



IFTO . CAMPUS - PALMAS
CURSO: CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

**FELIPY PEREIRA VALE
WHELLYSONN VIANA TAMASAUSKAS**

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO COMO AGREGADO
MIÚDO PARA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO E
ESTUDO DE CASO**

**PALMAS E TO
2013**

**FELIPY PEREIRA VALE
WHELLYSONN VIANA TAMASAUSKAS**

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO COMO AGREGADO
MIÚDO PARA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO -
ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação da Área de Construção Civil como requisito parcial para obtenção do Título de Tecnólogo do Curso Superior de Tecnologia em Construção de Edifícios, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins . Campus Palmas.

Orientador:

Prof. Dr. Flávio Roldão de Carvalho Lelis

Co-Orientador: Prof. Dr. Moacyr Salles Neto

**PALMAS É TO
2013**

**FELIPY PEREIRA VALE
WHELLYSONN VIANA TAMASAUSKAS**

**UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO COMO AGREGADO
MIÚDO PARA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO E
ESTUDO DE CASO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e aprovado como cumprimento às exigências legais do currículo do Curso Superior de Tecnologia em Construção de Edifícios pela Coordenação da Área de Construção Civil no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins . Campus Palmas.

Palmas, 23 de Agosto de 2013.

Prof. Me. Elen Oliveira Vianna
Supervisor do Trabalho de Conclusão de Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Flávio Roldão de Carvalho Lelis
Orientador

Prof. Dr. Moacyr Salles Neto
Co-Orientador

Prof. Me. Adriano dos Guimarães de Carvalho
Membro de Banca Examinadora

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus, pela presença diária, em nossas vidas por introduzir em nossos corações paz, paciência e serenidade, por nos dar força nos momentos de dificuldades, por permitir que seguíssemos firme nesta empreitada.

Aos meus pais Eulina Viana Tamasauskas e Adirceu Alves da Silva, aos meus irmãos Walker, Walkellynny, João Paulo ao meu sobrinho Kauã Luca e a todos os meus familiares pelo apoio carinho e compreensão (Whellysonn Tamasauskas).

Aos meus pais Carlos José Pereira, Márcia Cândido do Vale Pereira, aos meus irmãos e toda a minha família (Felipy Vale).

Agradecemos ao nosso orientador Prof. Dr. Flávio Roldão de C. Lelis, pela dedicação, que não mediu esforços para nos direcionar nessa etapa final do curso.

A todos os professores do IFTO que contribuíram de forma direta ou indireta para este projeto.

Aos examinadores, senhores Prof. Me. Adriano Carvalho, Prof. Dr. Moacyr Salles, Prof. Me. Thiago Dias e a Prof. Me. Elen Vianna pelo apoio e dedicação ao decorrer do nosso trabalho.

A todos os nossos amigos acadêmicos do curso pela troca de conhecimento ao longo desta jornada.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo principal analisar o desempenho da argamassa de revestimento com a utilização parcial de agregado reciclado, tendo em vista o aumento da quantidade de resíduos sólidos gerados pela construção civil se torna interessante sua reutilização.

O traço utilizado para este trabalho foi o traço 1:3, uma porção de cimento para três de agregado miúdo. Dentro desse traço houve uma variação gradual da quantidade de agregado reciclado, que foi substituindo parcialmente o agregado miúdo natural. Portanto, foram produzidos 6 (seis) traços: o TRA1 com 0%; o TRA2 com 10%; o TRA3 com 20%; o TRA4 com 30%; o TRA5 com 40% e o TRA6 com 50% de agregado reciclado.

Foi realizada a caracterização dos materiais empregados através dos seguintes ensaios: massa específica, massa unitária, teor de finos e granulometria. Para efeito de análise foram realizados os seguintes ensaios: índice de consistência, resistência à compressão, resistência à aderência e também foi calculado o índice de fissuração de cada traço. De acordo com esses ensaios compararam-se os índices atingidos em relação à variação do teor de agregado reciclado.

Os números obtidos apontaram que a substituição parcial do agregado natural pelo agregado reciclado necessita de uma quantidade maior de água para se atingir a trabalhabilidade necessária. Por outro, lado se obtém uma melhor resistência à compressão e a resistência à aderência.

Os resultados encontrados demonstraram que o TRA3 com o teor de 30% de agregado reciclado possuem melhores condições para ser utilizado na prática. Dessa forma, a reutilização de resíduos estará contribuindo para preservar o meio ambiente e conjuntamente será atendido os requisitos mínimos que uma argamassa de revestimento deve obter.

PALAVRA CHAVE: Agregado reciclado, argamassa de revestimento, resíduos sólidos.

ABSTRACT

This work has how substantial objective to analyze the performance of mortar cladding with used partial of recycled aggregate. The Increasing of the amount of solid waste generated by the building becomes interesting to reuse.

The trace used was 1:3, a part of cement to 3 parts of thin aggregate. Inside this trace there was a gradual variation of recycled aggregate, that was substituted partly the fine aggregate. Therefore, was produced 6 (six) traces. Where the TRA1 with 0%, the TRA2 with 10%, the TRA3 with 20%, the TRA4 with 30%, the TRA5 with 40% and the TRA6 with 50% the recycled aggregate.

For analyze was realized the following tests: index of consistency, resistance to compressive, resistance to adhesion and as well was calculated the index of fissuration of each trace. It was made the characterization of materials that was used the following tests: density, unit mass, thin content and grit.

The results show that the partial substitution of natural aggregate for recycled aggregate require the more amount of water to attend the good workability. However there is a best resistance to compressive and resistance to adhesion.

The find results demonstrate that the TRA3 with 30% of recycled aggregate have the best numbers to be used in practice. This way, the utilization of solids will contribute to preserve the environment and together to be attended the minimum requirements that a cladding mortar must to have.

KEYWORD: Recycled aggregate, Mortar of cladding, Solids wastes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: A Hierarquização das características da pesquisa.....	13
Figura 2: Condições fixas.....	15
Figura 3: Base para aplicação das argamassas.....	15
Figura 4: Processo de obtenção do agregado reciclado.....	16
Figura 5: Variáveis independentes.....	17
Figura 6: Variáveis dependentes.....	18
Figura 7: Argamassa já aplicada na parede.....	19
Figura 8: Fixação das Taliscas.....	19
Figura 9 (a) e (b): Ensaio de resistência à compressão.....	30
Figura 10: Procedimento do ensaio de resistência à aderência	31
Figura 11 (a) e (b): Índice de fissuração.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Porcentagem de agregado natural e reciclado em cada traço.....	18
Tabela 2: Caracterização dos materiais e suas normas.....	20
Tabela 3: Ensaio e suas respectivas normas.....	21
Tabela 4: Limites de resistência aderência à tração.....	23
Tabela 5: Quantidade de material para cada traço.....	25
Tabela 6: Caracterização do agregado miúdo.....	26
Tabela 7: Composição química do cimento utilizado.....	28

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Comparação entre o fator A/C e a Porcentagem de AR em cada traço.....	22
Gráfico 2: Distribuição granulométrica do Agregado Reciclado e Natural	27
Gráfico 3: Relação Água / Cimento.....	29
Gráfico 4: Ensaio de Resistência à compressão.....	29
Gráfico 5: Resistência à aderência.....	32
Gráfico 6: Índice de Fissuras.....	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. JUSTIFICATIVA.....	2
3. OBJETIVOS	2
3.1 OBJETIVO GERAL.....	2
3.1.1 Objetivos Específicos.....	2
4. PROBLEMA.....	3
5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	3
5.1 SUSTENTABILIDADE	3
5.2 CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS.....	5
5.3 CARACTERÍSTICAS E PECULARIDADES DA ARGAMASSA.....	7
5.4 AGREGADO RECICLADO	10
6. METOLOGIA	13
6.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	13
6.2 VARIÁVEIS DA PESQUISA.....	14
6.2.1 Condições Fixas	14
6.2.1.1 Tipo de substrato	15
6.2.1.2 Natureza do agregado reciclado.....	15
6.2.1.3 Espessura da camada de revestimento.....	16
6.2.2 Variáveis Independentes	17
6.2.3 Variáveis Dependentes.....	17
6.3 PROGRAMA EXPERIMENTAL	18
6.3.1 Caracterização dos Materiais Empregados	19
6.3.1.1 Agregado reciclado e do agregado natural	19
6.3.1.2 Cimento portland.....	20
6.3.2 Caracterização das Argamassas de Revestimentos.....	20
6.3.2.1 Argamassa de revestimento no estado fresco.....	20
6.3.2.2 Argamassa de revestimento no estado endurecido.....	21
6.4 PARA ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES	22
6.4.1 Argamassa de Revestimento no Estado Fresco.....	22
6.4.2 Argamassa de Revestimento no Estado Endurecido.....	23
6.4.3 Balanço do Desempenho das Argamassas	23

6.5 PRODUÇÃO DA ARGAMASSA E APLICAÇÃO.....	23
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
7.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS EMPREGADOS	25
7.1.1 Agregado Natural e Agregado Reciclado.....	25
7.1.2 Cimento Portland	27
7.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTOS.....	28
7.2.1 Argamassa de Revestimento no Estado Fresco.....	28
7.2.2 Argamassa de Revestimento no Estado Endurecido.....	29
7.2.2.1 Análise da resistência à compressão.....	29
7.2.2.2 Análise da resistência à aderência	31
7.2.2.3 Análise das fissuras	32
8. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	35
8.1 CONCLUSÃO	35
8.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	36
REFERÊNCIAS.....	37
APÊNDICES.....	40

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente está presente em qualquer setor na contemporaneidade. Na indústria da construção civil não pode ser diferente, já que o setor é responsável por gerar grande quantidade de resíduos, além de ser um dos maiores consumidores de matérias primas naturais.

Ultimamente a busca pela sustentabilidade tem sido trabalhada e colocada em prática. Visto que normalmente as grandes cidades não possuem locais adequados para o acondicionamento de resíduos, as empresas perceberam que é um bom negócio para o marketing+ investir na proteção do meio ambiente, perspectivas de ganhos no orçamento com a reciclagem de entulhos e também profissionais que se preocupam realmente com a questão da natureza. Tudo isso influencia para o surgimento de pesquisas e inovações tecnológicas referentes à reutilização e redução de entulhos. (PINHEIRO, 2006)

No Brasil o processo construtivo mais utilizado é de conversão (processamento de material), já nos países desenvolvidos o mais usual é a montagem. Isso pode explicar a diferença de resíduos gerados nas obras: o Brasil produz entulho três vezes mais que os países desenvolvidos (NOVAES; 2008).

É notório que o setor da construção produz grande quantidade de resíduo, entretanto o canteiro de obras pode ser o maior consumidor destes materiais. Ultimamente várias construtoras com visão ecológica passaram a utilizar agregado reciclado na produção de argamassa (LEAVY apud SANTANA, 2001).

Como é inevitável a geração de resíduos, torna-se necessário reutilizar esse entulho que se torna nova matéria prima quando tratado, e as pesquisas sobre os resíduos tornam-se úteis tanto para a comprovação de qualidade, como para a divulgação do sucesso dessa prática.

2. JUSTIFICATIVA

Segundo os dados da Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério das Cidades (BRASIL, 2005), os resíduos da construção civil e demolições representam 61% do lixo produzido no país, o que corresponde a 90 milhões de toneladas por ano.

Frente ao impacto ambiental derivado da destinação inadequada dos resíduos de construção e/ou demolição, o presente trabalho busca somar resultados aos já obtidos quanto à reutilização desses rejeitos, por exemplo, na produção de argamassa de revestimento de painéis de vedação.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Sensibilizar os agentes envolvidos nas atividades de construção civil frente à reutilização de resíduos/rejeitos de construção e/ou demolição, apresentando elementos objetivos e discretos relacionados à produção, aplicação e análise de desempenho mecânico de argamassa de revestimento produzida com a substituição gradual do agregado natural pelo agregado reciclado.

3.1.1 Objetivos Específicos

1. Analisar a variação da resistência à compressão das argamassas de revestimento produzidas segundo a variação do teor de agregado natural substituído por agregado reciclado NBR 5.739 (ABNT, 1994).
2. Analisar a variação da resistência de aderência das argamassas de revestimento produzidas segundo a variação do teor de agregado natural substituído por agregado reciclado 13.528 (ABNT, 2010).
3. Analisar a variação de fissuração das argamassas de revestimentos produzidas segundo a variação do teor de agregado natural por agregado reciclado.

4. Elaborar balanço dos ensaios supracitados em relação ao aumento gradual do agregado reciclado em cada traço das argamassas e se atende o limite de aderência segundo a NBR 13.749 (ABNT, 1996).
5. Descrever parâmetros relacionados à diferenciação da produção e da aplicação da argamassa de revestimento com e sem a inclusão de agregado reciclado.

4. PROBLEMA

Para Pinto (1999), o Brasil gera 0,52 toneladas de entulho por habitante ao ano, sendo que esse número representa 60% dos resíduos sólidos urbanos. Um dos setores que mais geram resíduos é o setor da construção civil, o qual gera uma grande quantidade de resíduos sólidos.

O crescimento das cidades contribui para a geração de resíduos/entulhos, de modo que surge um problema com a falta de locais apropriados para o descarte de resíduos oriundos da construção civil e com a precária divulgação da aplicabilidade desses na produção de argamassa de revestimento.

Visando a favorecer tanto o meio ambiente como o setor da construção civil, o presente projeto surge como alternativa para a reutilização dos resíduos, buscando contribuir para uma construção sustentável.

5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

5.1 SUSTENTABILIDADE

A *sustentabilidade* foi um dos assuntos mais discutidos na Conferência do Rio . 92. Esse termo foi mencionado pela primeira vez durante um debate de políticas internacionais pelo World Conservation Strategy (IUCN, UNEP, WWF, 1980). No relatório final da Comissão de Brudtland denominada como, *Nosso Futuro Comum*, que foi publicado em 1987, essa comissão foi Organizada pela ONU (Organização das Nações Unidas), no relatório foi concebido como: % desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades+

A preocupação com a preservação do meio ambiente é constante e necessária. Os recursos naturais têm limites, ou seja, são esgotáveis. O desenvolvimento sustentável é uma das maneiras que se deve agir para não agredir o meio ambiente.

Desenvolvimento não é sinônimo de crescimento econômico e nem deve ser relacionado assim, pois crescimento econômico depende do consumo desenfreado de energia e de recursos naturais, sendo denominado como desenvolvimento insustentável.

O desenvolvimento sustentável de fato, sugere qualidade em vez de quantidade, como redução do uso de matérias-primas, produtos e aumento da reutilização e reciclagem.

O termo *desenvolvimento sustentável* está sendo um dos assuntos mais comentados na atualidade e vem crescendo cada vez mais, e tanto entidades governamentais como a sociedade em geral estão em busca do equilíbrio entre o incremento econômico e a proteção ambiental. Com isso, surgiu diversos encontros mundiais para discutir assuntos ambientais, como: Conferência de Estocolmo, Eco-92, Agenda 21, Protocolo de Kyoto, Rio + 10 entre outras.

A conferência de Estocolmo foi uma das primeiras reuniões mundiais que tratou de questões ambientais. Nela teve o objetivo de criar diretrizes para melhorar a relação humana e meio ambiente.

A Conferência das Nações Unidas deixa claro que, com crescimento da população, a natureza sofre grandes modificações que podem ser irreversíveis. E o homem precisa somar experiências para progredir, a fim de beneficiar todos os povos com desenvolvimento e qualidade de vida. Caso contrário contribuirá para:

A continuidade dos males crescentes produzidos pelo homem em diferentes regiões da Terra: perigos os índices de poluição na água, no ar, na terra e nos seres vivos; distúrbios grandes e indesejáveis no equilíbrio ecológico da biosfera; destruição e exaustão de recursos insubstituíveis; e enormes deficiências, prejudiciais à saúde física, mental e social do homem, no meio ambiente criado pelo homem, especialmente no seu ambiente de vida e de trabalho (DECLARAÇÃO DE ESTOCOLMO, 1972, art.3).

