UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA

CENTRO DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM

ENGENHARIA URBANA

PRODUÇÃO DE GESSO RECICLADO A PARTIR DE RESÍDUOS ORIUNDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Por

Abrahão Severo Ribeiro

Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal da Paraíba para obtenção do grau de Mestre

João Pessoa – PB

Março de 2006

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

ABRAHAO SEVERO RIBEIRO

CT/PPGEU/UFPB

PRODUÇÃO DE GESSO RECICLADO A PARTIR DE RESÍDUOS ORIUNDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Área de concentração

Engenharia Urbana

Orientador

Prof. Dr. Normando Perazzo Barbosa

Colaborador

Pesquisador do LTG/ITEP Luciano Peres

João Pessoa – Paraíba

Março de 2006

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA

CENTRO DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM

ENGENHARIA URBANA

PRODUÇÃO DE GESSO RECICLADO A PARTIR DE RESÍDUOS ORIUNDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Abrahão Severo Ribeiro

Dissertação apresentada ao programa de

Pós-Graduação em Engenharia Urbana do CT

como parte dos requisitos para

Obtenção do grau de MESTRE EM

ENGENHARIA URBANA

Este trabalho foi beneficiário de auxílio

Financeiro do PROCAD/CAPES,

CNPq/PADCT.

João Pessoa – Paraíba

Março de 2006

R 484p Ribeiro, Abrahão Severo.
Produção de gesso reciclado a partir
de resíduos oriundos da construção civil
Abrahão Severo Ribeiro. – João Pessoa, 2006.
86p: il.
Orientador: Normando Perazzo Barbosa.
Dissertação (mestrado) - UFPB/CT
1. Gesso – Resíduo 2. Pasta reciclada.
3. Revestimento sólido
UFPB/BC. CDU: 666.9(043)

PRODUÇÃO DE GESSO RECICLADO A PARTIR DE RESÍDUOS ORIUNDO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Por

Abrahão Severo Ribeiro

Apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba em 24 de março de 2006.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr.Normando Perazzo Barboza
Orientador – CT/UFPB

Prof. Dr.Arnaldo Cardim C. Filho UPE.
Examinador Externo –

Prof. Dr.Arnaldo Manoel Pereira Carneiro UFPE
Examinador Externo –

Pesquisador Dr. Sandro Marden Torres
Examinador Interno-CT/UFPB

João Pessoa – Paraíba

Março de 2006

DEDICATÓRIA

A Deus

A meus pais José Severo Ribeiro

(in memorium) Auta Alice Ribeiro. A todos

que lutam em defesa do Ecossistema.

A minha esposa meus filhos, irmãos, primos,

sobrinhos e amigos.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho experimental é fruto do apoio de todos aqueles que acreditaram na realização deste experimento. Aos técnicos do LTG/ITEP, por me estimularem no apoio à execução dos testes de laboratório.

Ao Prof**. Dr. Normando Perazzo Barbosa** por acreditar no desempenho na elaboração dos trabalhos. Obrigado, sobretudo por ter acreditado nos meus objetivos. O seu exemplo será sempre valioso para todos que tiverem a oportunidade de estar ao seu lado.

Ao Pesquisador do ITEP **Luciano Peres** e à Coordenadora **Katarzyna Michalewicz,** aos técnicos **Eduardo Henrique** e **Renielle Sampaio,** que durante todo o processo de pesquisa foram incansáveis em colaborar atentamente, mostrando serem verdadeiros amigos, sempre presentes nos momentos mais difíceis e há quem muito devo esta etapa de minha formação acadêmica.

A coordenação do Mestrado em Engenharia Urbana, na pessoa do **Prof. Dr. Celso A. G. Santos**, pela oportunidade, colaboração e apoio dados durante o transcorrer do curso e em especial a Secretária do curso, a doce **Marluce Pereira**, que sempre esteve presente e com toda dedicação fazendo tudo pelo engrandecimento e qualificação dos nossos trabalhos.

Ao ITEP (Instituto tecnologia de PE) e Lajeiro Gesso pelo apoio técnico e material durante o período de realização deste trabalho e pela contribuição nas tarefas práticas.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	**XII**
LISTA DE TABELAS	**XV**
RESUMO	**XVII**
ABSTRACT	**XIX**
CAPÍTULO I	**1**
1 – INTRODUÇÃO	**1**
1.2 – OBJETIVOS	**2**
1.2.1 – Objetivo Geral	**2**
1.2.2 – Objetivos Específicos	**2**
1.3 – JUSTIFICATIVA	**3**
1.4 – CORPO DO TRABLHO	**4**
CAPÍTULO II	**5**
2 – REVISÕES DA LITERATURA	**5**
2.1 – HISTÓRICO	**9**
2.2 – EMPREGOS ATUAIS DO GESSO E DA GIPSITA	**10**
2.3 – APRODUÇÃO DO GESSO	**11**
2.3.1 – Gipsita	**11**
2.3.2 – Extração da gipsita (Lavra)	**13**
2.3.3 – Cominuição	**14**
2.3.4 – Calcinação	**14**
2.3.5 - Pulverização e embalagem	**17**

2.4 – PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO GESSO **18**

2.5 - MECANISMSOS DE ENDURECIMENTO DO GESSO PARÂMETROS QUE INFLUENICIAM A CINÉTICA DA REAÇÃO E PEGA DAS PASTAS DE GESSO **20**

2.5.1 – Hidratação **20**

2.5.2 – Tempo de pega **21**

2.5. 3 - Fatores que influem no Tempo de Pega **22**

2.5.4 - Fatores que influem na expansão **23**

2.6 - MECANISMO DE ENDURECIMENTO DO GESSO: CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DA FORMAÇÃO DO SULFATO DE CALCIO DIHIDTRATADO **24**

2.7 - GESSO COMO REVESTIMENTO DE ALVENARIA **26**

2.8 - FONTES DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE GESSO **29**

2.8.1 - Resíduo de Gesso Gerado no Revestimento Manual **30**

2.8.2 - Resíduo de Gesso Gerado na Execução de Forro **31**

2.8.3 - Resíduo de Gessos Gerados durante a Execução dos elementos de Decoração (Sanca, rodateto, moldura e outros) **32**

2.8.4 - Resíduo Gesso de Moldagem Cerâmica e Sanitária **33**

2.8.5 - Resíduo de Gessos Demolição **33**

2.8.6 - Armazenagem de gesso **34**

2.9 - GESTÃO DE RESÍDUOS DE GESSO CONSTRUÇÃO E DE DEMOLIÇÃO **34**

2.9.1 - Gestão diferenciada **36**

CAPÍTULO III **37**

3 – MATERIAIS E MÉTODOS **37**

3.1 – CAMPO DE ATUAÇAO **37**

3.2 - MATERIAIS **37**

3.2.1 – Gesso **37**

3.2.2 - Resíduo de Gesso. **37**

3.2.2 – Água **37**

3.2.3 – Aditivos **37**

3.3 – METODOLOGIA **38**

3.4 - MÉTODOS DE ENSAIO **38**

3.4.1 - Beneficiamento dos resíduos **39**

3.4.2 – Procedimento experimental **41**

3.4.2.1 - Propriedades físicas do pó dos resíduos de gesso calcinado. **41**

3.4.2.2 – Propriedades físicas da pasta **41**

3.4.3 – Mineralogia dos gessos reciclados **42**

3.4.4 – Propriedades mecânicas dos resíduos de gesso calcinados reciclados e endurecidos **42**

3.4.4.1 – Resistência à flexão na tração **42**

3.4.4.2 - Resistência à compressão **43**

3.4.4.3 – Dureza superficial **43**

3.4.4.4 - Resistência de Aderência à tração **44**

3.5 – ASPECTOS DOS CRISTAIS DE GESSO RECICLADO **46**

CAPÍTULO IV **47**

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO **47**

4.1. – RESÍDUOS DE GESSO NA RMR (Região Metropolitana do Recife) **47**

4.2 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO GESSO RECICLADO **48**

