0,6132	0,8115
10MK	1,0	0,0570	0,0212*	0,9650	0,4758		0,1004	0,4818	0,0087*	0,7889	0,3654
10MK	1,1	0,0007*	0,4350	0,1037	0,0260*	0,1004		0,2956	0,2657	0,0709	0,0160*
15MK	1,0	0,0123*	0,0862	0,4838	0,1873	0,4818	0,2956		0,0422*	0,3720	0,1326
15MK	1,1	0,0000*	0,6842	0,0087*	0,0013*	0,0087*	0,2657	0,0422*		0,0050*	0,0007*
5SA	1,0	0,0854	0,0133*	0,8083	0,6132	0,7889	0,0709	0,3720	0,0050*		0,4863
5SA	1,1	0,2502	0,0021*	0,3741	0,8115	0,3654	0,0160*	0,1326	0,0007*	0,4863	

PAP - Tf x Ac x Ag

		Ag	REF	REF	REF	REF	5MK	5MK	5MK	5MK	10MK	10MK	10MK	10MK	15MK	15MK	15MK	15MK	5SA	5SA	5SA	5SA
Ag	Ac	Tf	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1
			17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0	17,5	35,0
REF	1,0	17,5		0,1873	0,0001*	0,0767	0,0307*	0,1576	0,0952	0,2323	0,0083*	0,5270	0,0007*	0,0134*	0,0011*	0,1849	0,0004*	0,0011*	0,1697	0,0910	0,0412*	0,5104
REF	1,0	35,0	0,1873		0,0100*	0,5877	0,3470	0,8754	0,6673	0,8627	0,1573	0,4427	0,0334*	0,2114	0,0440*	0,9715	0,0199*	0,0435*	0,9172	0,6479	0,4132	0,4508
REF	1,1	17,5	0,0001*	0,0100*		0,0360*	0,0874	0,0140*	0,0280*	0,0067*	0,2159	0,0011*	0,6085	0,1619	0,5357	0,0107*	0,7650	0,5361	0,0124*	0,0296*	0,0679	0,0011*
REF	1,1	35,0	0,0767	0,5877	0,0360*		0,6489	0,6772	0,8898	0,4946	0,3463	0,2222	0,0976	0,4360	0,1191	0,6036	0,0636	0,1204	0,6440	0,9141	0,7392	0,2199
5MK	1,0	17,5	0,0307*	0,3470	0,0874	0,6489		0,4129	0,5775	0,2809	0,5841	0,1072	0,2040	0,7051	0,2371	0,3586	0,1422	0,2423	0,3882	0,5928	0,8777	0,1060
5MK	1,0	35,0	0,1576	0,8754	0,0140*	0,6772	0,4129		0,7531	0,7607	0,1951	0,3902	0,0444*	0,2578	0,0571	0,8958	0,0270*	0,0569	0,9484	0,7398	0,4850	0,3884
5MK	1,1	17,5	0,0952	0,6673	0,0280*	0,8898	0,5775	0,7531		0,5678	0,2987	0,2640	0,0793	0,3820	0,0994	0,6825	0,0507	0,0993	0,7229	0,9675	0,6651	0,2628
5MK	1,1	35,0	0,2323	0,8627	0,0067*	0,4946	0,2809	0,7607	0,5678		0,1210	0,5178	0,0235*	0,1657	0,0316*	0,8454	0,0136*	0,0311*	0,7985	0,5497	0,3388	0,5341
10MK	1,0	17,5	0,0083*	0,1573	0,2159	0,3463	0,5841	0,1951	0,2987	0,1210		0,0372*	0,4262	0,8362	0,4692	0,1637	0,3197	0,4866	0,1806	0,3086	0,5060	0,0367*
10MK	1,0	35,0	0,5270	0,4427	0,0011*	0,2222	0,1072	0,3902	0,2640	0,5178	0,0372*		0,0050*	0,0549	0,0070*	0,4408	0,0026*	0,0069*	0,4133	0,2544	0,1359	0,9862
10MK	1,1	17,5	0,0007*	0,0334*	0,6085	0,0976	0,2040	0,0444*	0,0793	0,0235*	0,4262	0,0050*		0,3381	0,8823	0,0351*	0,8035	0,8886	0,0400*	0,0830	0,1659	0,0049*
10MK	1,1	35,0	0,0134*	0,2114	0,1619	0,4360	0,7051	0,2578	0,3820	0,1657	0,8362	0,0549	0,3381		0,3833	0,2193	0,2473	0,3920	0,2402	0,3929	0,6186	0,0543
15MK	1,0	17,5	0,0011*	0,0440*	0,5357	0,1191	0,2371	0,0571	0,0994	0,0316*	0,4692	0,0070*	0,8823	0,3833		0,0460*	0,7142	0,9852	0,0520	0,1030	0,1972	0,0070*
15MK	1,0	35,0	0,1849	0,9715	0,0107*	0,6036	0,3586	0,8958	0,6825	0,8454	0,1637	0,4408	0,0351*	0,2193	0,0460*		0,0210*	0,0456*	0,9395	0,6642	0,4258	0,4434
15MK	1,1	17,5	0,0004*	0,0199*	0,7650	0,0636	0,1422	0,0270*	0,0507	0,0136*	0,3197	0,0026*	0,8035	0,2473	0,7142	0,0210*		0,7162	0,0242*	0,0533	0,1133	0,0025*
15MK	1,1	35,0	0,0011*	0,0435*	0,5361	0,1204	0,2423	0,0569	0,0993	0,0311*	0,4866	0,0069*	0,8886	0,3920	0,9852	0,0456*	0,7162		0,0516	0,1034	0,1997	0,0069*
5SA	1,0	17,5	0,1697	0,9172	0,0124*	0,6440	0,3882	0,9484	0,7229	0,7985	0,1806	0,4133	0,0400*	0,2402	0,0520	0,9395	0,0242*	0,0516		0,7058	0,4584	0,4132
5SA	1,0	35,0	0,0910	0,6479	0,0296*	0,9141	0,5928	0,7398	0,9675	0,5497	0,3086	0,2544	0,0830	0,3929	0,1030	0,6642	0,0533	0,1034	0,7058		0,6802	0,2524
5SA	1,1	17,5	0,0412*	0,4132	0,0679	0,7392	0,8777	0,4850	0,6651	0,3388	0,5060	0,1359	0,1659	0,6186	0,1972	0,4258	0,1133	0,1997	0,4584	0,6802		0,1345
5SA	1,1	35,0	0,5104	0,4508	0,0011*	0,2199	0,1060	0,3884	0,2628	0,5341	0,0367*	0,9862	0,0049*	0,0543	0,0070*	0,4434	0,0025*	0,0069*	0,4132	0,2524	0,1345	

CURVAS TENSÃO - DEFLEXÃO