O crescimento populacional provoca problemas ambientais, mas proporciona progresso social, cria riquezas e desenvolve a Ciência e a Tecnologia. Portanto, ao

adotar políticas e medidas adequadas à sustentabilidade o homem possuirá a capacidade de melhorar o meio ambiente. De acordo com a Conferência deve-se ter uma conscientização a começar pelo indivíduo até às organizações internacionais voltadas para a preservação ambiental (DECLARAÇÃO DE ESTOCOLMO, 1972, art.5).

Segundo dados da Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério das Cidades, os resíduos da construção civil e demolições (também chamado de RCD) representam 61% do lixo produzido no país, o que corresponde a 90 milhões de toneladas por ano.

De acordo com os princípios da declaração de Estocolmo, o homem tem direito à liberdade e à igualdade, de modo que tenha condições de ter uma vida digna. Também tem obrigação de melhorar e preservar o meio ambiente. Os recursos não renováveis devem ser usados de forma a evitar o seu esgotamento futuro.

De acordo com a Carta das Nações Unidas e com os princípios do direito internacional, os Estados têm o direito soberano de explorar seus próprios recursos, de acordo com a sua política ambiental, desde que as atividades levadas a efeito, dentro da jurisdição ou sob seu controle, não prejudiquem o meio ambiente de outros Estados ou de zonas situadas fora de toda a jurisdição nacional (DECLARAÇÃO DE ESTOCOLMO, 1972, art. 21).

Com o intuito de orientar e inspirar a humanidade a Conferência das Nações Unidas estabelece princípios que devem ser seguidos a fim de trazer benefícios a todos os povos e para as gerações futuras.

5.2 CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

O termo desenvolvimento sustentável está sendo um dos assuntos mais comentados na atualidade e vem crescendo cada vez mais, e tanto entidades governamentais como sociedade em geral estão em busca do equilíbrio entre o incremento econômico e a proteção ambiental.

O fato é que a sociedade tem um papel de suma importância nesse processo, pois é a única que tem a capacidade de conscientização e colaboração.

De todas as atividades que geram um desenvolvimento econômico para o país, a construção civil é sem dúvida uma das que mais gera impactos ambientais, e que está em plena ascensão.

Num país onde a construção civil é um dos responsáveis por alavancar a economia, é quase inacreditável que esse resíduo é descartado de forma totalmente equivocada. Não é preciso ter bastante conhecimento para perceber que esse assunto é extremamente problemático e desafiador para os futuros gestores, que tem por missão, transformar nossas cidades num lugar cada vez melhor.

O país possui uma ampla, e ao mesmo tempo, forte legislação sobre o resíduo da construção civil, denominado RCC. Porém, a prática ainda é fraca e sem sucesso, havendo uma grande falta de fiscalização por parte dos órgãos fiscalizadores. Com isso os geradores desses resíduos não se preocupam com o que possa acontecer com eles caso não sigam esta legislação.

A dura e ao mesmo tempo, triste realidade é que nem todos os municípios do território brasileiro estão adequados para o recebimento e tratamento do RCC. A reciclagem desse tipo de material já é praticada há muito tempo na Europa, onde o entulho de edificações era reutilizado na construção de novas edificações.

Comumente confundida com construção ecológica, a construção sustentável é o pacote de ações que são tomadas antes, durante e depois de todas as fases construtivas que tem por finalidade não agredir o meio ambiente e gerar uma melhor qualidade de vida, sem gastar exageradamente os recursos naturais (FARIA, 2009).

Construir e ao mesmo tempo não gerar nenhum impacto não é uma ideia nova, e engana-se quem pensa ao contrário, porém aqui no Brasil, essa onda demorou a chegar. Nos EUA e Japão existem incentivos para empresários ou pessoas comuns que queiram construir de forma sustentável.

No nosso país existem algumas iniciativas para quem quer seguir esse modelo sustentável de construção. O IDHEA, Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica prevê algumas soluções para a construção sustentável; A revista Cláudia criou um prêmio chamado %Prêmio Planeta Casa+ que desde o ano de 2001 premia as melhores e mais criativas ideias para a construção sustentável (FARIA, 2009).

Segundo o IDHEA há nove passos para a construção sustentável: O planejamento da obra de forma sustentável; O projeto arquitetônico deve aproveitar o máximo possível os recursos naturais disponíveis (em vez de ar condicionado

ventilação natural e substituir iluminação artificial por luminosidade natural); Eficiência energética; Gestão e economia de água; Gestão de resíduos; Qualidade do ar e ambiente interior; Conforto térmico e acústico; Uso racional dos materiais; Uso de tecnologias e produtos que não agredam o meio ambiente.

Uma construção, somente é considerada sustentável, quando ela começa a ser pensada e estudada antes da sua execução, quando se adota materiais menos agressivos, e quando sua construção não gera impactos ambientais gigantescos. Devem ser adotados cuidados para que se evite o desperdício exagerado de materiais, e poder aproveitar o máximo possível.

Depois de concluída, mais uma etapa deve ser cuidadosamente assistida. Chega a hora de dar um fim nos resíduos que foram gerados durante a construção, e em todas as fases de execução. Geralmente, as cidades não estão preparadas para receber o RSCC, o Resíduo Sólido da Construção Civil.

Depois de pronta, a casa sustentável deverá conter com uma coleta seletiva e um local correto para o armazenamento de todo resíduo que os moradores vão gerar. Agora é só aproveitar a residência ecologicamente correta com a consciência limpa de preservação ao meio ambiente.

A adoção dessas ações é de suma importância, pois garantem a preservação do meio ambiente e o deixa em condições favoráveis para o desenvolvimento de diversas formas de vida, o que vai possibilitar a futura manutenção dos recursos naturais e garantir uma excelente qualidade de vida para as gerações futuras.

Aliada a isso, tem-se todos os campos profissionais engajados com o rumo que o planeta está tomando. É o caso da arquitetura e das engenharias, que a cada dia, se preocupam com a utilização de materiais que não agredam o meio ambiente, com novas técnicas construtivas, recuperação de áreas agredidas e muito mais. Desse modo os profissionais precisam se qualificar e de fato ter atitudes ecológicas.

5.3 CARACTERÍSTICAS E PECULARIDADES DA ARGAMASSA

Os sistemas de revestimentos podem ser classificados pela forma de execução, pelo tipo de material usado e também pelo substrato que recebe o revestimento, destacando que as %o..) funções de um sistema de revestimento vão

desde a proteção da alvenaria, regularização das superfícies, estanqueidade, até funções de natureza estéticas, uma vez que se constitui do elemento de acabamento final das vedações+(BAUER et al, 2003, p.7).

Para produzir uma argamassa de qualidade deve-se conhecer suas propriedades e suas composições, para assim compreender a função de cada elemento que compõe o sistema de revestimento.

Uma boa argamassa necessita de equilíbrio entre suas propriedades, como viscosidade, plasticidade, aderência ao substrato e retenção de água. Essas características são encontradas nas argamassas no estado fresco, na fase endurecida outras características podem ser analisadas como resistência a tração, resistência à compressão e fissuras.

A questão do substrato que é a estrutura que será revestida influencia na escolha da argamassa, já que a aderência da argamassa está entre o substrato e o revestimento. Deve-se ter cuidado, por exemplo, de quando utilizado um substrato que não seja rugoso como é o caso do bloco cerâmico, a argamassa deve possuir características colantes para compensar o bloco que não é rugoso ou executar um chapisco para que tenha a mesma finalidade (BAUER et al, 2003).

Já os blocos de concreto são rugosos, porém tem um índice de porosidade elevado e isso propicia uma maior absorção de água o que pode prejudicar o desempenho da argamassa. Outro cuidado que se deve ter é na transição de estruturas. O emprego de telas finas pode ajudar dissipar as fissuras. Portanto se faz necessário um projeto de revestimento e que este seja feito juntamente com os demais projetos para que haja uma integração com os demais sistemas e assim otimizar a obra.

O chapisco tem grande importância no revestimento, sendo que esse procedimento deve ser aplicado antes da argamassa e é composto por cimento e areia grossa. Um dos traços mais utilizado é 1:3. A função do chapisco é de transição do substrato para o revestimento e também como instrumento para aumentar aderência. Outra qualidade que o chapisco proporciona é que impede a absorção de água do substrato e também pode ajudar para que a argamassa retenha mais água (BAUER et al, 2003).

Existe chapisco industrializado, convencional, rolado, com adição de polímeros. Deve-se atentar para o chapisco rolado para não executar com movimentos de vai e vem e também cuidar para que não ocorra segregação da

argamassa durante a execução de forma que a areia fique no fundo do recipiente e em vez de chapisco nas paredes somente a pasta de cimento é lançada no substrato. E também deve ser respeitado o prazo de 24 horas para a cura.

Segundo Bauer há prática de dois tipos de chapisco: o fechado e o aberto. No fechado o substrato é totalmente escondido pelo chapisco, já no aberto existem falhas. Quando se emprega o chapisco fechado à intenção é aumentar a resistência e a absorção de água. E o outro tem a finalidade de aumentar a rugosidade do substrato.

O emboço é aplicado após o chapisco e possui função de regularização. E a outra camada a ser aplicada é o reboco que terá função de acabamento. É possível fazer uma argamassa com uma camada única. Neste caso aplica-se o chapisco e o emboço atuará como regularização e acabamento, de modo que esse revestimento, tanto de camada única como de duas camadas, não ultrapasse 30mm de espessura.

A reologia é definida como a ciência que estuda a deformação e escoamento da matéria. Sua aplicação se justifica a partir do momento em que se podem classificar os materiais, analisar o seus comportamentos frente a um campo de tensão, relacionar estes comportamentos com a estrutura de cada material, bem como, prever o desempenho destes em outros estágios de tensão, deformação, tempo, temperatura (BAUER, 1998, p.23).

Na argamassa é importante analisar a viscosidade, consistência, trabalhabilidade, plasticidade dentre outros.

A viscosidade que é o deslocamento de uma matéria sobre uma superfície, sendo que uma boa argamassa é viscosa, mas não em excesso porque se não haverá segregação dos elementos.

Segundo Rilem (1982), a consistência é a propriedade pela qual a argamassa tende a resistir às deformações que lhe são impostas e que a plasticidade é a propriedade que permite a argamassa de deformar sem ruptura, sob a ação de forças superiores às que promovem a sua estabilidade, mantendo a deformação depois de retirado o esforço.

A trabalhabilidade é uma propriedade bem subjetiva já que depende do oficial pedreiro qualificar a argamassa e esse resultado pode variar de pessoa para pessoa. A trabalhabilidade é o tempo ou a facilidade que se tem para manusear a

argamassa antes que a mesma endureça. A utilização de aditivos e também incorporadores de ar aumentará a trabalhabilidade da argamassa.

Outro fenômeno que ocorre no processo de revestimento é retenção de água. É normal a perda de água na argamassa tanto pela evaporação como pela hidratação do cimento. Porém quanto maior for a retenção de água, ou seja, quanto menos a argamassa perder de água melhor será sua trabalhabilidade e menor será a chance de ocorrer fissuras futuras que são provocadas por perdas de águas em excesso.

A função de cada matéria na argamassa (cimento, areia e da água): o cimento servirá de colante e reage com água provocando o endurecimento da argamassa. O cimento contribui também para a resistência a tração. Entretanto o excesso de cimento poderá provoca fissuras futuras, pois diminui a propriedade de absorver as deformações; a água ajudará na trabalhabilidade da argamassa, porém não deve ser usada em excesso, pois tornará a argamassa mais fluída ocorrendo assim uma perda de aderência entre a argamassa e o substrato, já a areia contribuirá para aumentar a viscosidade da argamassa e em excesso pode ser prejudicial já que perderá a característica de fluída.

Uma argamassa de qualidade deve ter como finalidades: cobrir, proteger, ter estanqueidade e também ter uma boa estética. Para atingir esses objetivos o procedimento escolhido deve atender ao projeto, aos materiais e a técnica a ser empregada. Cada elemento tem a sua função e que a quantidade de cada componente influenciará no resultado pretendido. Procurando sempre um equilíbrio entre as propriedades, assim a argamassa terá um ótimo desempenho (BAUER et al, 2003).

5.4 AGREGADO RECICLADO

A fabricação de argamassa com a utilização de agregado reciclado de certa forma é uma tendência no meio acadêmico nos últimos tempos. Nesses estudos são feitos experimentos com o objetivo de verificar se é viável ou não. A vantagem de reutilizar o resíduo na argamassa de revestimento é o fato que se trata de reboco de parede ou seja não exerce a função estrutural, ou seja, seu objetivo não é resistir a grandes esforços.

Já existem estudos com o objetivo de dar destinos a esses resíduos, um desses estudos é a utilização desses resíduos como agregado fino (areia) na composição de argamassas.

Porém, ainda há necessidade de ser feito estudo para que se tenha uma confirmação de seu desempenho como agregado para argamassa. Sendo confirmada sua viabilidade para com a argamassa, isso irá gerar um grande ganho econômico, ambiental e social.

Segundo Camargo (1995), citado por Miranda e Selmo (2003), o entulho gerado em um canteiro de obra é basicamente composto por:

- 64% são de argamassas;
- 30% são provenientes de vedações como (bloco de gesso, alvenaria, cerâmicos entre outros);
- 6% provenientes de outros materiais como (pedra, concreto, madeira, plásticos entre outros);

A grande maioria desses materiais podem ser utilizados como agregado miúdo para fabricação de argamassa.

Com relação ao destino desses resíduos há algumas empresas e órgãos públicos no qual recebem estes materiais. Porém há uma dificuldade com relação aos geradores, pois estes não fazem uma seleção adequada e às vezes prejudicam a reutilização desses resíduos. Para obter uma boa qualidade, resíduos ideais para reaproveitar, seus materiais devem ser classificados de acordo com Resolução Conama nº 307 de 05 de julho de 2002(BRASIL), onde estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil.

De acordo com o Conama nº 307 (2002), citado por Miranda e Selmo (2003), onde estão classificados os resíduos da construção civil em quatro classes:

- a. Classe A: São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados tais como: resto de argamassas, blocos entre outros;
 - b. Classe B: São os resíduos recicláveis para outras destinações tais como: plásticos, papéis entre outros;
 - c. Classe C: São resíduos para os quais não são desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos de gesso;
 - d. Classe D: São aqueles resíduos perigosos oriundos do processo de construção tais como: tintas, óleos entre outros.
- (CONAMA N° 307, 2002, art. 3, p.2).

Os resíduos que devem ser utilizados para fabricação do agregado reciclado são os da classe A, pois estes são resíduos recicláveis. E dentro dessa classe deve se fazer uma separação criteriosa, para finalmente iniciar o processo de reaproveitamento desse material.

O principal objetivo quando se pensa em reciclagem é a minimização do impacto ambiental, pois quando substitui material natural por material reciclado, evita-se a degradação desses recursos naturais.

Na argamassa convencional, ou seja, sem utilização do agregado reciclado há a utilização de cal, porém na argamassa com material reciclado deve se ter um cuidado especial na adição de cal, já que na areia reciclada possui um teor alto de materiais pulverulentos. Esse cuidado se deve porque o excesso de cal na argamassa provoca um aumento significativo de fissuras. Além disso, essa diminuição de cal poderá ser transformada em economia para a obra (MIRANDA; SELMO, 2003).

Há uma resistência ao uso desse material (resíduos), e devido a isso o mercado ainda não aceitou totalmente essas novas técnicas de reciclagem, na qual seria a mais ecologicamente correta, pois iria substituir o recurso natural utilizado pelo reciclado, preservando assim o meio ambiente.

6. METOLOGIA

6.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Encontra-se a seguir a caracterização da pesquisa quanto aos seus objetivos, procedimentos e abordagem, conforme ilustrado na Figura 1.