4.3 - ESCOLHA DA TEMPERATURA DE CALCINAÇÃO **49**

4.4 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA. **50**

4.5 – MINERALOGIA **51**

4.6 - ESCOLHA DA RELAÇÃO ÁGUA-GESSO **55**

4.7 - RESISTÊNCIA À FLEXÃO **57**

4.8 - RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO. **58**

4.9 – DUREZA **59**

4.10 – ADERÊNCIA **60**

4.11 - RESUMO DAS PROPRIEDADES DOS GESSOS OBTIDOS DOS RESÍDUOS DE REVESTIMENTO E DE FORRO **62**

CAPÍTULO V **63**

5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS **63**

5.1 - SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS **65**

CAPÍTULO VI **66**

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **66**

APÊNDICE **71**

ANEXOS **72**

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - Localização do pólo gesseiro do Araripe. No extremo oeste de Pernambuco e parte do estado do Maranhão. 5

FIGURA. 2.2 - Cidades que compõem o Pólo da Gipsita: Codó/Ma, Nova Olinda/Ce, Araripe/PE, Grajaú/Ma, Camamú/Ba. 8

FIGURA 2.3 – Minério Rapadura Cinza 11

FIGURA 2.4 - Minério Rapadura 12

FIGURA 2.5 – Minério Pedra Branca 12

FIGURA 2.6 – Minério Cocadinha 13

FIGURA 2.7 - Depósito Gipsita 13

FIGURA 2.8 – Moinho de impactos 14

FIGURA 2.9 – Calcinação da Gipsita 15

FIGURA 2.10 – Transformações de gesso. Fontes LAFARGIA/PRESTIA. 17

FIGURA 2.11 – Formação de películas na superfície de cristalização do gesso 24

FIGURA 2.12 – Morfologia da cristalização do gesso 25

FIGURA 2.13 – Polvilhamento do gesso revestimento 26

FIGURA 2.14 – Espera I do pó de gesso 27

FIGURA 2.15 – Mistura do pó de gesso 27

FIGURA 2.16 – Espera II, do pó de gesso 27

FIGURA 2.17 – Aplicação 28

FIGURA 2.18 – Emprego do gesso na construção civil 29

FIGURA 2.19 – Gesso Revestimento 30

FIGURA 2.20 – Resíduo Gessos para forro 31

FIGURA 2.21 - Resíduos de Gesso decoração 32

FIGURA 2.22 - Resíduos de Gesso Molde Cerâmico 33

FIGURA 3.1.-. Galpão de 200m² e área de estocagem, locado no LTG/ITEP. 38

FIGURA 3.2 –-Britador de Mandíbula (piloto)
abertura 15x10cm com motor elétrico de 20cv. 39

FIGURA 3.3 – Simulações de calcinação 39

FIGURA 3.4 – Peneiras – NBR 12127/1989 41

FIGURA 3.5 – Equipamento Eletrônica 41

FIGURA 3.6 - Equipamento de permeabilidade Blaine 42

FIGURA 3.7 – Corpos de prova 42

FIGURA 3.8 – Durômetro Shore C, Marca WESTO- P. ····.
Resolução- 1 Shore D, capacidade: 100 Shore D. 43

FIGURA 3.9 – Arrancamento do resíduo de revestimento do gesso natural . 44

FIGURA 3.10 - Equipamento de medida de resistência de aderência
do revestimento da pasta de gesso. 45

FIGURA 3.11 - Arrancamento do resíduo de revestimento do gesso calcinado. 45

FIGURA 3.12 –MEV –Jeol KSM 6360/ITEP 46

FIGURA 4.1 - Caracterização geral do resíduo de construção em Recife. (RMR) 48

FIGURA 4.2 - Difratograma da amostra de gesso natural. 51

FIGURA 4.3 - Difratograma da amostra de resíduo gesso molde para cerâmica 52

FIGURA 4.4 - Difratograma da amostra de resíduo gesso para forro 53

FIGURA 4.5 - Difratograma da amostra de resíduo gesso para revestimento 53

FIGURA 4.6 - Difratograma da amostra de resíduo gesso para decoração 54

FIGURA 4.7 - Relação entre Início de tempo de Pega
e a relação água/gesso 55

FIGURA 4.8 - Relação entre final de Tempo de pega e relação a/g 56

FIGURA 4.9 - Resistência à flexão dos gessos reciclados e natural e vista de ensaio. 57

FIGURA 4.10 - Resistência à compressão dos gessos reciclados e natural e vista do ensaio 58

FIGURA 4.11 - Dureza Shore dos gessos reciclados e natural. 59

FIGURA 4.12 - Resistência à Aderência (Gesso Natural) 60

FIGURA 4.13 - Resistência à aderência do gesso reciclado a partir de resíduo de revestimento 61

LISTA DE TABELAS

TABELA. 2.1 - Complexo Gesseiro do Araripe, Expansão territorial Populacional. 6

TABELA 2.2 - Distribuição das Empresas Produtoras, Consorciadas de Gesso e Pré-moldados no Maranhão. 8

TABELA 2.3 - Composição da Rapadura Cinza 11

TABELA 2.4 - Composição da Rapadura 12

TABELA 2.5 - Composição da Pedra Branca 12

TABELA 2.6 - Composição Cocadinha 13

TABELA 2.7 - Características Químicas do gesso para construção civil 18

TABELA. 2.8 – Característica física das placas de gesso 31

TABELA 2.9 – Exigência física e mecânica para placas lisas de gesso para forro TIPO- 65 32

TABELA 3.1 - Temperaturas de calcinação para diferentes tipos de resíduos 40

TABELA 3.2 - Característica química, física e mecânica do gesso. 40

TABELA 4.1 - Análise química do Gesso Reciclado em função de sua origem 49

TABELA 4.2 - Resultado obtido com resíduo de Gesso oriundo do Revestimento 49

TABELA 4.3 – Resultados das analises granulométricas dos resíduos de gesso após moagem – Serie 20, 40,70 e 140. 50

TABELA 4.4 - Resistência à flexão dos resíduos de gesso 57

TABELA 4.5 - Resistência à compressão dos resíduos de gesso 58

TABELA 4.6 - Dureza SHORE dos gessos natural e reciclados 59

TABELA 4.7 - Resistência de aderência á tração em parede de alvenaria cerâmica com revestimento de Gesso Natural, com 7 mm de espessura - Taxa 25kgf/s=2,55N/s. 60

TABELA 4.8 - Resistência de aderência à tração em parede de alvenaria cerâmica com revestimento de gesso reciclado de resíduo de revestimento com 7 mm de espessura - Taxa 25kgf/s=2,55N/s 61

TABELA 4.9 - Propriedades dos gessos obtidos a partir dos resíduos de forro e de revestimento. 62

PRODUÇÃO DE GESSO RECICLADO APARTIR DE RESÍDUOS ORIUNDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

RESUMO

Comparado com outros ligantes como cimento Portland e mesmo cal, o gesso apresenta muito maior eficiência energética, visto que pode ser obtido em temperaturas inferiores a 160°C. No seu processamento, ele lança na atmosfera vapor d´água, contrariamente aos dois primeiros produtos citados que emitem CO_2 no seu processo de fabricação. No entanto, sendo um sulfato de cálcio que apresenta certa solubilidade em água, a deposição irregular de seus resíduos pode contaminar solos e águas. A resolução 307/02 do Conselho Nacional do Meio Ambiente considera o gesso como material classe C, ou seja, aquele que gera resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam uma reciclagem. Urge então reverter essa situação e encontrar formas de se minimizar a dispersão dos resíduos de gesso no meio ambiente. Uma delas é justamente promover o reaproveitamento desses resíduos. Neste trabalho foi estudada a possibilidade de obtenção do gesso a partir de resíduos de quatro de suas aplicações na construção civil: revestimento de alvenarias, placas de forro, peças de decoração, moldes para cerâmica. Inicialmente foi quantificado o volume de resíduos de gesso gerados na Região Metropolitana do Recife. Em seguida foram coletados os quatro citados tipos de resíduos. Estes materiais foram beneficiados em Laboratório e recalcinados. Em seguida foram feitos os ensaios de caracterização de suas propriedades químicas, físicas e mecânicas. Os resultados de difractometria de raios X mostraram muita semelhança entre os resíduos de gesso e a gipsita. O mesmo ocorre com as resistências mecânicas. Apesar de algumas diferenças em outras propriedades (como tempos de inicio e fim de pega) os resultados deste trabalho apontam para a possibilidade de se obter gesso a partir dos resíduos gerados na indústria da construção civil,

devendo-se ter o cuidado de separar nas obras esse material de contaminações com outros resíduos de construção.