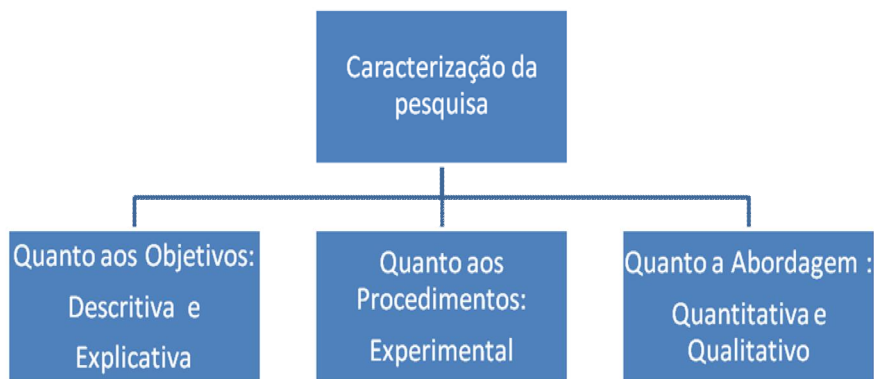


Figura 1: A Hierarquização das características da pesquisa

No que tange aos objetivos, a pesquisa é descritiva quando se descreve as características dos materiais e procedimentos adotados (GIL, 1999). No trabalho explicativo o conhecimento científico está apoiado nos resultados oferecidos pelos estudos analisados.

Segundo (Gil, 1999, p.2), uma pesquisa explicativa pode ser a continuação de outra descritiva, posto que a identificação dos fatores que determinam um fenômeno exige que este esteja suficientemente descrito e detalhado, ou seja, no caso deste trabalho, caracterizar os materiais utilizados torna-o descritivo. E a partir desses materiais, poderão ser explicados os resultados obtidos, quanto ao desempenho das argamassas com resíduos da construção e demolição deixando-o explicativo.

Considerando os procedimentos técnicos, a pesquisa experimental:

Está relacionada a experimentar, gerar inovações, testar materiais, elaborar e formular novos elementos, simular eventos, fazer estudos de laboratório, estudos com protótipos, estudos de amostras criteriosas (Souza et al, 2012, p.16).

Desse modo, a pesquisa foi classificada como experimental, já que tem características de inovação, quanto à utilização de resíduos da construção na produção de argamassa de revestimento. É uma inovação, pois tem intenção de formular um traço que tenha melhor desempenho, além da preocupação ambiental, reaproveitando os entulhos das construções. Para essa análise elaborou-se estudos em laboratórios e observações nas amostras.

Do ponto de vista da forma de abordagem do problema, a pesquisa é quantitativa quando os resultados numéricos são traduzidos em opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Para isso, utilizam-se técnicas estatísticas (RICHARDSON, 1989). Este trabalho tem caráter quantitativo, já que utiliza os resultados dos ensaios de resistência à compressão, à aderência e índice de fissura, para classificar o desempenho da argamassa com agregado reciclado.

Além disso, esse projeto é qualitativo. Visto que foi feita uma análise subjetiva da trabalhabilidade da argamassa com agregado reciclado. O propósito dessa abordagem é de produzir informações aprofundadas e ilustrativas: seja ela pequena ou grande, o que importa é que ela seja capaz de produzir novas informações+(DESLAURIERS, 1991, p. 58).

6.2 VARIÁVEIS DA PESQUISA

Inicialmente foram definidas as condições fixas e variáveis independentes. As variáveis dependentes foram fixadas de acordo com a capacidade das instalações dos Laboratórios da Área de Construção Civil do IFTO/Campus Palmas.

6.2.1 Condições Fixas

Para alcançar os objetivos propostos foram definidas como condições fixas o tipo de substrato e a espessura do revestimento, conforme ilustrado na Figura 2.

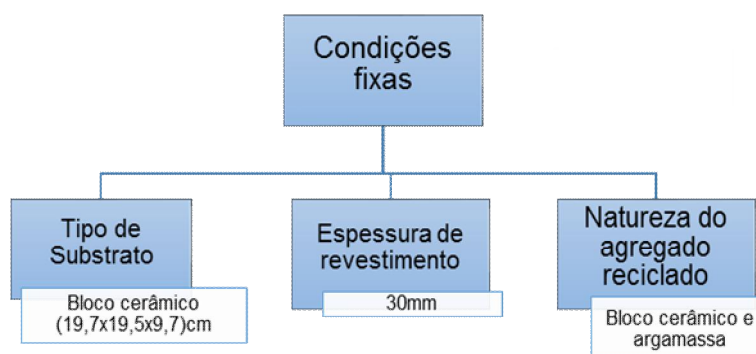


Figura 2: Condições fixas

6.2.1.1 Tipo de substrato

O bloco cerâmico de 8 furos possui média de 19,7cmx19,5cmx9,7cm (comprimento x largura x altura) que foram medidas após 10 amostras, com 8 furos quadrados na direção horizontal e tinham ranhuras nas faces laterais, de forma a auxiliar na ancoragem física do revestimento argamassado.

Na Figura 3 ilustra-se o painel que foi utilizado para aplicação dos traços. Levantou-se uma parede de no mínimo 1 metro de altura por 2 metros de comprimento. Essa parede realizou-se o chapisco com traço de 1:3 (cimento: areia grossa), conforme ilustrado na Figura 3.



Figura 3: Base para aplicação das argamassas

6.2.1.2 Natureza do agregado reciclado

O resíduo escolhido para este trabalho enquadra-se nos de Classe A segundo o Conama 307 (2002). As sobras utilizadas são entulhos produzidos pelo Laboratório de Materiais de Construção do IFTO/Campus Palmas.

Esse material foi recolhido aleatoriamente sem ser feita a separação dos detritos, ou seja, estavam presentes nesses resíduos restos de argamassa e blocos cerâmicos. Para obter o agregado reciclado, o entulho passou por um processo que é ilustrado na Figura 4, onde os resíduos foram quebrados em pedaços menores, com a utilização de uma marreta, de modo que possibilitou a passagem pela trituradora.

O entulho passou duas vezes pela trituradora, com intuito de facilitar o manuseio do equipamento. A primeira passagem no qual foi submetido, fez-se uma abertura com finalidade de reduzi-lo e na segunda passagem, com abertura mínima do equipamento. Por fim passou-se o material na peneira de 4,8mm, a mesma que é utilizada no peneiramento do agregado miúdo. Com o agregado peneirado, o material estava pronto para ser utilizado como agregado miúdo.



Figura 4: Processo de obtenção do agregado reciclado

6.2.1.3 Espessura da camada de revestimento

Utilizou-se a espessura de revestimento de 30mm para a parede. Essa medida foi especificada segundo o limite estabelecido na NBR 13.749 (ABNT, 1996) para paredes externas. A argamassa será aplicada por um oficial pedreiro (SALLES NETO, 2010).

6.2.2 Variáveis Independentes

As variáveis independentes têm origem no traço (TRA)1 da argamassa que foi estipulado 1: 3 (cimento: areia) em massa, de acordo com o trabalho de Oliveira e Cabral (2011). Dentro do traço definido existem 6 variações, que estão ligadas à quantidade de agregado reciclado (AR) que cada argamassa possui. Essa quantidade será aumentada gradualmente, de modo que o TRA1 possui 0% de AR (agregado reciclado), TRA2 10% de AR, TRA3 20% de AR, TRA4 30% de AR, TRA5 40% e TRA6 50% de AR, conforme ilustrado na Figura 5.

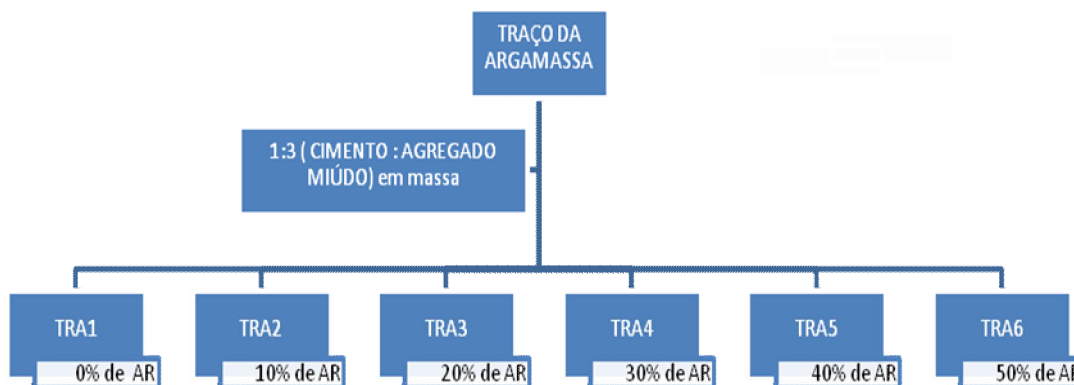


Figura 5: Variáveis independentes

Lembrando que o traço referência possui 1 porção de cimento para 3 porções de agregado miúdo. O cimento utilizado foi o CP II . Z . 32 e o agregado miúdo a areia de rio lavada. E o agregado reciclado substituiu o agregado natural proporcionalmente.

6.2.3 Variáveis Dependentes

As variáveis dependentes estão relacionadas: resistência à aderência, resistência à compressão e ao índice de fissuração; fatores estes que dependem da quantidade de agregado reciclado que cada traço de argamassa contém, conforme ilustrado na Figura 6.

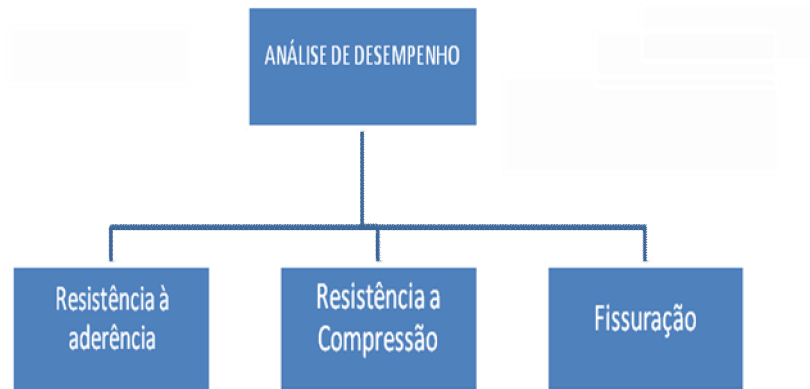


Figura 6: Variáveis dependentes

Esses tópicos são dependentes, pois sofre variação nos índices. Tal alteração é observada quando se compara os traços. O teor de agregado reciclado é um fator que influenciará nos resultados dos ensaios, tornando-os dependentes dos traços.

6.3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Foi adotado para este projeto o traço 1:3 (cimento/areia) como padrão. Este traço foi definido de acordo com o trabalho de Oliveira e Cabral (2011) e os outros cinco traços o agregado foi substituído por AR em porcentagens de 10%, 20%, 30%, 40% e 50%, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Porcentagem de agregado natural e reciclado em cada traço

Traço N°	Agregado natural (%)	Agregado reciclado (%)
TRA1	100	0
TRA2	90	10
TRA3	80	20
TRA4	70	30
TRA5	60	40
TRA6	50	50

Fonte: Oliveira e Cabral (2011)

Para análise, construiu-se uma parede de no mínimo 1 x 2m (altura x largura), com blocos cerâmicos de 8 furos que serviu de superfície para aplicação da argamassa de revestimento.

Essa parede foi locada de modo que os raios solares incidam de manhã numa superfície e durante o período da tarde na outra superfície. Chapiscou-se a área da parede com finalidade de aumentar a aderência da argamassa com o substrato. A água utilizada teve origem da rede pública local. Foram definidos seis áreas de 50x50cm de cada lado da parede.



Figura 7: Argamassa já aplicada na parede

6.3.1 Caracterização dos Materiais Empregados

6.3.1.1 Agregado reciclado e do agregado natural

A argamassa foi composta de agregado miúdo reciclado, agregado natural e cimento. O cimento utilizado será CP II Z 32. O agregado reciclado será obtido através da trituração de resíduos gerados pela construção civil. Os componentes utilizados passaram por ensaios para se obter a caracterização de cada um. Na Tabela 2 a seguir, representamos os ensaios e suas respectivas normas.

Tabela 2: Caracterização dos materiais e suas normas

Ensaio	Norma de ensaio: ano
Granulometria	NBR NM 248 (ABNT, 2003)
Massa Unitária	NBR NM 45 (ABNT, 2005)
Massa específica	NBR 9776 (ABNT, 1987)
Teor de finos <75µm	NBR NM 46 (ABNT, 2003)

6.3.1.2 Cimento portland

O cimento utilizado foi o CP II . Z . 32, não fez-se ensaios para sua caracterização, a composição do cimento foi fornecida pelo fabricante.

6.3.2 Caracterização das Argamassas de Revestimentos

6.3.2.1 Argamassa de revestimento no estado fresco

No estado fresco, a quantidade de água foi determinada por meio do ensaio de consistência (*flow table*) normatizado pela NBR 13.276 (ABNT, 2005). O valor do espalhamento fixado foi de 260mm (esse limite foi fixado de acordo com o trabalho de Oliveira e Cabral) para todos os traços utilizados, caso não for atingido o espalhamento fixado, será utilizado correção por meio de adição de água.

Este ensaio irá determinar a relação água/cimento para cada traço. Os materiais foram pesados com a proporção 1:3, e após sua pesagem os mesmos foram encaminhados para a argamassadeira. A água foi sendo adicionada aos poucos e foi verificado visualmente se a mesma tinha atingido uma homogeneidade adequada para dar continuidade ao ensaio.

Confeccionado o traço da argamassa, foi realizada a lubrificação da mesa com água e no seu centro foi colocado um molde troncônico, o mesmo sendo segurado por um ajudante para que não ocorresse seu deslocamento. Foram colocados três camadas do traço rodado na mesma altura e, com um soquete manual, aplicou-se 15 golpes para a primeira camada, 10 golpes para segunda camada e 5 golpes na terceira camada. O topo do molde troncônico foi regularizado com uma espátula. O molde foi retirado e em seguida foi girada a manivela da mesa, fazendo com que a mesma caísse 30 vezes em aproximadamente 30 segundos. Por

fim, mede-se dois diâmetros ortogonais entre si, do espalhamento da argamassa e a média desses dois valores é o índice de consistência.

6.3.2.2 Argamassa de revestimento no estado endurecido

No seu estado endurecido, foram realizados dois ensaios conforme a Tabela 3 abaixo. E assim analisou-se a resistência à aderência e a resistência à compressão.

Tabela 3: Ensaios e suas respectivas normas

Ensaio	Norma
Resistência à aderência	NBR 13.528 (ABNT, 2010)
Resistência à compressão	NBR 7215 (ABNT, 1996)

O ensaio de resistência de aderência decorre após 37 dias de idade de cura, conforme a NBR 13.528 (ABNT, 2010). Foram aplicadas três placas não deformáveis de seção circular 50 mm de diâmetro. No centro dessa placa possui um dispositivo que serviu de base para o equipamento medir a tração. Esse ensaio será feito em cada traço (Oliveira e Cabral, 2011).

No ensaio de resistência a compressão, retiraram 4 corpos de prova cilíndricos de 50x100mm (diâmetro x altura) de cada traço, obedecendo a NBR 7215 (ABNT, 1997). Os corpos de prova foram moldados na hora da aplicação da argamassa para que se tenha a resistência real da argamassa que foi aplicado na parede. A desmoldagem foi realizada após 24 horas, sendo que os corpos de prova ficaram submersos em água. Os corpos de prova permaneceram na câmara úmida até o dia de realizarem os ensaios, os quais foram aos 14 dias e 28 dias de idade.

Na análise do revestimento no estado endurecido observou-se o índice de fissuração presente em cada traço.

Para a avaliação deste ensaio, primeiro somam-se todas as fissuras do traço analisado e mede-se a área da superfície de cada traço.

$$= \frac{L}{A}$$

Equação 01

- = Índice de fissuração;
- **L** = Somatório linear das fissuras;
- **A** = Área da superfície.

6.4 PARA ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES

6.4.1 Argamassa de Revestimento no Estado Fresco

Para análise da argamassa de revestimento no estado fresco, fez-se a caracterização por meio do ensaio *flow table* de acordo com a norma NBR 13.276 (ABNT, 2005) comparou-se à relação água /cimento entre os traços.

Foi adiantado um trabalho piloto considerando os traços TRA1 (0% de agregado reciclado), TRA2 (10% de agregado reciclado) e TRA3 (20% de agregado reciclado) e observado que o fator água/cimento aumentava na medida em que aumentava a quantidade de agregado reciclado. Ilustrado no Gráfico 1.