Palavra chaves: Gesso, resíduo de construção, reciclagem.

ABSTRACT

Ribeiro, Abrahão Severo. Plaster recycled production from waste and residues originating from a building site. Urban Engineering, Master Degree. Paraiba's Federal University 2006.

Comparing to others binders, as Portland cement and lime, plaster is much more energetic efficient because it can be obtained at relatively low temperatures (less than 160°C). During its making process, it emits water vapor to atmosphere, instead CO^2 produced by the others binders named above. Although, being a calcium sulfate that has some water solubility, irregular deposition of its residues can contaminate ground and natural source of water The resolution 307/02 of Brazilian National Environmental Council considers plaster as class C material, so, a material that generates residues for those technologies or feasible applications were not still developed to permit a recycling. Then, it is necessary to change this reality and to find a way to minimize plasters residues to environment. In this work, a possibility to obtain plaster from residues of four of its applications in civil construction (coating, sealing plates, decoration pieces, ceramic moulds) was investigated. Initially, the plaster residues volume generated at Recife Metropolitan Area was researched. After, physical, chemical and mechanical properties were obtained. X ray difractometry showed much alike between the recycled plasters and natural plaster. The same occurred with mechanical strength. Despite some small differences on others properties (as lower initial and final set time) results indicate that it is possible to recycle plaster residues. For this it is necessary to separate it of others construction materials residues in the construction site.

Word keys: Plaster, Construction residues, Recycling, Lining, and Coating Paste of plaster.

CAPÍTULO l

1 - INTRODUÇÃO

Grande parte do que nos cerca um dia será resíduo: casas, automóveis, móveis, pontes, aviões. A este total, deve-se somar todos os resíduos do processo de extração de matérias-primas e de produção de bens. Assim, em qualquer sociedade, a quantidade de resíduos gerados supera a quantidade de bens consumidos ao longo do tempo. A sociedade industrial, ao multiplicar a produção de bens, agravou esse processo.

Embora seja possível e prioritário reduzir a quantidade de resíduos gerados da produção até o pós-consumo, eles sempre serão criados. O desenvolvimento sustentável requer uma redução do consumo de matérias primas naturais não renováveis disciplinando ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais. O fechamento do ciclo produtivo, gerando novos produtos a partir da reciclagem de resíduos, é uma alternativa insubstituível. Assim, o desenvolvimento de tecnologias para a reciclagem de resíduos ambientalmente eficientes e seguras, que resultem em produtos com desempenho técnico adequado e que sejam economicamente competitivas nos diferentes mercados é um desafio técnico importante, inclusive do ponto de vista metodológico. A idéia de investir em pesquisas na área de reaproveitamento de reciclagem de resíduos é uma emergência global.

1.2 - OBJETIVOS

1.2.1 – Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo estudar um procedimento para produção de gesso a partir de seus resíduos oriundos da construção civil, caracterizar os produtos obtidos, permitindo, não somente a conciliação entre a produção do gesso, sua aplicação, reciclagem e proteção ao meio ambiente, como também servindo de subsidio a revisão da resolução 307/02 do CONAMA.

1.2.2 – Objetivos Específicos

- Quantificar de forma aproximada os resíduos de gesso na construção civil na cidade de Recife;
- Definir um processo de calcinação, para os resíduos de gesso;
- Caracterizar granulometricamente o gesso obtido com o fim de definir a partir do módulo de finura se trata de gesso grosso ou fino;
- Caracterizar as propriedades químicas e físicas do gesso reciclado;
- Caracterizar as propriedades mecânicas do gesso reciclado;
- Comparar as propriedades, químicas, físicas e mecânicas dos gessos reciclados com as especificações das NBR12127, NBR12128, NBR12129.

1.3 - JUSTIFICATIVA

Comparado com ligantes convencionais como a cal e o cimento portland, o gesso pode ser considerado um material de ótima performance do ponto de vista ecológico. Enquanto a cal e o cimento exigem temperaturas de calcinação superiores a 700°C e 1400°C, respectivamente, o gesso pode ser obtido sob temperaturas em torno de apenas 140°C, temperatura essa que pode ser atingida mesmo em panelas de cozer alimentos. Enquanto os dois primeiros ligantes, no seu processo de fabricação liberam CO_2 para a atmosfera, o gesso lança apenas vapor de água. Assim, a difusão do uso do gesso como material de construção será benéfica para o Planeta Terra. No entanto, por conter enxofre em sua composição e ser ligeiramente solúvel em água, seus resíduos são nocivos se lançados diretamente na Natureza. Cabe, portanto, estudar o re-aproveitamento dos resíduos de gesso gerados na indústria da construção civil, tanto nos prédios novos quanto nas demolições. A reutilização deles pode servir para evitar seu acúmulo em lixões e terrenos baldios, e também prolongar a vida útil das jazidas fornecedoras da matéria prima para fabricação do gesso. Além disto, o beneficiamento dos resíduos nos locais de intenso consumo, como está sendo o caso da cidade do Recife, pode possibilitar redução do custo do material, visto que as jazidas encontram-se a algumas centenas de quilômetros das grandes aglomerações urbanas, tendo o transporte um peso considerável na composição dos custos.

1.4 - CORPO DO TRABALAHO

Esta dissertação é composta de seis capítulos, um apêndice e um anexo.

O primeiro capítulo é o de introdução.

No segundo capítulo apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre os pólos gesseiros do Nordeste Brasileiro, e discorre-se sobre o gesso de uma maneira geral.

No terceiro capítulo mostram-se os materiais empregados e a metodologia utilizada no trabalho experimental.

O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos, que são comentados e discutidos.

Quanto ao quinto capítulo, apresenta conclusões que puderam ser obtidas e sugestões para trabalhos futuros.

O sexto capítulo apresenta as referencias bibliográficas.

No apêndice mostram-se fotografias de casas construídas com blocos de gesso.

Finalmente no anexo, tem-se uma indicação dos procedimentos de ensaios de gesso.

CAPÍTULO II

2 - REVISÕES DA LITERATURA

O Estado do Rio Grande do Norte foi o pioneiro no Brasil na produção de gesso desde 1938. Durante 20 anos fixou esta posição como maior produtor nacional liderado pelo Grupo Rosado. A área de exploração que tinha cobertura de 20m e fina camada de gipsita de cerca de 5m, com o tempo tornou impraticável a atividade mineralógica, especialmente após a descoberta dos depósitos em Pernambuco, (DNPM, 1960). Em mil novecentos e noventa o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) fez uma proposta à concessão, no qual Gesso Mossoró Ltda. (Grupo Rosado) teria direito em manter os depósitos vantajosos até que não houvesse mais nenhum atrativo para os investidores.

Figura 2.1 - Localização do pólo gesseiro do Araripe, extremo oeste de Pernambuco.

Em 1960, Pernambuco chegou à posição de maior produtor de Gipsita do país e mantém esta posição até os dias atuais, já que suas minas oferecem melhores condições de exploração (menor preço por tonelada extraída, e grande pureza de seu minério). Com infra-

estrutura mais adequada (livre acessos por terra, fácil pavimentação, energia), o Estado tornou o gesso mais acessível para o mercado consumidor.

.

TABELA 2.1 - Complexo Gesseiro do Araripe, Expansão territorial e Populacional.

CIDADE	Expansão Territorial (km ²)	População (Censo de 2000)
Araripina	1.906,3	70.898
Bodocó	1.598,1	31.731
Exu	1.493,9	32.423
Ipubi	968.0	23.042
Ouricuri	2.373,9	56.733
Trindade	228,3	21.930
Total	8.568,5	238.757
Pernambuco	98.525,7	7.918,344

Fonte: IBGE no CONDEPE – BASE DE DADOS DO ESTADO (BDE)

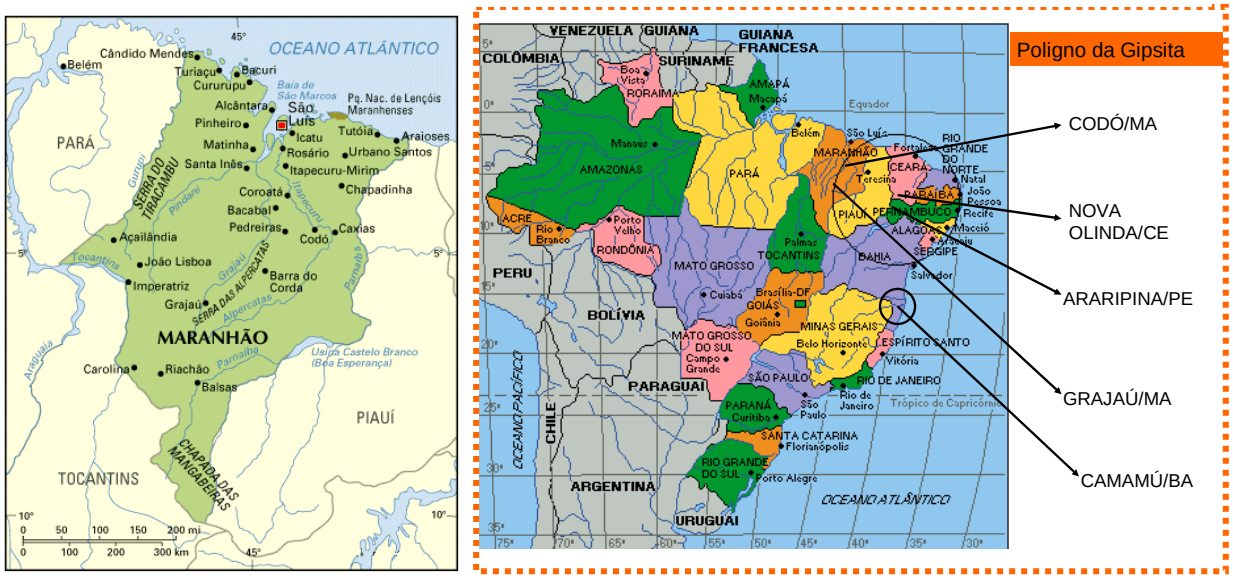
O Pólo gesseiro do Araripe está situado na parte oeste do Estado de Pernambuco (Figura 2.1) cerca de 700 quilômetros da capital, Recife, e inclui os municípios de Araripina, Bodocó, Exu, Ouricuri e Trindade, Ipubi, que representam 8,69% do território do Estado e 2,98% da população como demonstrado na Tabela 2.1.

O beneficiamento da gipsita para produção de gesso, na região do Araripe, envolve as seguintes operações: (1) alimentação manual (2) britagem; (3) rebritagem; (4) peneiramento usado (apenas em algumas empresas); (5) ensilamento; (6) calcinação; (7) estabilização (em algumas empresas) térmica em silos; (8) moagem (de acordo com as especificações de mercado para o produto); (9) ensilamento e (10) ensacamento. Na etapa inicial de cominuição, em geral, são utilizados britadores de mandíbula e moinhos de martelo. Em alguns casos, a britagem é

realizada em dois estágios em circuito fechado com peneiras vibratórias a seco. O produto resultante das operações de cominuição deve apresentar uma distribuição granulométrica uniforme a fim de possibilitar uma desidratação por igual para as partículas da gipsita. As atividades das empresas em operação no Araripe se dividem em 28 minas de Gipsita, 80 empresas calcinadoras com 50% verticalmente integrados com fábricas de produção de gesso, e 230 unidades autônomas, que produzem pré-moldados. A grande atividade comercial provoca um impacto na economia do Estado, não sendo surpresa em ser o grande complexo produtivo de materiais de gesso no País. O Estado de Pernambuco detém 86% da produção nacional de acordo com dados do Departamento Nacional de Produção Mineral. A estimativa do Sindicato gesseiro indica que essa atividade econômica gera em torno de 12.000 empregos diretos, 950 deles na mineração, 3.900 na calcinação, e 7.150 em fundição placas e blocos em gesso, complementados com 60.000 empregos indiretos.

As principais ocorrências de gipsita no Maranhão estão localizadas no município de Grajaú e Codó localizados no centro do Estado. Ambos os municípios estão estrategicamente próximos das principais vias de escoamento como, por exemplo, as estradas Belém-Brasília e a Ferrovia Norte-Sul a Estrada de Ferro Carajás e ao Porto do Itaqui, em São Luís. Assim o pólo Gesseiro Maranhão se situa como a segunda região de produção de gipsita, gesso e pré-moldados, chegando muito próximo da posição de maior produtor de gesso agrícola e já assumindo a liderança na produção de sulfato de cálcio para ração animal. Esse complexo viabiliza, portanto, o atendimento de grande parte do mercado brasileiro, e favorece muito as possibilidades de atender o mercado internacional. Outros locais também produzem gesso na Figura 2.2 estão indicados os principais municípios produtores.

Figura 2.2 - Cidades que compõem o Pólo da Gipsita: Codó/Ma, Nova Olinda/Ce, Araripe/PE, Grajaú/Ma, Camamú/Ba.



A Tabela 2.2 indica o número de empresas envolvidas com o gesso no Estado do Maranhão.

TABELA 2.2 - Distribuição das Empresas Produtoras, Consorciadas de Gesso e Pré-moldados no Maranhão em 2004.

Empresas	Grajaú	Nova Olinda	Codó
Mineradoras	5	1	2
Calcinadoras	8	1	1
F.Pré-moldados	22	Nd	1
Total	35	2	4

2.1 - HISTÒRICO

O gesso é um dos mais antigos materiais de construção fabricados pelo homem, por conta da facilidade de obtenção que, resumidamente, consiste num simples aquecimento a uma temperatura não muito elevada, cerca de 140º C a 160ºC, de um mineral chamado gipsita.

Pesquisas arqueológicas mostraram que o emprego do gesso remonta ao 8º milênio a.C. (ruínas na Síria e na Turquia). As argamassas em gesso e cal serviram de suporte em afrescos decorativos, na realização de pisos e mesmo na fabricação de recipientes. Foram encontrados, também, nas ruínas da cidade de Jericó, no 6º milênio a.C. traços do emprego de gesso como molde, função que até hoje ele também desempenha. O gesso também foi encontrado nas pirâmides do Egito, sendo aplicado em juntas dos enormes blocos de pedra, e como revestimento interno. Na África tem-se noticia de que o gesso foi empregado em blocos de terra crua para construção de habitações. Em 1768, Lavoisier presenteou a Academia de Ciências Francesa, com o primeiro estudo científico dos fenômenos que são à base da preparação do gesso. No século XIX, os trabalhos de diversos autores, particularmente, os de Van t´Hoff e, sobretudo, o de Lê Chatelier, permitiu abordar uma explicação científica para a desidratação da gipsita. A partir do século XX, em função da evolução industrial, os equipamentos para a fabricação do gesso deixaram de ter um conceito rudimentar e passaram a agregar maior tecnologia, assim como a melhoria tecnológica dos produtos passou a facilitar suas formas de emprego pelo homem. (Syndicat National dês Industries du Plâtre,1982).