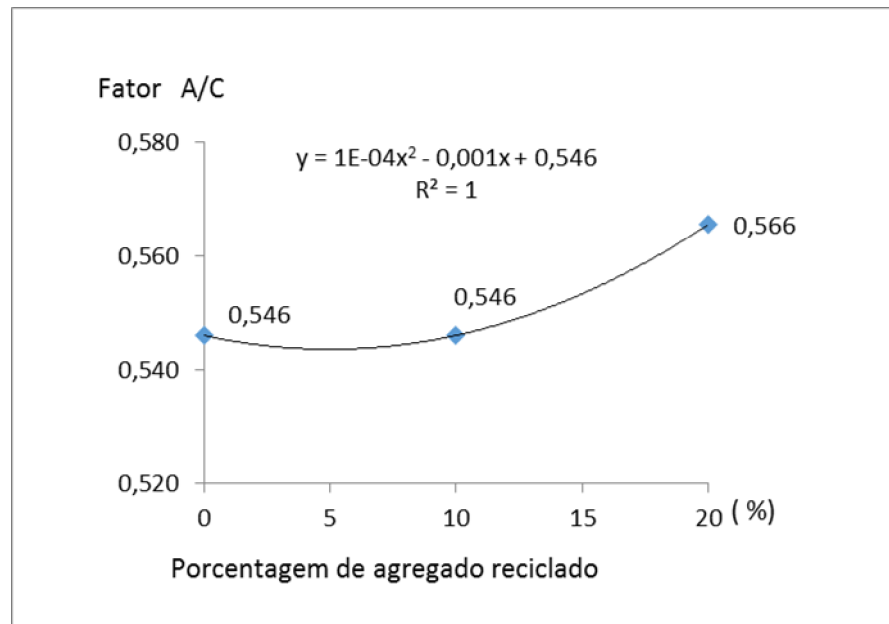


Gráfico 1: Comparação entre o fator A/C e a Porcentagem de AR em cada traço

Essa comparação servirá de base para entender o comportamento da argamassa quanto à quantidade de agregado reciclado na sua composição.

6.4.2 Argamassa de Revestimento no Estado Endurecido

Na análise do revestimento no estado endurecido, atentou-se em relação aos ensaios de resistência à compressão e de resistência à aderência. Esses dados foram comparados com a quantidade de agregado reciclado contido em cada traço. E também, verificou-se à argamassa atende o mínimo recomendado conforme a NBR 13.749 (ABNT, 1996) de revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. A tabela 4, representa o limite mínimo de resistência de aderência à tração para reboco.

Tabela 4: Limites de resistência aderência à tração

Local		Acabamento	Ra (em MPa)
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	~ 0,20
		Cerâmica ou laminado	~ 0,30
	Externa	Pintura ou base para reboco	~ 0,30
		Cerâmica	~ 0,30
Teto		~ 0,20	

Fonte: NBR 13.749 (ABNT 1996)

Analisou-se o revestimento no estado endurecido, observou-se o índice de fissuração presente em cada traço por meio da Equação 1.

6.4.3 Balanço do Desempenho das Argamassas

O desempenho da argamassa foi quantificado por meio dos resultados do conjunto dos ensaios, tanto no estado endurecido quanto no estado fresco. Todos os traços foram comparados com o TRA1, que é a argamassa com 0% de agregado reciclado.

Também fez-se o balanço relacionando o índice de fissura com o teor de agregado reciclado em cada traço.

6.5 PRODUÇÃO DA ARGAMASSA E APLICAÇÃO

Com os materiais caracterizados, determinados os traços e suas respectivas quantidades, executou-se os seguintes procedimentos:

- ✓ Verificou-se se todas as alvenarias da parede estão concluídas e fixadas;
- ✓ Esperou-se um prazo de 15 (quinze) dias após a parede estar concluída para que se inicie a execução do revestimento;
- ✓ Certificou-se de que a alvenaria não tenha sujeiras tais como materiais pulverulentos, graxas, óleos e desmoldantes;
- ✓ Assegurou-se a remoção de irregularidades metálicas que não tenham sido removidas (SALGADO, 2009).

Após a verificação dos itens citados anteriormente, a parede será chapiscada com traço 1:3 (cimento/ areia natural), e após chapiscada, deve-se esperar um prazo de no mínimo 3 (três) dias de cura do chapisco. Em cada plano da parede, delimitam-se seis partes, de 50x50cm para cada traço. Depois de feitas todas essas etapas, então será aplicada a argamassa de revestimento.

Utilizou o chumbamento das taliscas de cerâmicas de modo que serviram de base para as mestras guias. Cada traço vai ser aplicado separado, a cada área deverá ter pelo menos quatro taliscas. Para que cada plano seja regularizado independente dos outros traços com dosagem diferenciada conforme figura 8.

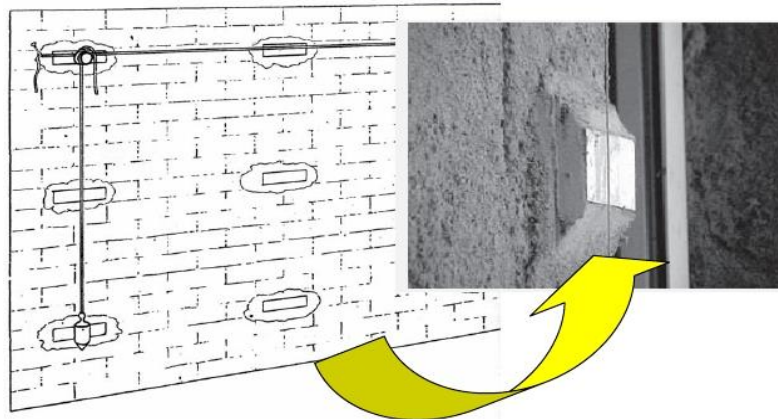


Figura 8: Fixação das taliscas

Fonte: Salgado (2009)

Após a delimitação do local destinado para cada traço, será feito um traço de cada vez. O volume que será produzido de argamassa, deverá suprir a área destinada para cada traço e também para a fabricação dos seus respectivos corpos-de-prova. A quantidade de cada componente está descrita na tabela 5.

Tabela 5: Quantidade de material para cada traço

Traço / Material	Cimento (kg)	Agregado natural (kg)	Agregado reciclado (kg)
1:3 (Padrão)	7,88	23,64	-
1:3(10% de A.R.)	7,88	21,28	2,36
1:3(20% de A.R.)	7,88	18,91	4,73
1:3(30% de A.R.)	7,88	16,55	7,09
1:3(40% de A.R.)	7,88	14,18	9,46
1:3(50% de A.R.)	7,88	11,82	11,82

Quando a argamassa estiver no ponto de aplicar, chapa-se o reboco utilizando a colher de pedreiro com a régua-sarrafo. Espalhe a massa pela superfície deixando a espessura de 30 mm.

Após a aplicação, fez-se o desempenho do reboco com auxílio da desempenadeira, deixando a superfície uniforme.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS EMPREGADOS

7.1.1 Agregado Natural e Agregado Reciclado

A determinação da massa específica do agregado miúdo, utilizou o método do frasco de Chapman (NBR9779/1987), a massa específica do agregado natural ensaiada é de 2,62g/cm³. E a massa específica do agregado reciclado utilizado foi de 2,38g/cm³. Os relatórios de ensaios estão nos apêndices 1 e 2. Desse modo verificou-se que a massa específica do agregado reciclado é próxima do agregado natural. Concluiu-se que são materiais semelhantes quanto à massa específica.

Para determinar a massa unitária do agregado miúdo utilizou-se a norma (NBR NM 45: 2006). De acordo com o ensaio o agregado miúdo utilizado obteve uma massa unitária de 1,57g/cm³. E para o agregado reciclado encontrou-se uma massa unitária de 1,35g/cm³. Os relatórios dos ensaios estão disponíveis nas

apêndices 3 e 4. Foi observado que a massa unitária dos dois materiais possuem valores próximos, assim pode-se se dizer que quanto à massa unitária são materiais com certa semelhança.

Quanto ao teor de finos foi analisado pela NBR NM 46 (ABNT, 2003) que de acordo com as apêndices 5 e 6 foi verificado que o agregado miúdo natural possui 3,2 % e o agregado reciclado possui 10,85% de materiais pulverulentos. Foi analisado que o material reciclado possui maior quantidade de material pulverulento. Esse aumento de teor de finos pode explicar o aumento da retenção de água que a argamassa com agregado reciclado possui.

Na tabela 6 mostra a comparação da massa específica, massa unitária e do teor de finos entre o agregado natural e o agregado reciclado.

Tabela 6: Caracterização do agregado miúdo

Ensaio	Agregado Reciclado (AR)	Agregado Natural (AN)	Varição de AR e AN
Massa Unitária	1,35g/cm ³	1,57g/cm ³	0,22 g/cm ³
Massa específica	2,62g/cm ³	2,38g/cm ³	0,24g/cm ³
Teor de finos <75µm	10,85%	3,2 %	7,05%

A granulometria do agregado miúdo foi feita de acordo com a NBR NM 248 (ABNT, 2003). Foi calculado 1 (um) para o modulo de finura para os dois agregados tanto o natural como o reciclado. E o diâmetro máximo do agregado natural foi de 4,8mm e do agregado natural foi de 2,36mm. Os relatórios dos ensaios de granulometria estão disponíveis nos apêndices 7 e 8.

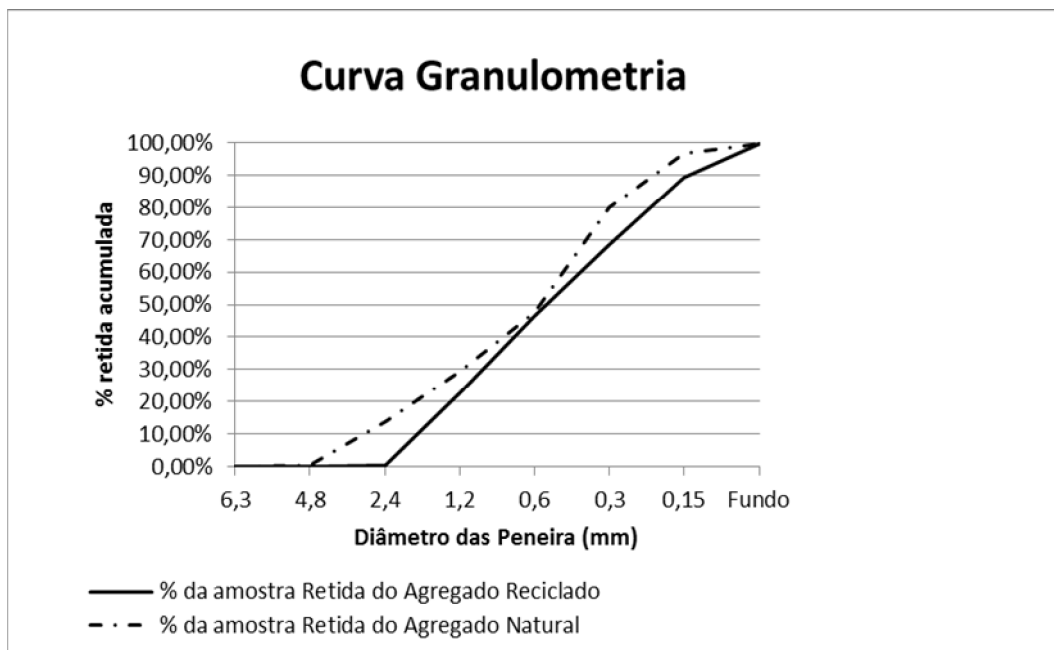


Gráfico 2: Distribuição Granulométrica do Agregado Reciclado e Natural

Concluiu-se que quanto a granulometria o agregado natural e agregado reciclado possui curvas granulométricas semelhantes, conforme o gráfico 2. Portanto possuem os mesmos comportamento na confecção de argamassa.

7.1.2 Cimento Portland

O cimento Portland utilizado foi da marca Tocantins, fabricado pela empresa Votorantim e comprado na cidade de Palmas no Estado do Tocantins. Para elaboração do experimento foi necessário utilização de um saco de 50 kg do tipo CP II . Z . 32 normatizado pela norma NBR 11.578 (ABNT, 1997) sua composição contém entre 6 a 14% de pozzolânico.

Tabela 7: Composição química do cimento utilizado

Composto	Teores (%)
Óxido de magnésio (MgO)	3,2
Trióxido de enxofre (SO ₃)	3,0
Óxido de alumínio (Al ₂ O ₃)	6,59
Dióxido de silício (SiO ₂)	21,93
Óxido de ferro (Fe ₂ O ₃)	3,29
Óxido de cálcio (CaO)	54,26
Equivalente alcalino	0,85
Anidrido sulfúrico (SO ₃)	3,0
Resíduo insolúvel	13,4
Perda ao fogo	5,2

Fonte: Fabricante

7.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTOS

7.2.1 Argamassa de Revestimento no Estado Fresco

No estado fresco a argamassa analisou-se quanto ao índice de consistência. De acordo com o ensaio de flow table estabeleceu-se 260mm ± 10mm (esse parâmetro teve referência com o trabalho de Oliveira e Cabral,2011) para todos os traços. No apêndice 9 descreve o procedimento do ensaio.

Neste ensaio determinou-se a relação água cimento para cada traço. Pois como os traços são compostos de proporções diferentes de AR, a quantidade de água também teve alteração. Miranda (2000), explica a necessidade do aumento da água:

As propriedades mecânicas das argamassas com entulho sofreram influência direta do consumo de água necessário para atingir a trabalhabilidade desejada, por sua vez decorrente da composição da composição granulométrica dos entulhos utilizados e da areia de rio (Miranda (2000), p.8).

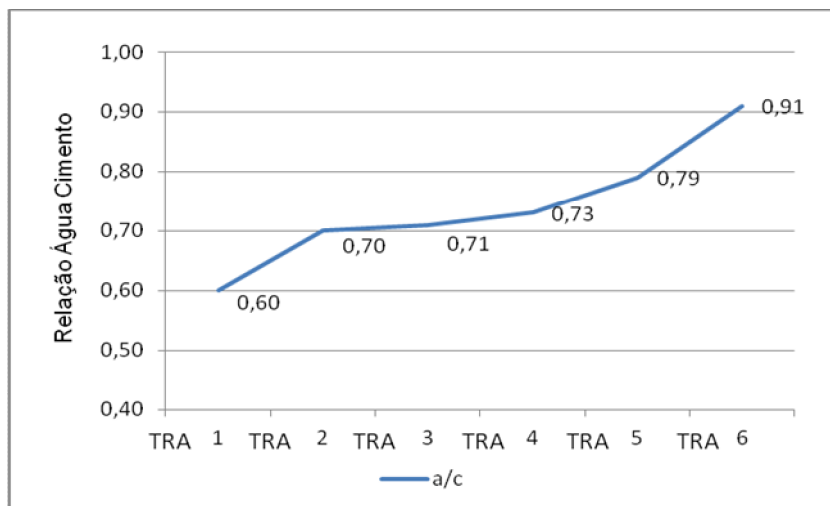


Gráfico 3: Relação Água/Cimento

Foi percebido que a medida que aumenta o teor de AR é necessário maior quantidade de água. Isso é explicado pela grande proporção de material pulverulento que o AR possui. No gráfico 3 demonstra a relação água/cimento comparando com os seus respectivos traços.

7.2.2 Argamassa de Revestimento no Estado Endurecido

7.2.2.1 Análise da resistência à compressão

No Gráfico 4 apresenta às médias obtidas por meio do ensaio de resistência a compressão aos 14 e 28 dias.