Hoje em dia o gesso é um produto de vanguarda e, embora seu uso tenha se generalizado na indústria da construção civil, ainda há muito espaço para crescimento de mercado com os benefícios ecológicos nomeados na introdução deste trabalho.

2.2 - EMPREGOS ATUAIS DO GESSO E DA GIPSITA

O gesso, como material de construção, é utilizado para execução de revestimentos, em blocos e painéis de vedação, forros, e como elemento de decoração nas construções. O gesso não é combustível e resiste ao fogo por longo tempo. Gesso e gipsita são componentes fundamentais em muitos produtos além da construção civil, como, por exemplo:

- **Fabricação de cimento portland -** Na fabricação de cimento portland a **gipsita** é adicionada ao *clinquer*, na proporção de 3 a 5 % em peso, com a finalidade de controlar o tempo de pega.
- **Na medicina:** O gesso ortopédico e gesso odontológico se utilizam largamente na imobilização, como próteses temporárias e na odontologia na produção de modelos para usos ortodônticos e na confecção de próteses.
- **Na Indústria cerâmica:** O gesso Cerâmico se usa especialmente na produção de moldes nos processos de colagem na indústria de louças sanitárias e de mesa. A durabilidade dos moldes de gesso associada ao seu custo de produção tem contribuído para a competitividade desse produto no mercado.
- **Na agricultura:** O Gesso Agrícola, que consiste no minério gipsita moída, é utilizado na agricultura para a dessalinização de solos, como fonte de cálcio e de enxofre.
- **Na indústria farmacêutica:** Como ingrediente em vários produtos como, por exemplo, pasta de dente.
- **Na alimentação:** O gesso pode ser usado para alteração da dureza da água para a fabricação de cerveja.

2.3 - A PRODUÇÂO DO GESSO

2.3.1 - Gipsita

A gipsita é uma rocha sedimentar composta basicamente por sulfato de cálcio. Os depósitos de gipsita, matéria prima utilizada para a fabricação do gesso, têm sua origem na precipitação do sulfato de cálcio contido em águas marinhas submetidas à evaporação (PEREIRA, 1973). No Brasil os principais depósitos de gipsita, considerados lavráveis, encontram-se na Região do Araripe em Pernambuco. Segundo ANGELLERI et al., (1982), pode-se encontrar o minério gipsita em diversas formas de apresentação com variações na cor e na textura que recebem denominação local, como, por exemplo, as indicadas nas (Figuras; 2.3 a 2.6), com suas respectivas composições, nas Tabelas 2.3 a 2.6.

Figura 2.3 – Rapadura Cinza.

TABELA 2.3 – Composição da Rapadura Cinza

Determinações	Propriedades (%)
Umidade (60°C)	0,18
Água combinada (225°C)	18,93
Perda ao Fogo (1000°C)	2,45
Resíduos insolúveis e Sílica (em SiO2)	1,00
Ferro e Alumínio (em R_2O_3)	0,30
Cálcio (em CaO)	32,51
Magnésio (em MgO)	ND
Sulfatos (em SO3)	44,70

Figura. 2.4 - Rapadura

TABELA 2.4 – Composição da Rapadura

Determinações	Propriedades (%)
Umidade (60°C)	0,06
Água combinada (225°C)	19,82
Perda ao Fogo (1000°C)	1,74
Resíduos insolúveis e Sílica (em SiO2)	0,28
Ferro e Alumínio (em R_2O_3)	0,20
Cálcio (em CaO)	32,24
Magnésio (em MgO)	0,08
Sulfatos (em SO3)	44,91

Figura 2.5 – Pedra Branca.

TABELA 2.5 – Composição da Pedra Branca.

Determinações	Propriedades (%)
Umidade (60°C)	0,05
Água combinada (225°C)	19,75
Perda ao Fogo (1000°C)	1,08
Resíduos insolúveis e Sílica (em SiO2)	0,52
Ferro e Alumínio (em R_2O_3)	0,22
Cálcio (em CaO)	32,54
Magnésio (em MgO)	0,33
Sulfatos (em SO3)	45,70

Figura 2.6 - Cocadinha

TABELA 2.6 – Composição Cocadinha

Determinações	Propriedades (%)
Umidade (60°C)	0,07
Água combinada (225°C)	20,02
Perda ao Fogo (1000°C)	0,92
Resíduos insolúveis e Sílica (em SiO2)	0,32
Ferro e Alumínio (em R_2O_3)	0,19
Cálcio (em Cão)	32,70
Magnésio (em Mg O)	0,06
Sulfatos (em SO3)	46,00

2.3.2 - Extração da gipsita (Lavra)

A produção do gesso, em escala industrial, envolve basicamente cinco etapas: extração da gipsita; cominuição; calcinação, pulverização e embalagem.

No caso do Pólo Gesseiro do Araripe-PE a gipsita encontra-se praticamente à superfície (Figura 2.7) e em profundidades até vinte metros. A extração da gipsita envolve equipamentos convencionais de mineração como perfuratrizes, pás mecânicas, tratores e outros. O desmonte do minério é realizado com explosivos convencionais com explosões controladas que geram uma grande variedade de tamanhos de blocos.

Figura 2.7 - Depósito Gipsita

2.3.3 – Cominuição

Após a extração os blocos de gipsita são britados e rebritados para adequar a granulometria do minério as necessidades do forno de calcinação.

O minério é reduzido a tamanhos que não ultrapassam os vinte milímetros, mediante a utilização de moinhos de impacto e de mandíbulas, muito eficazes com este tipo de rocha.

Figura 2. 8 - Britador de mandíbula

A homogeneização do tamanho do minério permite uma maior regularidade no processo industrial de fabricação. Na Figura 2.8 mostra-se um pequeno britador de mandíbula que pode ser usado na cominuição de gipsita.

2.3.4 – Calcinação

O gesso é o resultado do processo de calcinação que é imposto à gipsita. Esta pode ser feita em fornos simples ou industriais. A calcinação é a mais importante etapa do processo produtivo do gesso, exigindo condições termodinâmicas e cinéticas bem definidas para cada tipo de produto desejado. A gipsita, em sua forma natural **($CaSO_4$ $2H_2O$)**, Sulfato de Cálcio dihidratado, normalmente está associada às impurezas como óxidos metálicos. Quando encontrado sob forma **$CaSO_4$** simplesmente, também conhecida como anidrita natural, não tem muito valor industrial, uma vez que sua estrutura é estável e não susceptível à decomposição térmica.

A gipsita quando processada adequadamente, se decompõe, segundo a reação.

CaSO4. 2H2O→CaSO4. ½ H2O,

transformando-se em hemidrato, nas suas morfologias alfa ou beta.

A temperatura teórica para que a reação de desidratação ocorra é de 106°C, porém a velocidade da reação será razoável, considerando a produção industrial, indica temperaturas superiores na faixa de 145 a 170°C (SANTOS, 1999).

Há dois tipos de gesso hemi-hidratado; Alfa e Beta, conforme. o processo de calcinação seja feito por via seca ou úmida. Se a gipsita for calcinada a seco sob pressão atmosférica, ou baixa pressão, será obtida o hemidrato β . Caso a calcinação ocorra sob pressão de vapor de água saturante, será obtido o hemidrato α . Devido ao menor tempo de pega, maior resistência mecânica e custo mais elevado, o hemidrato α tem sua maior utilização como gesso hospitalar. Já o β, com custo de produção mais baixo, predomina no gesso de construção civil nacional (CINCOTTO et al., 1988a).

Figura. 2.9 - Calcinação da Gipsita

A calcinação da gipsita no pólo gesseiro (Figura 2.9), dado seu maior volume, é geralmente feita sob agitação, para conferir maior homogeneidade da temperatura e velocidade de calcinação.

Segundo a temperatura de calcinação, diferente é o tipo de gesso obtido. Se a gipsita é calcinada numa faixa de temperatura da ordem de 140°C a 160°C, obtem-se o hemi-hidratado ($CaSO4.\ 0{,}5H_20$).

A *anidrita III* (CaSO4) é obtida entre 160°C e 200°C, e pode conter água de cristalização, embora em baixo teor. Esta fase é solúvel, como o hemidrato, porém instável, transformando-se em hemidrato com a umidade do ar.

Quando a calcinação acontece em temperaturas de 250°C a 800°C obtém-se a *anidrita II* (CaSO4) cuja velocidade de hidratação é lenta. Se a temperatura de queima for acima de 800°C, chega-se à *anidrita I* (NOLHIER, 1986; CINCOTTO et al., 1988a; SANTOS, 1998).

Através dos resultados das curvas de análise térmica e diferencial em amostras de gesso comercial brasileiro (ANGELERI, CARDOSO, SANTOS, (1982)), e observação das referências (BURCHART e SUKATSCHEW, 1965, DUNIEZ, 1950, JOHNSTONE, e JOHNSTONE, 1961, KIRK, e OTMMER, 1961), chegou-se à seguinte equação de desidratação:

$$\mathbf{CaSO_4.\ 2H_2O} + \Delta \rightarrow \mathbf{CaSO_4.\ \tfrac{1}{2}\ H_2O} + \tfrac{1}{2}\mathbf{H_2O} + \Delta \rightarrow \mathbf{CaSO_4} + \tfrac{1}{2}\mathbf{H_2O} + \Delta \rightarrow \mathbf{CaSO_4} \quad \textbf{(Eq. 2.1)}$$

Gipsita (monoclínico)[1] ≈ 120° gesso (ortorrômbico)[2] ≈ 160° anidrita sol. (ortorrômbico) ≈ 360° anidrita nat... (ortorrômbico)

As temperaturas indicadas dependem fundamentalmente das condições de calcinação da Gipsita (pressão de vapor, gradiente térmico do forno, umidade, qualidade e tipo de mineralógico da amostra).

[1] **Sistema monoclínico**-sistema cristalino caracterizado essencialmente por três eixos cristalográficos desiguais, dois deles perpendiculares entre si, e o terceiro perpendicular ao eixo horizontal, porém obliquo em relação ao vertical.

[2] **Sistema Ortorrômbico** - Diz-se do sistema cristalino que pode referir-se a três eixos cristalográficos desiguais dispostos em ângulo reto e caracterizado, no essencial por um eixo de simetria dupla, que é a interseção de dois planos de simetria, ou, então, perpendicular a dois eixos de simetria.

A (Figura 2.10) traz a nomenclatura e a fórmula química das fases do gesso.

Figura.. 2.10 - Transformações de gesso. Fontes LAFARGIA/PRESTIA.

2.3.5 - Pulverização e embalagem

O gesso em forma de pó fino é conseguido fazendo-se passar o material calcinado por moinhos especiais combinados com crivos que asseguram uma granulometria adequada para a sua aplicação. O material moído é selecionado em frações granulométricas e classificado conforme o tempo de pega, e embalado em sacos de papel multifoliados de acordo com a NBR 13207 (ABNT 1994).

2.4 - PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO GESSO

A água fixa ou água de cristalização, representada pelas duas moléculas de água ($2H_2O$) contidas na molécula da gipsita não pode ser confundida com o percentual de umidade do minério. Á água fixada só evapora a temperaturas que excedam 106°C quando acontece a formação do gesso. Por outro lado, toda a umidade da gipsita pode ser removida aquecendo-a a 40°C.

O gesso utilizado na construção civil já foi normatizado no Brasil e as exigências preconizadas para os tipos finos em revestimento, fino para fundição, grosso para revestimento e grosso para fundição, estão apresentadas na Tabela 2.7.

TABELA 2.7 - Características Químicas do gesso para construção civil

Determinações químicas	Limites (%)
Água livre	max. 1,3
Água de cristalização	4,2 a 6,2
Óxido de cálcio (Ca O)	min. 38,0
Anidrido sulfúrico (SO3)	min. 53,0

O gesso após re-hidratado e seco apresenta características físicas que dependem de variáveis associadas às condições de produção do gesso e variáveis associadas à manipulação e preparação da pasta. Assim algumas características físicas podem ser analisadas:

- Consistência: A relação água/gesso, conhecida como consistência, é a mais básica das informações para se prever o comportamento do gesso. A relação água/gesso

influencia diretamente a absorção, dureza, porosidade, tempo de expansão, e outras características físicas de gesso após hidratação e secagem;

- Absorção: A capacidade de o gesso absorver água é muito importante no processo da moldagem das peças. Uma taxa de absorção anormalmente rápida torna difícil a moldagem, enfraquece o material que depois de endurecido apresenta imperfeições de superfície,
- pH: O Gesso levemente ácido apresenta pH de solução aproximado de 6,5.
- Densidade: A Gipsita apresenta uma massa específica aproximada de 2254 – 2334 kg/ m^3. A gipsita triturada tem uma massa unitária variando de 1200 a 2300 kg/m^3, segundo (PERES. L 1982). O Gesso calcinado apresenta densidade entre 885-1127 kg/m^3.
- Índice de refração: situa-se entre 1.520 a 1.529.
- Cor: A gipsita apresenta várias cores e tonalidades como, por exemplo, branca ou incolor quando pura e variando entre cinza e preta, cor-de-rosa clara a vermelho e marrom, segundo impurezas presentes. Já a cor de gesso quando refinado em pó é branca exceto em variedades muito impuras, atingindo o cinza.
- Solubilidade: Gesso é solúvel em nitratos e ácidos clorídricos. É ligeiramente solúvel em água; 100 partes de água a 20°C dissolverão 0.222 partes de gesso. O Gesso é quase insolúvel em ácido sulfúrico.

2.5 - MECANISMSOS DE ENDURECIMENTO DO GESSO PARÂMETROS QUE INFLUENICIAM A CINÉTICA DA REAÇÃO E PEGA DAS PASTAS DE GESSO.

2.5.1 - Hidratação

O gesso na forma de pó (sulfato de cálcio hemi-hidratado), quando em contato com a água reage quimicamente, regenerando o sulfato de cálcio dihidrato (equação (2.2)), liberando calor (por volta de 3900 cal/g), (Faihurst CW, 1960), e (Mahler DB, Ady AB,1960).

$$\mathbf{Ca\ SO_4\ 0{,}5H_2\ O + 1{,}5H_2\ O \rightarrow CaSO_4\ 2H_2O + CALOR \qquad (2.2)}$$

Os primeiros trabalhos publicados sobre a hidratação do gesso são de LAVOISIER, em 1798, e Le CHATELIER, em 1887. Este último explica o mecanismo de hidratação através da teoria da cristalização, passando por três etapas (KARNI; KARNI, 1995):

a - fenômeno *químico* da dissolução - ao ser misturado com a água de amassamento, os cristais do hemidrato (CaSO4 0,5H2O) se dissolvem dando origem a uma solução saturada de íons Ca^{2+} e $SO_4^{2-;}$

b - fenômeno *físico* da cristalização - quando a solução fica supersaturada, os cristais de dihidrato ($Ca\ SO_4.\ 2H_2O$) precipitam-se em forma de agulhas;

c - fenômeno *mecânico* do endurecimento - com o aumento da concentração dos cristais há o endurecimento da pasta.