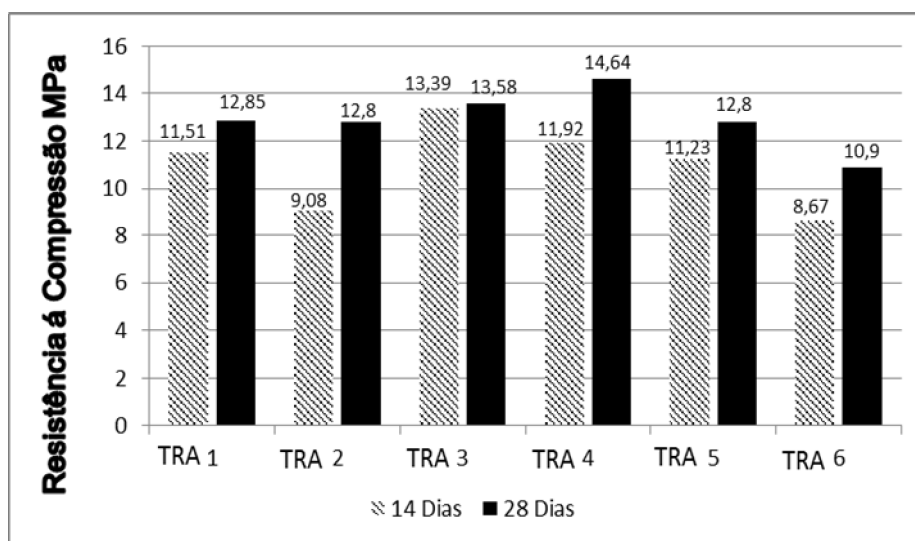


Gráfico 4: Ensaio de Resistência à Compressão

Foi observado que, a maioria dos traços com utilização de agregado reciclado obteve uma resistência à compressão superior a do traço referência que contém 0% de agregado reciclado.

Segundo Oliveira e Cabral (2011) a explicação para o acréscimo da resistência à compressão ser proporcional ao aumento do teor de agregado reciclado na mistura. É devido à maior presença de água nas argamassas, isso acontece até certo ponto, depois a resistência à compressão começa a diminuir. Esse aumento de água pode ser analisado no gráfico 3. Esta água adicional propicia uma maior hidratação dos grãos de cimento+ (OLIVEIRA e CABRAL, 2011 p. 29 apud LIMA, 2005). Quanto mais hidratado maior será a formação de cristais que ocorre da reação água com cimento. Esses cristais contribuiu para o aumento da resistência a compressão.

O traço que apresentou a melhor resistência à compressão foi o TRA 4, o qual tem em sua composição 30% de agregado reciclado aos 28 dias. Este atingiu uma resistência de 14,64 MPa e o TRA 1 atingiu aos 28 dias uma resistência de 12,85 Mpa, houve uma diferença de 1,79 Mpa.

O traço TRA 6 com 50% de agregado reciclado foi o que apresentou a menor resistência. Aos 14 dias a resistência foi de 8,67 Mpa e aos 28 dias 10,90 Mpa. Comparado com o traço referência de 0% e agregado reciclado teve uma resistência inferior.

A Figura 9 ilustra a realização dos ensaios e os relatórios dos respectivos estão nas apêndices 10 e 11.



Figura 9 (a) e (b): Ensaio de Resistência à Compressão

Notou-se que a partir de uma determinada quantidade de material reciclado incorporado na mistura, a quantidade de água necessária para se manter a consistência desejada de argamassa é tão grande, que esta reduz a sua resistência à compressão, em função da elevada porosidade produzida (OLIVEIRA E CABRAL, 2011 p. 29).

7.2.2.2 Análise da resistência à aderência

Para a resistência à aderência foi seguido como referência a norma NBR 13.528 (ABNT, 2010). A figura 10 ilustra o processo para o ensaio de aderência. Inicialmente foram feitos furos com serra copo de 50mm de diâmetro, foi utilizado um material (papelão) para sustentar as pastilhas. Preparada essa sustentação foi feita a colagem das pastilhas com cola a base de epóxi. O relatório desse ensaio está no apêndice 12.

Depois disso esperou-se um prazo determinado pelas especificações da cola e então se executou o ensaio de aderência aplicado pelo aparelho de medir a tração indicado no 4º passo da figura 10. Neste ensaio foi medida a força necessária para o desprendimento do revestimento (argamassa) do substrato. De acordo com essa força foi adquirida a média da resistência em MPa de cada traço.

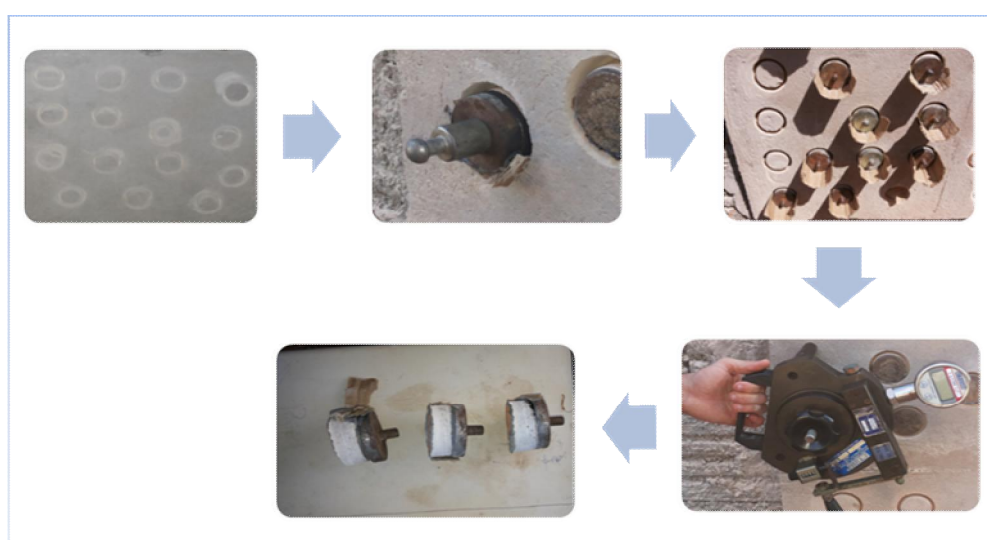


Figura 10: Procedimento do ensaio de resistência à aderência

Conforme análise do gráfico 6 todos os traços atingiram o mínimo exigido pela norma de revestimentos de acordo com a NBR 14749 (ABNT,1996). Essa

estabelece 0,30MPa o mínimo de resistência e aderência para paredes externas, o que pode ser conferido na tabela 4.

Observou-se que à medida que se aumenta a proporção de agregado reciclado há um aumento na resistência à aderência. Esse incremento da resistência pode ser explicado pelo fato do agregado reciclado possuir maior quantidade de materiais pulverulentos. Com isso há uma maior retenção de água, o que propicia uma hidratação melhor do cimento e a formação de cristais que aumentam a aderência da argamassa com o substrato.

A partir da média de cada traço notou-se que, a maior resistência à aderência atingida foi do TRA3 com 20% de agregado reciclado o qual está representado no gráfico 6.

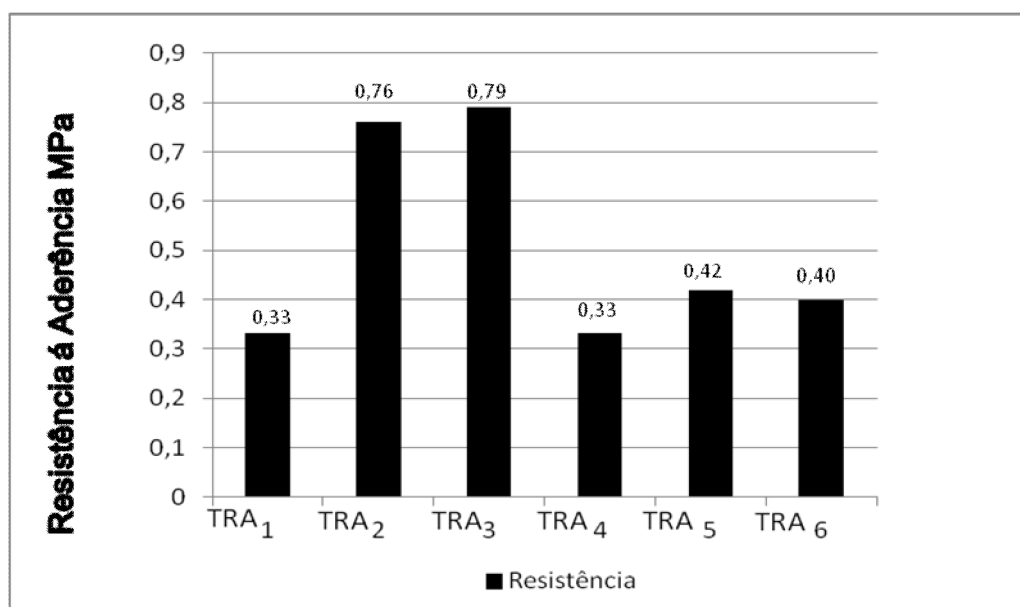


Gráfico 5: Resistência à aderência

Com base neste gráfico é possível notar que existe uma porção ideal de agregado reciclado que terá as resistências maiores. Essa porção está entre 20% a 30% de agregado reciclado na argamassa. (Lima, 2005; Moriconi et al., 2009).

7.2.2.3 Análise das fissuras

Observou-se que o traço com maior teor de reciclado havia maior quantidade de fissuras. Para análise destas foi feito um índice, onde se somou o

comprimento das fissuras e dividiu pela área da superfície correspondente ao traço. Estes estão expostos abaixo.

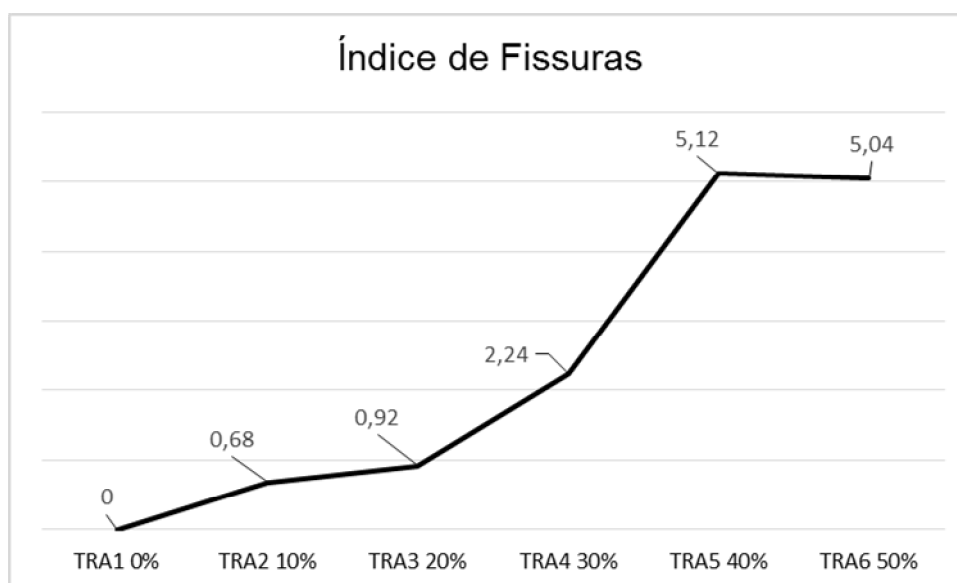


Gráfico 6: Índice de fissuras

O TRA 1 com 0% de agregado reciclado não houve fissuras, porém o TRA 5 com 40% de reciclado teve um índice de fissuras de 5,12. Percebeu-se então que o aumento do teor de reciclado pode provocar fissuras, pois o agregado reciclado possui uma quantidade maior de finos, aumentando a retenção de água e isso pode explicar o aumento das fissuras. Observou-se também que o TRA 6 teve um índice abaixo do TRA 5 isso significa que não é um crescimento proporcional das fissuras com o teor de agregado reciclado.

Na figura abaixo há uma ilustração de algumas fissuras que surgiram. No apêndice 13 está disponível o relatório completo do índice de fissura.



Figura 11 (a): fissuração



Figura 11 (b): fissuração

Na Figura 11(a) é uma imagem mais próxima com intuito de ter uma noção da do tamanho real das fissuras, e para isso as canetas auxiliam na compreensão da foto. Na Figura 11(b) é possível ter a superfície total de um determinado traço, possibilitando assim visualizar a quantidade de fissuras.

8. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

8.1 CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que o agregado reciclado é semelhante no que tange as características físicas. E quanto ao desempenho, principalmente da resistência à aderência, teve índices satisfatórios atestando o a reutilização de materiais da construção e demolição.

Com base nos resultados dos ensaios de caracterização do agregado miúdo notou-se que quanto aos ensaios de massa unitária, massa específica e a distribuição granulométrica dos resultados do agregado reciclado foram bem próximas ao do agregado natural, porém no ensaio do teor de finos, o agregado reciclado teve proporção bem maior do que o agregado natural.

A vantagem do aumento do teor de finos do agregado, aumenta a densidade de massa no estado fresco e também no estado endurecido devido ao maior empacotamento provocado pelos finos (SILVA,2006).

Na análise da argamassa no estado fresco observou-se que à medida que aumenta o teor de agregado reciclado, necessita-se maior quantidade de água para atingir o índice de consistência desejado. Possivelmente isso pode ser explicado pelo fato de que o agregado reciclado possui maior retenção de água, provocado pela maior quantidade de finos. Onde segundo Miranda (2000):

O teor total de finos < 75 µm no valor de 32% mostrou ter influência na fissuração independente do tipo de entulho, sendo que o valor no qual começou a se tornar crítico para a fissuração poderá depender da distribuição granulométrica da argamassa e da relação água/cimento corrigida (Miranda (2000), p.10).

No estado enrijecido a argamassa com agregado reciclado teve bons desempenhos. Quanto ao ensaio de compressão o TRA 4 com 30% de agregado reciclado teve a maior resistência com 14,64 MPa. No ensaio de aderência o TRA 3

obteve 0,79 MPa. Com isso, conclui-se que o traço com melhor desempenho é o TRA3 com 20% de agregado reciclado visto que, em se tratando de argamassa de revestimento, a aderência ao substrato é fator primordial e este apresentou melhor desempenho entre os outros traços.

8.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com clareza, este estudo ainda tem muito mais a oferecer, tanto ao meio ambiente como ao meio acadêmico. Dessa forma, deseja-se que novas pesquisas relacionadas a este tema sejam realizadas.

Como sugestões para trabalhos futuros, ligados à utilização de resíduos da construção e na produção de argamassa de revestimento, tem-se:

- ✓ Utilização de traços diferentes;
- ✓ Utilização de CAL nos traços;
- ✓ Lavagem do agregado reciclado para diminuir o teor de finos;
- ✓ Realizar o ensaio de absorção de água no agregado miúdo;
- ✓ Aumentar a taxa de agregado: 60%, 70%, 80%, 90% e 100%;
- ✓ Analisar os efeitos de variáveis não controláveis, como: mão de obra, técnica utilizada que pode ser manual ou projetada por máquina, exposição ao sol para verificar a variação da argamassa em relação aos raios solares matutinos ou vespertinos, e também quanto a cura.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . ABNT: **NBR NM 45:2006** **É Agregados É Determinação da massa unitária e do volume de vazios.** Rio de Janeiro: 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . ABNT: **NBR NM 248** **É Agregados É Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro: 2003. p.13.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . ABNT: **NBR 9776** **É Agregados É Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman.** Rio de Janeiro: 1987. p.3.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . ABNT: **NBR NM 46** **É Determinação do material fino que passa através da peneira de 75 mm, por lavagem.** Rio de Janeiro: 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . ABNT: **NBR 13276** **É Preparo da mistura e determinação do índice de consistência.** Rio de Janeiro: 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . ABNT: **NBR 13.528** **É Determinação da resistência de aderência à tração.** Rio de Janeiro: 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . ABNT: **NBR 7215** **É Determinação da resistência à compressão.** Rio de Janeiro: 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS . ABNT: **NM 26** - **Amostragem de agregados É Métodos de ensaio.** Rio de Janeiro: 2001.

BAUER, SANTOS, RAMOS et al. **Revestimentos de Argamassa: Características e Peculiaridades.**

CONAMA. Resolução 307, de 05 de julho de 2002. Dispõe sobre a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 17 de jul. 2002.

DECLARAÇÃO DE ESTOCOLMO, **A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Disponível**. Estocolmo EM Junho de 1972. Disponível em: <<http://www.silex.com.br/leis/normas/estocolmo.htm>> Acesso em 29 de Nov de 2012).

FOLHA ONLINE. Disponível em: <
http://www1.folha.uol.com.br/folha/especial/2002/riomais10/o_que_e-3.shtml>. Acesso em: 28 de Nov. 2012.