Até a década de 60 alguns pesquisadores defendiam a teoria coloidal como mecanismo regente da hidratação do gesso. Entretanto, o avanço e desenvolvimento de técnicas como a

calorimetria, difração de raio X (DRX), termogravimetria, microscopia eletrônica de varredura (MEV), resistividade elétrica, entre outras, possibilitaram o acompanhamento detalhado da hidratação das pastas de gesso e comprovação da teoria da cristalização (dissolução do hemidratado e precipitação do dihidratado) (CLIFTON, 1973; LUDWING; SINGH, 1978; LEWRY; WILLIAMSON, 1994a).

O volume do gesso dihidratado é menor que o volume da água e do gesso hemidratado individualmente. Teoricamente deveria haver ligeira contração do volume. Na realidade, o que ocorre é um aumento leve no volume externo depois que a mistura endurece, o que pode ser atribuído à inclusão de vazios durante o crescimento dos cristais de gesso.

A estequiometria avalia a taxa de produção de gesso já misturado como matéria de um composto de baixa porosidade que exibe uma tendência relativamente alta no inchamento durante hidratação. Se o material é produzido abaixo de condições isocronicas, isto é se a inchação é evitada aplicando pressão, então podem ser alcançados valores de resistência mais altos. Isto pode ser usado como base para se desenvolver um processo que permita aumentar a resistência. (**H. Sattler, et all, 2006).**

2.5.2 - Tempo de pega

O tempo de início de pega deve ser entendido como o intervalo de tempo entre a mistura do gesso com a água e o instante em que começa o processo de endurecimento do material. A partir daí, a pasta já não deve ser manuseada.

A relação água/gesso, é o parâmetro de maior influência na cinética da reação de hidratação e consequentemente, na pega do gesso.

Quanto maior a quantidade de água de amassamento, maior o intervalo de tempo necessário para saturar a solução. Isto causa a ampliação do período de indução retardando o inicio da precipitação dos cristais de dihidrato e, por conseguinte, aumenta o tempo de pega.

2.5.3 - Fatores que influem no Tempo de Pega

O controle do tempo de pega é geralmente realizado alterando-se um ou mais dos seguintes fatores:

1. Tempo de mistura: Aumentando o tempo da mistura (dentro dos limites práticos) o tempo de pega será diminuído. Isto acontece porque mais núcleos de cristalização por volume de unidade são criados. Quanto maior número de núcleos de cristalização, mais rápido os cristais de dihidrato se formarão e mais rápido o material se fixará à malha interna dos cristais.
2. Relação água/gesso: Diminuindo a relação de a/g o tempo de pega diminuirá também porque mais núcleos de cristalização de dihidrato por unidade de volume são criados.
3. Temperatura: Aumentando-se a temperatura da mistura de água, diminui-se o tempo de pega, porque a taxa de difusão dos íons também aumenta acelerando então, a taxa de reação. Acima de 50°C, o efeito torna-se contrário porque a solubilidade de hemidrato comparado com o dihidrato diminui. O hemidrato normalmente é 4,5 vezes mais solúvel que o dihidrato a 20 °C e isto condiciona a velocidade da reação. Quando a temperatura da mistura da água exceder 100 °C, a reação não ocorre porque a taxa de solubilidade para o hemidrato e dihidrato é a mesma.
4. Aceleradores e Retardadores: Este é o mais prático método de se controlar a taxa de reação e tempo de pega. Um acelerador é o sulfato de potássio (K_2SO_4). Outro acelerador é o cloreto de sódio (Na Cl), que em uma concentração de menos de 20%

atua aumentando a solubilidade do hemidrato. Já um retardador bem conhecido de gesso é bórax (sal de boro) que age formando uma camada no hemidrato e nas partículas de dihidrato. Isto reduz a solubilidade inibindo seu crescimento.

5. Materiais coloidais: Sangue, saliva, agar, atuam prolongando o tempo de pega afetando os núcleos de cristalização das partículas de dihidrato.
6. Gesso: O sulfato de cálcio dihidratado em sua forma de pasta na mistura com água atua como um forte acelerador de tempo de pega porque provê núcleos de cristalização do dihidrato. (Faihurst CW. 1960), e (Mahler DB, Ady AB. 1960).

2.5.4 - Fatores que influem na expansão

Como já citado, massas de gesso se expandem durante a pega, principalmente porque os cristais de dihidrato empurram-se uns contra os outros durante sua formação. Muitos fatores podem alterar o índice de Expansão:

1. Tempo de mistura: Aumentando o tempo da mistura dentro limites práticos, crescerá o índice de expansão, aumentando o número de núcleos de cristalização das partículas de dihidrato.
2. Relação de a/g: Diminuindo a relação a/g aumenta a expansão aumentando também o número de núcleos de cristalização das partículas de dihidrato.
3. Aceleradores e Retardadores: Aceleradores e retardadores não só afetam o tempo de pega como atuam na expansão do gesso. Ambos diminuem a expansão mudando a forma dos cristais de dihidrato em desenvolvimento. (Faihurst CW. 1960), e (Mahler DB, Ady AB. 1960).

Resumindo, pode-se dizer que:

*Aumentando-se o tempo de mistura ou diminuindo-se a relação a/g reduz-se o tempo de pega e aumenta-se o índice de expansão.

*Aceleradores e retardadores, encurtarão ou alongarão o tempo de pega (dependendo de qual material é adicionado), porém ambos diminuirão a resistência à compressão e a expansão mudando o aspecto dos cristais de dihidrato formados.

*Material Coloidal não só aumenta o tempo de pega como resulta em um produto mais fraco, alterando os núcleos de cristalização.

* Cloreto de cálcio e contaminação de argila na mistura com água atuam como um potente acelerador de pega na reação, mas não afetam sua resistência ou expansão. (Faihurst CW,1960), e (Mahler DB, Ady AB, 1960).

2.6 - MECANISMO DE ENDURECIMENTO DO GESSO: CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DA FORMAÇÃO DO SULFATO DE CALCIO DIHIDTRATADO

A película de gesso endurecido é formada através do crescimento lateral de seus cristais conforme indicação na Fig.2.11.

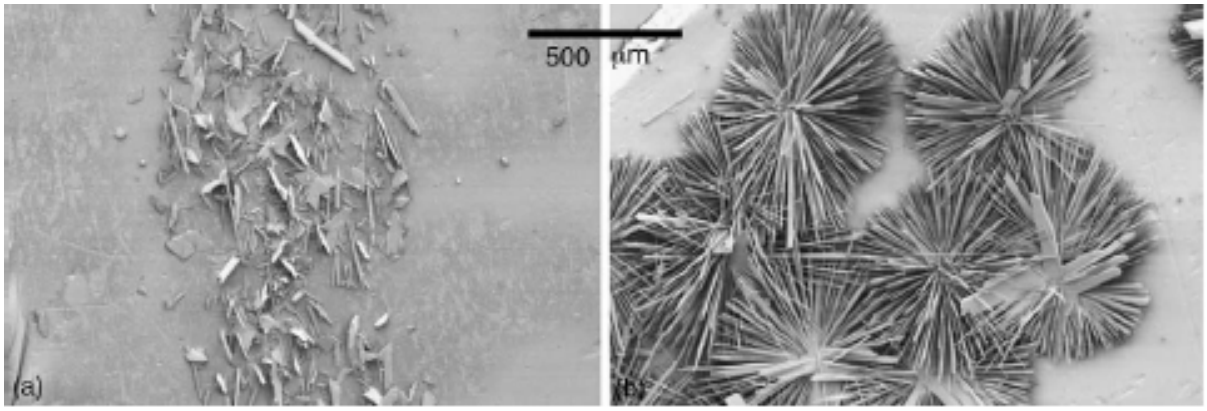


Figura 2.11 - Formação de película nas membranas devido ao volume da superfície de cristalização (a) Películas sem retenção na filtração (causado pelo significante tamanho dos depósitos de cristalino); (b) Película com retenção na filtração (efeito causado através da superfície de cristalização). (W. –Y. Shih et al. /Journal of Membrane Science 252 (2005) 253-263).