FARIA CAROLINE. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/ecologia/construcao-sustentavel/>>. Acesso em: 11 de Dez. 2012.

NOVAES, M. V; Mourão, C. A. M. A., **Manual de gestão ambiental de resíduos sólidos na construção civil**. Coopercon . Cooperativa da Construção Civil do Estado do Ceará. 100p.1ª Ed. Fortaleza (2008).

MIRANDA, Leonardo; SELMO, Sílvia. **Pini: Argamassas com areia de entulho reciclado**. 2003. Disponível em: <
<http://www.piniweb.com.br/construcao/noticias/argamassas-com-areia-de-entulho-reciclado-80234-1.asp>> Acesso em: 11 de Dez. 2012.

PINHEIRO, Roberta Dias. **Desempenho de revestimento de argamassa com entulho gerado de canteiros de obra na região de Palmas É TO**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) . Centro Universitário Luterano - ULBRA, Palmas 2006.

PINTO, T. P.; Gonzáles, J. L. R., **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**. In: **Manual de Orientação: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios**. Caixa Econômica Federal (CEF) (ed). 194p. Brasília (2005).

SALGADO, Mônica Santos. **Capítulo IV: Revestimentos - Acabamentos Argamassados**. Rio de Janeiro (2009).

TANNER, R.I. **Engineering Rheology**. Ver. Ed. Oxford Science Publications, New York, 1998.

RILEM. MR3. **The Complex Workability Ë Consistence Ë Plasticity**. France, 1982.

WWF BRASIL. Disponível em:
<http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/>. Acesso em: 09 Dez. 2012.

SALLES NETO, Moacyr. **Estudo do mecanismo de formação de florescências em revestimento de argamassa aplicados a substrato cerâmico e o efeito de barreira**. Tese de doutorado em estruturas e construção civil na Faculdade de Tecnologia Universidade de Brasília. Brasília (2010).

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DO AGREGADO MIÚDO POR MEIO DO FRASCO DE CHAPMAN (AGREGADO RECICLADO).

NORMA: NBR 9779 (ABNT, 1987).

MATERIAIS/EQUIPAMENTOS:

- Balança → Cap. Mínima de 1 kg e sensibilidade de 1g;
- Frasco de Chapman;
- Estufa para secagem;
- 500g de agregado miúdo.
- Funil;
- Cadinho de porcelana;
- Espátula;
- Pincel.

EXECUÇÃO:

1. Colocar água até a marca de 200 cm³, cuidado para que não fique água aderida nas paredes;
2. Colocar cuidadosamente o agregado miúdo com auxílio do funil e da espátula;
3. Ligeiramente inclinado, rotacionar (vaivém) o frasco de Chapman de modo a propiciar a saída de pequenas bolhas de ar;
4. Verificar se não existe água ou agregado miúdo aderido nas paredes do gargalo;
5. Deixar o frasco de Chapman nivelado e vertical;
6. Realizado a leitura (L) na escala graduada do gargalo;

7. Repetir o procedimento.

RESULTADO:

O cálculo da massa específica do agregado miúdo, em g/cm³, foi realizado segundo a fórmula:

$$\frac{500}{L - 200}$$

Onde:

500 = massa do agregado miúdo seco em estufa, em gramas; 200 = volume de água a descontar, em ml; L = leitura do frasco, em ml e = massa específica, em g/ml ou g/cm³.

- $\gamma_1 = \frac{500}{410 - 200} = 2,38 \text{ g/cm}^3$ (**Amostra 1**)

- $\gamma_2 = \frac{500}{409 - 200} = 2,39 \text{ g/cm}^3$ (**Amostra 2**)

$$\gamma_1 - \gamma_2 = 2,38 - 2,39 = 0,01 \text{ g/cm}^3$$

Amostra 1:

L = 410ml 1 = 2,38g/cm³

Amostra 2:

L = 409ml 2 = 2,39g/cm³

Diferença entre as amostras = 0,01g/cm³

Média das duas determinações:

- $m = 2,38 \text{ g/cm}^3$

CONCLUSÃO:

De acordo com as normas técnicas pertinentes ao ensaio: "Determinação da massa específica do agregado miúdo por meio do frasco de Chapman (NBR9779/1987)", a massa específica do agregado miúdo é a média das duas determinações, dada em g/cm³, e para o agregado ensaiado (reciclado) atender às condições exigidas para a validade deste ensaio, ambas as determinações não devem diferir entre si mais de 0,05g/cm³. Observando-se o método de ensaio, encontraram-se as seguintes massas específicas:

- Amostra 1: = 2,38g/cm³
- Amostra 2: = 2,39g/cm³
- m = 2,38g/cm³

A massa específica real é definida como a massa pelo volume real, isto é, volume das partículas sólidas (grãos de areia), desconsiderando-se os vazios. As amostras diferiram 0,01g/cm³ entre si, logo atenderam às exigências e tornaram o ensaio válido. Portanto, a massa específica do agregado reciclado ensaiada é de **2,38g/cm³**.

APÊNDICE 2 - DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DO AGREGADO MIÚDO POR MEIO DO FRASCO DE CHAPMAN (AGREGADO NATURAL).

NORMA: NBR 9779 (ABNT, 1987).

MATERIAIS/EQUIPAMENTOS:

- Balança → Cap. Mínima de 1 kg e sensibilidade de 1g;
- Estufa para secagem;
- Frasco de Chapman;
- 500g de agregado miúdo.
- Funil;
- Cadinho de porcelana;
- Espátula;
- Pincel;

EXECUÇÃO:

1. Colocar água até a marca de 200 cm³, cuidado para que não fique água aderida nas paredes;
2. Colocar cuidadosamente o agregado miúdo com auxílio do funil e da espátula;
3. Ligeiramente inclinado, rotacionar (vaivém) o frasco de Chapman de modo a propiciar a saída de pequenas bolhas de ar;
4. Verificar se não existe água ou agregado miúdo aderido nas paredes do gargalo;

5. Deixar o frasco de Chapman nivelado e vertical;
6. Realizado a leitura (L) na escala graduada do gargalo;
7. Repetir o procedimento.

RESULTADO:

O cálculo da massa específica do agregado miúdo, em g/cm³, foi realizado segundo a fórmula:

$\frac{500}{L - 200}$

Onde:

500 = massa do agregado miúdo seco em estufa, em gramas; 200 = volume de água a descontar, em ml; L = leitura do frasco, em ml e = massa específica, em g/ml ou g/cm³.

- $\gamma_1 = \frac{500}{391 - 200} = 2,62 \text{ g/cm}^3$ (**Amostra 1**)
- $\gamma_2 = \frac{500}{389 - 200} = 2,64 \text{ g/cm}^3$ (**Amostra 2**)

$$\gamma_1 - \gamma_2 = 2,62 - 2,64 = 0,02 \text{ g/cm}^3$$

Amostra 1:

L = 391ml 1 = 2,62g/cm³

Amostra 2:

L = 389ml 2 = 2,64g/cm³

Diferença entre as amostras = 0,02g/cm³

Média das duas determinações:

- m = 2,62g/cm³

CONCLUSÃO:

De acordo com as normas técnicas pertinentes ao ensaio: "Determinação da massa específica do agregado miúdo por meio do frasco de Chapman (NBR9779/1987)", a massa específica do agregado miúdo é a média das duas determinações, dada em g/cm³, e para o agregado ensaiado (reciclado) atender às condições exigidas para a validade deste ensaio, ambas as determinações não

devem diferir entre si mais de 0,05g/cm³. Observando-se o método de ensaio, encontraram-se as seguintes massas específicas:

- Amostra 1: = 2,62g/cm³
- Amostra 2: = 2,64g/cm³
- m = 2,62g/cm³

A massa específica real é definida como a massa pelo volume real, isto é, volume das partículas sólidas (grãos de areia), desconsiderando-se os vazios. As amostras diferiram 0,02g/cm³ entre si, logo atenderam às exigências e tornaram o ensaio válido. Portanto, a massa específica do agregado reciclado ensaiada é de **2,62g/cm³**.

APÊNDICE 3 - DETERMINAÇÃO DA MASSA UNITÁRIA DO AGREGADO MIÚDO (AGREGADO RECICLADO).

NORMA: NBR NM 45 (ABNT, 2005).

MATERIAIS/EQUIPAMENTOS:

- Balança → Cap. Mínima de 1 kg e sensibilidade de 1g;
- Concha
- Recipiente
- Régua para regularização
- Estufa para secagem capaz de manter a temperatura no intervalo de 105°C ± 5°C.

EXECUÇÃO:

1. Pesar o recipiente onde será colocado o agregado miúdo, ou deixar a balança tarada com o peso do recipiente;
2. Despejar o agregado miúdo a uma altura de aproximadamente de 50 mm;
3. Nivelar a camada superficial do agregado com a régua;
4. Anotar a massa do conteúdo dentro do recipiente;
5. Repetir o procedimento para três amostras para encontrar a média.

RESULTADO:

O cálculo da massa unitária do agregado miúdo, em g/cm³, foi realizado segundo a fórmula:

$$\text{Mu} = \frac{\text{Ma}}{\text{V}}$$

Onde: Mu = massa unitária;
Ma = massa do agregado miúdo;
V = Volume do recipiente

- $\text{Mu}_1 = \frac{2700}{2000} = 1,35 \text{ g/cm}^3$ (**Amostra 1**)
- $\text{Mu}_2 = \frac{2680}{2000} = 1,34 \text{ g/cm}^3$ (**Amostra 2**)
- $\text{Mu}_3 = \frac{2720}{2000} = 1,36 \text{ g/cm}^3$ (**Amostra 3**)

$$\text{Massa unitária média} = \frac{\text{Mu}_1 + \text{Mu}_2 + \text{Mu}_3}{3} = \frac{1,35 + 1,34 + 1,36}{3} = 1,35 \text{ g/cm}^3$$

CONCLUSÃO:

De acordo com as normas técnicas pertinentes ao ensaio: ~~%~~ Determinação da massa unitária do agregado miúdo (reciclado) por meio norma NBR NM 45 (ABNT, 2005), a massa unitária do agregado miúdo é a média de três amostras, Portanto a massa unitária é **1,35g/cm³**.

APÊNDICE 4 - DETERMINAÇÃO DA MASSA UNITÁRIA DO AGREGADO MIÚDO (AGREGADO NATURAL).

NORMA: NBR NM 45 (ABNT, 2005).

MATERIAIS/EQUIPAMENTOS:

- Balança → Cap. Mínima de 1 kg e sensibilidade de 1g;
- Concha
- Recipiente
- Régua para regularização
- Estufa para secagem capaz de manter a temperatura no intervalo de 105°C ± 5°C.

EXECUÇÃO:

1. Pesar o recipiente onde será colocado o agregado miúdo, ou deixar a balança tarada com o peso do recipiente;
2. Despejar o agregado miúdo a uma altura de aproximadamente de 50 mm;
3. Nivelar a camada superficial do agregado com a régua;
4. Anotar a massa do conteúdo dentro do recipiente;
5. Repetir o procedimento para três amostras para encontrar a média.

RESULTADO:

O cálculo da massa unitária do agregado miúdo, em g/cm³, foi realizado segundo a fórmula:

$$\text{Mu} = \frac{\text{Ma}}{\text{V}}$$

Onde: Mu = massa unitária;
Ma = massa do agregado miúdo;
V = Volume do recipiente

- $\text{Mu}_1 = \frac{3100}{2000} = 1,55 \text{ g/cm}^3$ (**Amostra 1**)
- $\text{Mu}_2 = \frac{3200}{2000} = 1,6 \text{ g/cm}^3$ (**Amostra 2**)
- $\text{Mu}_3 = \frac{3150}{2000} = 1,575 \text{ g/cm}^3$ (**Amostra 3**)

$$\text{Massa unitária média} = \frac{\text{Mu}_1 + \text{Mu}_2 + \text{Mu}_3}{3} = \frac{1,55 + 1,6 + 1,57}{3} = 1,57 \text{ g/cm}^3$$

CONCLUSÃO:

De acordo com as normas técnicas pertinentes ao ensaio: ~~%~~ Determinação da massa unitária do agregado miúdo por meio norma NBR NM 45 (ABNT, 2005), a massa unitária do agregado miúdo é a média de três amostras, Portanto a massa unitária é **1,57g/cm³**.

APÊNDICE 5 - DETERMINAÇÃO DO TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS DO AGREGADO MIÚDO (AGREGADO RECICLADO).

NORMA: NBR NM 46 (ABNT, 2006).

MATERIAIS/EQUIPAMENTOS:

- Conjunto de Peneiras (#1,18mm e # 0,075mm);
- Uma recipiente para lavagem do agregado;
- Água corrente;
- Estufa;
- Balança → Cap. Mínima de 1kg e sensibilidade de 1g;
- Agregado miúdo amostra seca em estufa (105 ± 5)°C até a constância de massa;
- Recipiente de vidro;
- Luvas.

EXECUÇÃO:

1. Pesar a amostra do agregado conforme a tabela abaixo:

D. Max (mm)	Massa Mínima (g) (mi)
2,36	100
4,75	500
9,5	1000
19	2500
37,5	5000

2. Coloca-se o agregado no recipiente;
3. Coloca-se água dentro do recipiente de modo que não transborde quando for agitada;
4. Agita-se para provocar a separação e suspensão do material pulverulento;
5. Verte-se a água com o material em suspensão pelo conjunto de peneiras;
6. Lavar as peneiras sobre o recipiente, de modo que todo o material retido nelas volte para junto da amostra em análise;

7. Repete-se o processo (volte ao item 02) até que a água se torne clara.
Para verificar isso se utiliza o recipiente de vidro;
8. O agregado lavado é finalmente seco em estufa até a constância massa;
9. Pesa-se o agregado seco (mf).

RESULTADO:

O Percentual do material pulverulento é calculado pela fórmula:

$$m = \frac{(m_i - m_f)}{m_i} \times 100 (\%)$$

m . É a porcentagem de material mais fino que peneira de #0,075mm por lavagem (material pulverulento);

m_i . é a massa original da amostra seca, em gramas;

m_f . É a massa da amostra seca após a lavagem, em gramas.

Obs.: O resultado deve ser a média aritmética de duas determinações.

- **Amostra 1:**

$$m = \frac{(m_i - m_f)}{m_i} \times 100 (\%) = \frac{(100 - 89,9)}{100} \times 100(\%) = 10,1 \%$$

- **Amostra 2:**

$$m = \frac{(m_i - m_f)}{m_i} \times 100 (\%) = \frac{(100 - 84,4)}{100} \times 100(\%) = 11,6 \%$$

$$\text{Média} = \frac{(10,1 + 11,6)}{2} = \mathbf{10,85 \%$$

O agregado reciclado apresentou **10,85 %** de materiais pulverulentos.

APÊNDICE 6 - DETERMINAÇÃO DO TEOR DE MATERIAIS PULVERULENTOS DO AGREGADO MIÚDO (AGREGADO NATURAL).

NORMA: NBR NM 46 (ABNT, 2006).

MATERIAIS/EQUIPAMENTOS:

- Conjunto de Peneiras (#1,18mm e # 0,075mm);
- Uma recipiente para lavagem do agregado;
- Água corrente;
- Estufa;
- Balança → Cap. Mínima de 1kg e sensibilidade de 1g;
- Agregado miúdo [amostra seca em estufa (105 ± 5)°C até a constância de massa];
- Recipiente de vidro;
- Luvas.

EXECUÇÃO:

1. Pesar a amostra do agregado conforme a tabela abaixo:

D. Max (mm)	Massa Mínima (g) (mi)
2,36	100
4,75	500
9,5	1000
19	2500
37,5	5000

2. Coloca-se o agregado no recipiente;
3. Coloca-se água dentro do recipiente de modo que não transborde quando for agitada;
4. Agita-se para provocar a separação e suspensão do material pulverulento;
5. Verte-se a água com o material em suspensão pelo conjunto de peneiras;
6. Lavar as peneiras sobre o recipiente, de modo que todo o material retido nelas volte para junto da amostra em análise;

7. Repete-se o processo (volte ao item 02) até que a água se torne clara. Para verificar isso se utiliza o recipiente de vidro;
8. O agregado lavado é finalmente seco em estufa até a constância massa;
9. Pesa-se o agregado seco (mf).

RESULTADO:

O Percentual do material pulverulento é calculado pela fórmula:

$$m = \frac{(m_i - m_f)}{m_i} \times 100 (\%)$$

m . É a porcentagem de material mais fino que peneira de #0,075mm por lavagem (material pulverulento);

m_i . é a massa original da amostra seca, em gramas;

m_f . É a massa da amostra seca após a lavagem, em gramas.

Obs.: O resultado deve ser a média aritmética de duas determinações.

- **Amostra 1:**

$$m = \frac{(m_i - m_f)}{m_i} \times 100 (\%) = \frac{(500 - 496,4)}{500} \times 100(\%) = 3,6 \%$$

- **Amostra 2:**

$$m = \frac{(m_i - m_f)}{m_i} \times 100 (\%) = \frac{(500 - 497,2)}{500} \times 100(\%) = 2,8 \%$$

$$\text{Média} = \frac{(3,6 + 2,8)}{2} = 3,2 \%$$

O agregado natural apresentou **3,2 %** de materiais pulverulentos.

APÊNDICE 7 - DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO MIÚDO (AGREGADO RECICLADO).

NORMA: NBR NM 248 (ABNT, 2003).

MATERIAIS/EQUIPAMENTOS:

- Estufa para secagem;
- Balança → Cap. Mínima de 1 kg e sensibilidade de 1g;
- Cadinho de porcelana;
- Pincel para limpezas dos recipientes;
- Pincel de aço;
- Bandeja;
- Agitador automático de peneiras;
- Conjunto de peneiras da série normal;
- Fundo avulso de peneira.

EXECUÇÃO:

1. A amostra (areia) ensaiada deve ter, no mínimo, 500g de material seco em estufa para cada determinação, o qual deverá estar à temperatura ambiente durante o ensaio;
2. Peneirar o material na série normal de peneiras até que, após 60s de peneiramento contínuo, passe pelo menos 1,0% da massa inicial na peneira;
3. Pesar o material retido em cada peneira, com aproximação de 0,1g;
4. Repetir o procedimento.

Granulometria do Agregado Reciclado

Peneiras	1 ° Determinação - Ensaio			2 ° Determinação - Ensaio			Média dos dois ensaios		
	Massa Retida	% da amostra	% acumulada	Massa Retida	% da amostra	% acumulada	Massa retida	% da amostra	% acumulada
25	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00%
19	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00%
12,5	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00%
9,5	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00%
6,3	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00%
4,8	0,4	0,08%	0,08%	0	0,00%	0,00%	0,02	0,04%	0,04%
2,4	0,5	0,01%	0,09%	1,6	0,32%	0,32%	1,05	0,16%	0,21%
1,2	114,7	22,94%	23,03%	110	22,00%	22,32%	112,35	22,47%	22,68%
0,6	119,1	23,82%	46,85%	118,5	23,70%	46,02%	118,8	23,76%	46,43%
0,3	153,2	30,60%	77,45%	66,3	13,26%	79,28%	109,75	21,93%	78,37%
0,15	60,1	12,00%	89,45%	149,5	29,90%	89,18%	104,8	20,95%	89,32%
Fundo	51,5	10,30%	99,75%	53,2	10,64%	99,82%	52,35	10,47%	99,79%

Total	499,5	99,75%
-------	-------	--------

499,1	99,82%
-------	--------

499,12	99,78%
--------	--------

Diâmetro Máximo	Módulo de Finura
2,36	1

Tabela 1 – Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	utilizável	ótima	ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

NOTAS

1 – O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90.
2 – O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.
3 – O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.
4 – A área sombreada representa as peneiras da série normal utilizada para determinação da distribuição granulométrica do agregado miúdo e consequentemente as peneira utilizadas no ensaio em estudo.

RESULTADO:

De acordo com a norma NBR NM 248 (ABNT, 2003) as amostras devem apresentar as mesmas dimensões máximas característica, no ensaio foram obtidas dimensões máximas iguais a 3,36mm. A norma também relata que a porcentagem retida individual não deve diferir de 4% entre as amostras, entretanto a porcentagem individual foi inferior com 2,98%.

APÊNDICE 8 - DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO AGREGADO MIÚDO (AGREGADO NATURAL).

NORMA: NBR NM 248 (ABNT, 2003).

MATERIAIS/EQUIPAMENTOS:

- Estufa para secagem;
- Balança → Cap. Mínima de 1 kg e sensibilidade de 1g;
- Cadinho de porcelana;

- Pincel para limpezas dos recipientes;
- Pincel de aço;
- Bandeja;
- Agitador automático de peneiras;
- Conjunto de peneiras da série normal;
- Fundo avulso de peneira.

EXECUÇÃO:

1. A amostra (areia) ensaiada deve ter, no mínimo, 500g de material seco em estufa para cada determinação, o qual deverá estar à temperatura ambiente durante o ensaio;
2. Peneirar o material na série normal de peneiras até que, após 60s de peneiramento contínuo, passe pelo menos 1,0% da massa inicial na peneira;
3. Pesar o material retido em cada peneira, com aproximação de 0,1g;
4. Repetir o procedimento.

Granulometria do Agregado Natural

Peneiras	1 ° Determinação - Ensaio			2 ° Determinação - Ensaio			Média dos dois ensaios		
	Massa Retida	% da amostra	% acumulada	Massa Retida	% da amostra	% acumulada	Massa retida	% da amostra	% acumulada
25	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00%
19	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00%
12,5	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00%
9,5	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00%
6,3	0	0,00%	0,00%	0	0,00%	0,00%	0,00	0,00%	0,00%
4,8	1,1	0,22%	0,22%	3,6	0,72%	0,72%	2,36	0,47%	0,47%
2,4	64	12,80%	13,02%	67,6	13,52%	14,24%	65,8	13,16%	13,63%
1,2	75,8	15,16%	28,18%	81,2	16,24%	30,48%	78,5	15,70%	29,33%
0,6	90,2	18,04%	46,22%	93,3	18,66%	49,14%	91,75	18,35%	47,68%
0,3	162,7	32,54%	78,76%	160,8	32,00%	81,14%	161,75	32,27%	79,95%
0,15	91	18,20%	96,96%	76	15,20%	96,34%	83,5	16,70%	96,65%
Fundo	15,1	3,02%	99,98%	17,2	3,44%	99,78%	16,15	3,23%	99,88%
Total	499,9	99,98%		499,7	99,78%		499,81	99,88%	

Diâmetro Máximo	Módulo de Finura
4,8	1

Tabela 1 É Limites da distribuição granulométrica do agregado Miúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	utilizável	ótima	ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

NOTAS

1 – O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90.
 2 – O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.
 3 – O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.
 4 – A área sombreada representa as peneiras da série normal utilizada para determinação da distribuição granulométrica do agregado miúdo e consequentemente as peneira utilizadas no ensaio em estudo.

RESULTADO:

De acordo com a norma NBR NM 248 (ABNT, 2003) as amostras devem apresentar as mesmas dimensões máximas característica, no ensaio foram obtidas dimensões máximas iguais a 4,8mm. A norma também relata que a porcentagem retida individual não deve diferir de 4% entre as amostras, entretanto a porcentagem individual foi inferior com 2,92%.

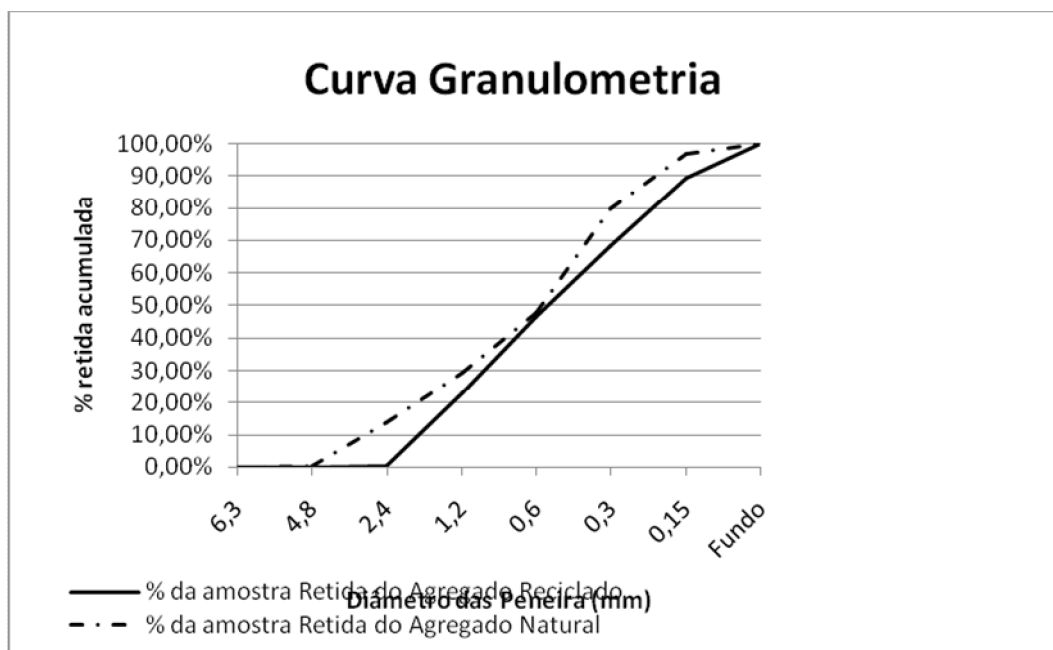


Gráfico 2: Distribuição Granulométrica do Agregado Reciclado e Natural

APÊNDICE 9 - DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA.

NORMA: NBR 13.276 (ABNT, 2005).

MATERIAIS/EQUIPAMENTOS:

- Mesa para índice de consistência;
- Soquete manual;
- Régua ou paquímetro;
- Pincel para limpezas dos recipientes;
- Balança;
- Espátula;
- Cadinho;
- Molde troncônico;
- Conjunto de peneiras da série normal;
- Argamassadeira.

EXECUÇÃO:

1. Separe-se o material necessário;
2. Após sua pesagem o material é encaminhado para argamassadeira, onde é adicionado água aos poucos até ser atingindo uma homogeneidade adequada;
3. Feito a rodagem do traço, será feito a lubrificação da mesa com água e no seu centro coloca-se o troncônico;
4. Em seguida coloca-se a argamassa com auxílio de uma espátula em três camadas com a mesma proporção;
5. Coloca-se a primeira camada e aplica-se 15 golpes com auxílio de um soquete, em seguida coloca-se a segunda camada e aplica-se 10 golpes e logo após a segunda coloca-se a terceira camada e aplica-se 5 golpes;
6. Feito isso alisa-se o topo do molde troncônico com a espátula, em seguida retira-se o molde e em seguida gira-se a manivela da mesa fazendo com que caia 30 vezes aproximadamente 30 segundos;
7. Por fim, medem-se os dois diâmetros ortogonais entre se, do espalhamento da argamassa e a média desses dois valores é o índice de consistência;

8. Se a argamassa não atinge a consistência adequada para que a mesma se espalhe até o diâmetro desejado, caso não seja atingido adiciona-se água aos poucos até que seja atingido o diâmetro desejado.

RESULTADO:

O índice de consistência foi adotado como 260mm para todos os traços, tendo como único fator que se altera durante o ensaio a água de amassamento, para se atingir índices iguais entre traços diferentes.

Ensaio do TRA 1:

Água que foi necessário para se atingir o índice de consistência necessário 153 ml.

Material utilizado foi 256 kg

$$a/c = \frac{153}{256,4} = 0,596$$

$$0,596 = \frac{a}{7,88} = 4,70 \text{ L}$$

Será necessário para o TRA 3 uma quantidade **5,58 L** para se atingir uma consistência desejada.

Ensaio do TRA 2:

Água que foi necessário para se atingir o índice de consistência necessário 179 ml.

Material utilizado foi 256 kg

$$a/c = \frac{179}{256,4} = 0,701$$

$$0,701 = \frac{a}{5,53} = 5,53 \text{ L}$$

7,88

Será necessário para o TRA 3 uma quantidade **5,58 L** para se atingir uma consistência desejada.

Ensaio do TRA 3:

Água que foi necessário para se atingir o índice de consistência necessário 182 ml.

Material utilizado foi 256 kg

$$a/c = \frac{182}{256,4} = 0,709$$

$$0,709 = \frac{a}{7,88} = 5.58 \text{ L}$$

Será necessário para o TRA 3 uma quantidade **5,58 L** para se atingir uma consistência desejada.

Ensaio do TRA 4:

Água que foi necessário para se atingir o índice de consistência necessário 187 ml.

Material utilizado foi 256 kg

$$a/c = \frac{187}{256,4} = 0,728$$

$$0,728 = \frac{a}{7,88} = 5.74 \text{ L}$$

Será necessário para o TRA 4 uma quantidade **5,74 L** para se atingir uma consistência desejada.

Ensaio do TRA 5:

Água que foi necessário para se atingir o índice de consistência necessário 202 ml.

Material utilizado foi 256 kg

$$a/c = \frac{202}{256,4} = 0,787$$

$$0,787 = \frac{a}{7,88} = 6,20 \text{ L}$$

Será necessário para o TRA 5 uma quantidade **6,20 L** para se atingir uma consistência desejada.

Ensaio do TRA 6:

Água que foi necessário para se atingir o índice de consistência necessário 275 ml.

Material utilizado foi 256 kg

$$a/c = \frac{275}{300} = 0,913$$

$$0,913 = \frac{a}{7,88} = 7,20 \text{ L}$$

Será necessário para o TRA 6 uma quantidade **7,20 L** para se atingir uma consistência desejada.

APÊNDICE 10 - ARGAMASSA PARA ASSENTAMENTO DE PAREDES E REVESTIMENTOS DE PAREDES E TETOS . DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (14 dias).

NORMA: NBR 13.279 (ABNT, 1995).

MATERIAIS/EQUIPAMENTOS:

- Moldes de 5 cm x 10 cm;
- Misturador mecânico;
- Soquete metálico;
- Espátula;
- Máquina de ensaio de compressão;
- Capeador de enxofre;
- Paquímetro;

Note: Esta aparelhagem é descrita na NBR 7215.

EXECUÇÃO:

10. Retirar os corpos de provas da câmara úmida;
11. Capear os corpos-de-prova com enxofre, de acordo com as recomendações da NBR 7215;
12. Determinar, com auxílio do paquímetro, o diâmetro de cada corpo-de-prova em duas posições ortogonais no seu terço médio e registrar a média em milímetros;
13. Realizar a ruptura dos corpos-de-prova, de acordo com as recomendações da NBR 7215, registrando as cargas de ruptura;
14. Calcular a média das resistências individuais, em MPa dos corpos-de-prova ensaiados na mesma idade. O resultado deve ser arredondado ao decimal mais próximo.

RESULTADO:

O resultado da resistência à compressão será obtido através da média entre dois corpos-de-prova.

$$M = \frac{(Am1+Am2)}{2}$$

2

Am1 . Amostra 1;

Am2 . Amostra 2;

M . Média entre Am1 e Am2.

Obs.: O resultado deve ser a média aritmética de duas determinações.

- **Traço 1:** 0% de agregado reciclado:

Am 1 = 11,59MPa

Am 2 = 11,44MPa

$$M = \frac{(Am1+Am2)}{2} = \frac{(11,59 + 11,44)}{2} = 11,51 \text{ MPa}$$

O traço 1 com 0% de agregado reciclado aos 14 dias de idade apresentou uma resistência a compressão de **11,51 MPa**.

- **Traço 2:** 10% de agregado reciclado:

Am 1 = 10,85MPa

Am 2 = 8,75MPa

$$M = \frac{(Am1+Am2)}{2} = \frac{(10,85 + 8,75)}{2} = 9,8 \text{ MPa}$$

O traço 2 com 10% de agregado reciclado aos 14 dias de idade apresentou uma resistência a compressão de **9,8 MPa**.

- **Traço 3:** 20% de agregado reciclado:

Am 1 = 12,93MPa

Am 2 = 13,85MPa

$$M = \frac{(Am1+Am2)}{2} = \frac{(12,93 + 13,85)}{2} = 13,39 \text{ MPa}$$

O traço 3 com 20% de agregado reciclado aos 13 dias de idade apresentou uma resistência a compressão de **13,39 MPa**.

- **Traço 4:** 30% de agregado reciclado:

$$Am\ 1 = 12,14\text{MPa}$$

$$Am\ 2 = 11,70\text{MPa}$$

$$M = \frac{(Am1+Am2)}{2} = \frac{(12,14 + 11,70)}{2} = 11,92\ \text{MPa}$$

O traço 4 com 30% de agregado reciclado aos 13 dias de idade apresentou uma resistência a compressão de **11,92 MPa**.

- **Traço 5:** 40% de agregado reciclado:

$$Am\ 1 = 10,63\text{MPa}$$

$$Am\ 2 = 11,83\text{MPa}$$

$$M = \frac{(Am1+Am2)}{2} = \frac{(10,63 + 11,83)}{2} = 11,23\ \text{MPa}$$

O traço 5 com 40% de agregado reciclado aos 13 dias de idade apresentou uma resistência a compressão de **11,23 MPa**.

- **Traço 6:** 50% de agregado reciclado:

$$Am\ 1 = 8,55\text{MPa}$$

$$Am\ 2 = 8,80\text{MPa}$$

$$M = \frac{(Am1+Am2)}{2} = \frac{(8,55 + 8,80)}{2} = 8,67\ \text{MPa}$$

O traço 6 com 50% de agregado reciclado aos 13 dias de idade apresentou uma resistência a compressão de **8,67 MPa**.

APÊNDICE 11 - ARGAMASSA PARA ASSENTAMENTO DE PAREDES E REVESTIMENTOS DE PAREDES E TETOS . DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (28 dias).

NORMA: NBR 13.279 (ABNT, 1995).

MATERIAIS/EQUIPAMENTOS:

- Moldes de 5 cm x 10 cm;
- Misturador mecânico;
- Soquete metálico;
- Espátula;
- Máquina de ensaio de compressão;
- Capeador de enxofre;
- Paquímetro;

Note: Esta aparelhagem é descrita na NBR 7215.

EXECUÇÃO:

15. Retirar os corpos de provas da câmara úmida;
16. Capear os corpos-de-prova com enxofre, de acordo com as recomendações da NBR 7215;
17. Determinar, com auxílio do paquímetro, o diâmetro de cada corpo-de-prova em duas posições ortogonais no seu terço médio e registrar a média em milímetros;
18. Realizar a ruptura dos corpos-de-prova, de acordo com as recomendações da NBR 7215, registrando as cargas de ruptura;
19. Calcular a média das resistências individuais, em MPa dos corpos-de-prova ensaiados na mesma idade. O resultado deve ser arredondado ao decimal mais próximo.

RESULTADO:

O resultado da resistência à compressão será obtido através da média entre dois corpos-de-prova.

$$M = \frac{(Am1+Am2)}{2}$$

2

Am1 . Amostra 1;

Am2 . Amostra 2;

M . Média entre Am1 e Am2.

Obs.: O resultado deve ser a média aritmética de duas determinações.

- **Traço 1:** 0% de agregado reciclado:

Am 1 = 11,69MPa

Am 2 = 14,01MPa

$$M = \frac{(Am1+Am2)}{2} = \frac{(11,69 + 14,01)}{2} = 12,85MPa$$

O traço 1 com 0% de agregado reciclado aos 28 dias de idade apresentou uma resistência a compressão de **12,85 MPa**.

- **Traço 2:** 10% de agregado reciclado:

Am 1 = 12,85MPa

Am 2 = 12,95MPa

$$M = \frac{(Am1+Am2)}{2} = \frac{(12,85 + 12,95)}{2} = 12,9 MPa$$

O traço 2 com 10% de agregado reciclado aos 28 dias de idade apresentou uma resistência a compressão de **12,9 MPa**.

- **Traço 3:** 20% de agregado reciclado:

Am 1 = 13,56MPa

Am 2 = 13,60MPa

$$M = \frac{(Am1+Am2)}{2} = \frac{(13,56 + 13,60)}{2} = 13,58 MPa$$

O traço 3 com 20% de agregado reciclado aos 28 dias de idade apresentou uma resistência a compressão de **13,58 MPa**.

- **Traço 4:** 30% de agregado reciclado:

$$Am\ 1 = 14,53\text{MPa}$$

$$Am\ 2 = 14,76\text{MPa}$$

$$M = \frac{(Am1+Am2)}{2} = \frac{(14,53 + 14,76)}{2} = 14,64\ \text{MPa}$$

O traço 4 com 30% de agregado reciclado aos 28 dias de idade apresentou uma resistência a compressão de **14,64 MPa**.

- **Traço 5:** 40% de agregado reciclado:

$$Am\ 1 = 14,57\text{MPa}$$

$$Am\ 2 = 11,03\text{MPa}$$

$$M = \frac{(Am1+Am2)}{2} = \frac{(14,57 + 11,03)}{2} = 12,8\ \text{MPa}$$

O traço 5 com 40% de agregado reciclado aos 28 dias de idade apresentou uma resistência a compressão de **12,8 MPa**.

- **Traço 6:** 50% de agregado reciclado:

$$Am\ 1 = 9,82\text{MPa}$$

$$Am\ 2 = 11,98\text{MPa}$$

$$M = \frac{(Am1+Am2)}{2} = \frac{(9,82 + 11,98)}{2} = 10,9\ \text{MPa}$$

O traço 6 com 50% de agregado reciclado aos 28 dias de idade apresentou uma resistência a compressão de **10,9 MPa**.

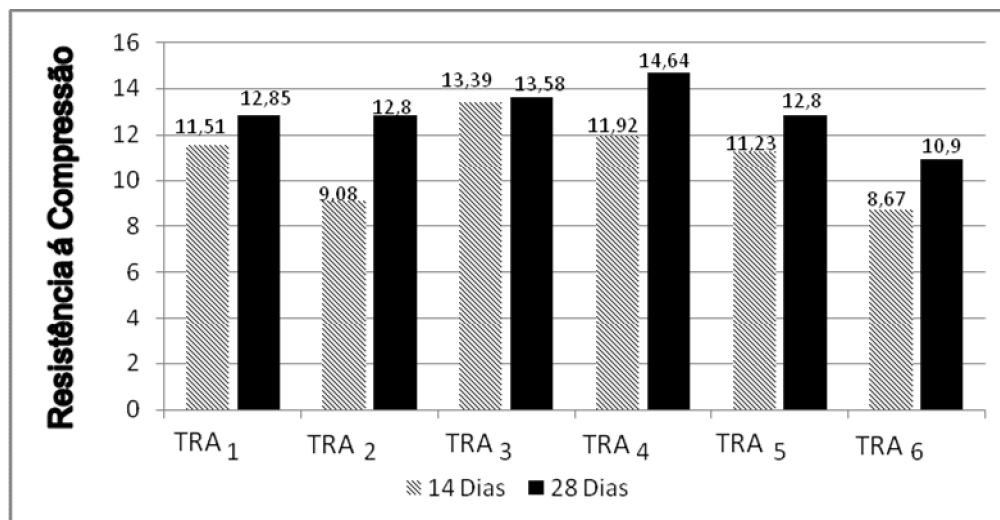


Gráfico 5 : Ensaio de Resistência à Compressão.

APÊNDICE 12 - REVESTIMENTO DE PAREDES DE ARGAMASSAS INORGÂNICAS . DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO.

NORMA: NBR 13.528 (ABNT, 2010).

MATERIAIS/EQUIPAMENTOS:

- Equipamento de tração: Dinamômetro de tração que permita a aplicação contínua de carga, de fácil manuseio, baixo peso, dotado de dispositivo para leitura de carga, que apresente um erro máximo de 2%;
- Pastilha;
- Dispositivo de corte (serra copo);
- Paquímetro;
- Cola;
- Material para sustentação das pastilhas.

EXECUÇÃO:

O ensaio deve ser realizado no revestimento com idade de 28 dias no caso de argamassa mista ou de cimento e areia e de 56 dias para argamassas de cal e areia, contados após a aplicação da argamassa sobre o substrato. Caso seja de interesse a realização do ensaio em outra idade, conforme acordo entre as partes, esta idade deve ser registrada no relatório de ensaio;

Cada ensaio é composto por 12 corpos-de-prova de mesmas características (tipo e preparo do substrato, argamassa de revestimento, forma de aplicação da argamassa, idade do revestimento);

Os pontos de arranchamento devem estar espaçados entre si, além dos cantos e das quinas, em no mínimo 50 mm;

Executar o corte do revestimento a seco ou com água, conforme as características das argamassas;

A pastilha deve ser colada totalmente centrada no corpo-de-prova delimitado pelo corte, para evitar a aplicação de esforços excêntricos.

RESULTADO:

Calcular a resistência de aderência à tração, de cada corpo-de-prova pela seguinte equação:

$$Ra = \frac{F}{A}$$

Onde:

Ra : É a resistência de aderência à tração expressa em megapascals (MPa);

F : É a força de ruptura expressa em Newtons (N)

A : É área do corpo-de-prova, expressa em milímetros quadrados (mm²).

Traço 1: 0% de agregado reciclado:

Amostra 1: 0,35

Amostra 2: 0,32

$$\text{Média} = \frac{0,35 + 0,32}{2} = 0,33 \text{ MPa}$$

O traço 1 com 0% de agregado reciclado apresentou uma resistência á aderência de **0,33 Mpa**.

Traço 2: 10% de agregado reciclado:

Amostra 1: 0,32 Amostra 3: 1,11
Amostra 2: 0,85

$$\text{Média} = \frac{0,32 + 0,85 + 1,11}{3} = 0,76 \text{ MPa}$$

O traço 2 com 10% de agregado reciclado apresentou uma resistência á aderência de **0,76 Mpa**.

Traço 3: 20% de agregado reciclado:

Amostra 1: 0,79
Amostra 2: 0,83

$$\text{Média} = \frac{0,79 + 0,83}{2} = 0,81 \text{ MPa}$$

O traço 3 com 20% de agregado reciclado apresentou uma resistência á aderência de **0,81 Mpa**.

Traço 4: 30% de agregado reciclado:

Amostra 1: 0,25 Amostra 3: 0,41 Amostra 5: 0,23
Amostra 2: 0,50 Amostra 4: 0,36 Amostra 6: 0,24

$$\text{Média} = \frac{0,25 + 0,50 + 0,41 + 0,36 + 0,23 + 0,24}{6} = 0,33 \text{ MPa}$$

O traço 4 com 30% de agregado reciclado apresentou uma resistência á aderência de **0,33 Mpa**.

Traço 5: 40% de agregado reciclado:

Amostra 1: 0,44 Amostra 3: 0,42 Amostra 5: 0,48
Amostra 2: 0,46 Amostra 4: 0,38 Amostra 6: 0,36

$$\text{Média} = \frac{0,44 + 0,46 + 0,42 + 0,38 + 0,48 + 0,36}{6} = 0,42 \text{ MPa}$$

O traço 5 com 40% de agregado reciclado apresentou uma resistência à aderência de **0,42 Mpa**.

Traço 6 : 50% de agregado reciclado:

Amostra 1: 0,45

Amostra 3: 0,49

Amostra 5: 0,23

Amostra 2: 0,44

Amostra 4: 0,39

$$\text{Média} = \frac{0,25 + 0,50 + 0,41 + 0,36 + 0,23 + 0,24}{5} = 0,40 \text{ MPa}$$

O traço 6 com 50% de agregado reciclado apresentou uma resistência à aderência de **0,40 Mpa**.

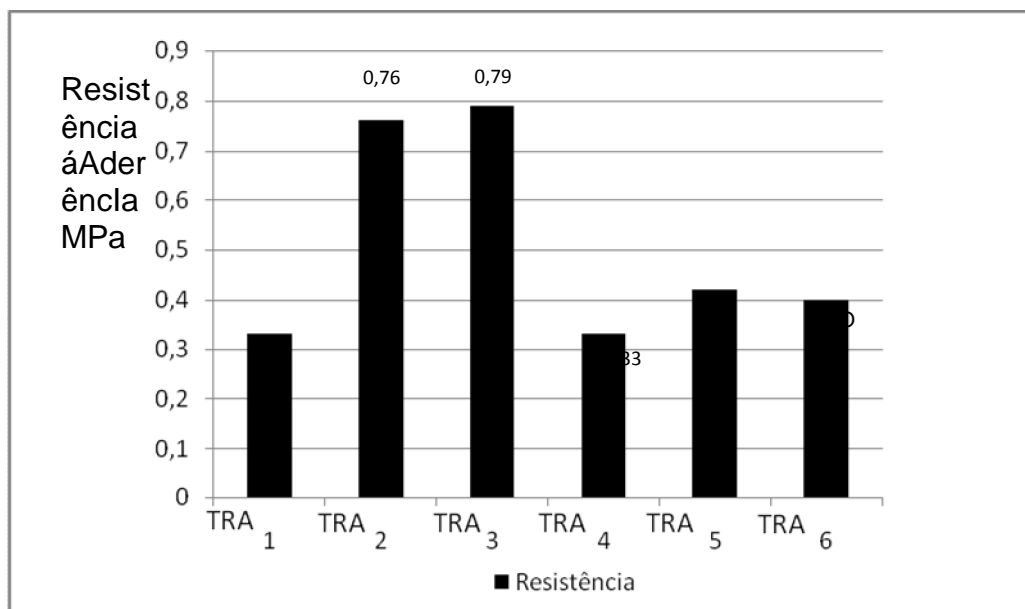


Gráfico 6: Resistência à aderência.

APÊNDICE 13 - DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE FISSURAS PELA RELAÇÃO DA ÁREA COM O COMPRIMENTO DAS FISSURAS.

NORMA: NÃO A NORMA QUE REGULAMENTA

MATERIAIS/EQUIPAMENTOS:

- Régua;
- Trena.

EXECUÇÃO:

8. Medir a área de cada traço;
9. Anotar a quantidade de fissuras e seus respectivos comprimentos;

RESULTADO:

O cálculo do índice de fissuras é calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$I = \frac{L}{A}$$

Onde:

- **I** = Índice de fissuração;
 - **L** = (F1+F2+F3...+Fn), onde Fissura= F1 , F2,F3...Fn;
 - **A** = Área da superfície.
- **Traço 1:** 0% de agregado reciclado;

$$L = 0\text{m}$$

$$A = 0,25\text{m}^2$$

$$I = \frac{L}{A} = \frac{0}{0,25} = 0 \text{ (zero)}$$

No traço 1 com 0% de agregado reciclado apresentou um índice de fissuras igual a **0 (zero)**.

- **Traço 2:** 10% de agregado reciclado;

$$L = 0,17\text{m}$$

$$A = 0,25\text{m}^2$$

$$I = \frac{L}{A} = \frac{0,17}{0,25} = 0,68$$

No traço 2 com 10% de agregado reciclado apresentou um índice de fissuras igual a **0,68**.

- **Traço 3:** 20% de agregado reciclado;

$$L = 0,23\text{m}$$

$$A = 0,25\text{m}^2$$

$$I = \frac{L}{A} = \frac{0,23}{0,25} = \mathbf{0,92}$$

No traço 3 com 20% de agregado reciclado apresentou um índice de fissuras igual a **0,92**.

- **Traço 4:** 50% de agregado reciclado;

$$L = 0,56\text{m}$$

$$A = 0,25\text{m}^2$$

$$I = \frac{L}{A} = \frac{0,56}{0,25} = \mathbf{2,24}$$

No traço 4 com 30% de agregado reciclado apresentou um índice de fissuras igual a **2,24**.

- **Traço 5:** 40% de agregado reciclado;

$$L = 1,28\text{m}$$

$$A = 0,25\text{m}^2$$

$$I = \frac{L}{A} = \frac{1,28}{0,25} = \mathbf{5,12}$$

No traço 5 com 40% de agregado reciclado apresentou um índice de fissuras igual a **5,12**.

- **Traço 6:** 50% de agregado reciclado;

$$L = 1,26\text{m}$$

$$A = 0,25\text{m}^2$$

$$I = \frac{L}{A} = \frac{1,26}{0,25} = \mathbf{5,04}$$

No traço 6 com 50% de agregado reciclado apresentou um índice de fissuras igual a **5,04**.