Pela membrana do poliamido o crescimento de cristal de gesso, apresentado nas literaturas. S. Lee, C. - H. Lee, 2000; A.E. Austin, J.F. Miller, D.A. Vaughan, J.F. Kircher,

1975; E. Badens, S. Veesler, R. Boistelle, 1999; S.H. Najibi, H. Muller-Steinhagen, M. Jamialahmadi, 1997; O.D. Linnikov, 1999; M.P.C. Weijen, G.M.V. Rosmalen, 1985; M.H.H. Mahmoud, M.M. Rashad, I.A. Ibrahim, E.A. Abdel-Aal, 2004; D.H. Solomon, P.F. Rolfe, 1966; H.A. El Dahan, H.S. Hegazy, 2000; D. Bramson, D. Hasson, R. Semiat, 1995), tem-se uma formação típica de agulhas associadas a plaquetas com estruturas monoclínicas prismáticos (Fig.2.12a), com moléculas de água entre células unitária de cálcio e os íons de sulfato.

As membranas compostas por cristais poliamidos como apresentado na Figura. 2.11a, sugere que na ausência de retenção na filtração, o cristal de gesso encontrado na superfície consiste em esbeltas plaquetas e bastonetes, na gama de tamanhos entre 50-400 μm e sobras de roseta, acreditando-se ser proveniente das fraturas devido ao tamanho dos cristais em deposição.

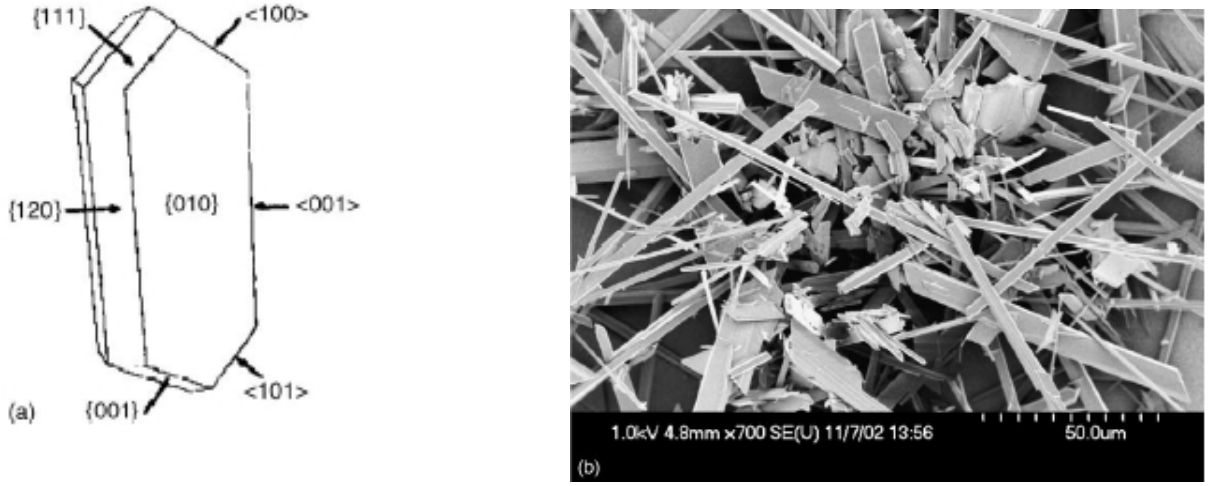


Figura.2.12(a) - Morfologia monoclínica da cristalização do gesso (números em parêntese representam orientação cristalina); (b) imagem de microscópio eletrônico de varredura do cristal de gesso em membrana de poliamido sem haver penetração através do cristal. (W. –Y. Shih et al. /Journal of Membrane Science 252 (2005) 253-263).

2.7 – GESSO COMO REVESTIMENTO DE ALVENARIA

Um dos principais usos do gesso é como revestimento de paredes. A norma, NBR-13867 [ABNT, 1997] fixa as condições exigíveis quanto aos materiais, preparo aplicação e acabamento, revestimento internos de paredes e tetos com pasta de gesso.

A seguir mostra-se o procedimento de preparo das pastas de gesso de revestimento observado em obra da Lajeiro Gesso, no Edf. Guilherme e Margarida Ponte. End. – Avenida 17 de Agosto 2483, 3º pavimento Recife-PE. A pasta de gesso deve ser preparada em quantidades suficiente para ser aplicada antes do início da pega. A pasta que se encontrar no estado de endurecimento não se tornará novamente trabalhável com adição de água. A relação água/gesso usada foi de 36 litros/40 kg..

Figura 2.13 - Polvilhamento

a - Polvilhamento.

A água é colocada em um recipiente e o gesso é lançado sobre ela (Figura 2.13)

b) - Espera I – (Figura – 2.14)

Após colocação de todo o gesso sobre a água, deve-se aguardar a completa absorção para formação da pasta, sem que haja qualquer intervenção manual ou mecânica. Segue-se um período de repouso que corresponde ao período de dissolução do hemidrato.

Figura 2.14 – Espera I

Figura 2.15 - Mistura

c) - Mistura – (Figuras – 2.15). Após a espera I a pasta é misturada manualmente..

d) - Espera II – (Figura – 2.16) Após a mistura mais uma vez um intervalo de tempo é observado para assegurar a homogeneidade da pasta até que ela possa ser utilizada. Este intervalo equivale ao período de indução.

Figura 2.16 – Espera II

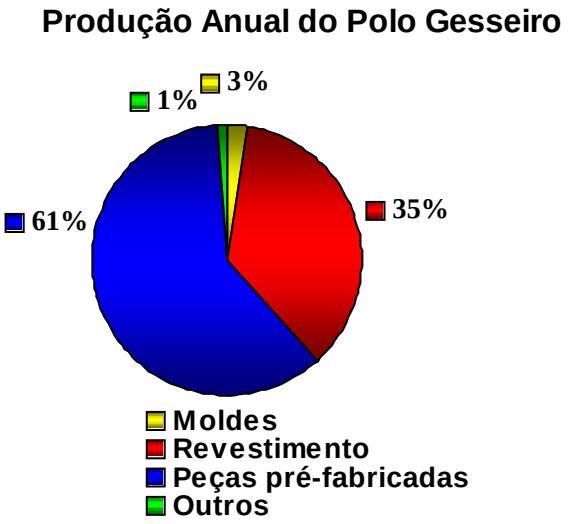
e) - Aplicação – Depois do segundo período de repouso, passa-se a aplicar o gesso (Figura 2.17). Para retirar a pasta do recipiente deve-se utilizar ferramenta tipo colher de pedreiro ou similar. Durante todo processo não se dever entrar em contato manual com a pasta, a fim de evitar a aceleração da pega. A camada de revestimento deve ter espessura a mais uniforme possível e ser cuidadosamente espalmada. A aplicação só pode ser feita até o tempo de final de utilização, conhecido na prática como "morte do gesso". Então já não adere ao substrato ou à camada de aplicação.

Figura 2.17 - Aplicação

O revestimento em pasta de gesso pode ser aplicado em várias camadas até atingir o nivelamento perfeito e a espessura desejada. No caso utilizado em obra, usa-se cerca de 20 kg/m² de gesso com uma espessura de aplicação de 1,6mm. FERREIRA (1986) define tempo útil como: "Período reservado ao trabalho produtivo". Transportando a definição para o revestimento em pasta de gesso: Tempo útil é o tempo disponível para a aplicação do revestimento em pasta de gesso, ou seja, o intervalo de tempo em que a pasta se encontra dentro da faixa de consistência útil. Este intervalo de tempo é determinante na produtividade do serviço de revestimento manual em gesso, uma vez que dita o tempo que o gesseiro dispõe para aplicar a pasta. Ampliá-lo, implica em aumento de produtividade.

2.8 - FONTES DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE GESSO

De acordo com informações prestadas pelo Sindusgesso, os principais usos de gesso na construção civil são os apresentados pelo gráfico da Figura 2.18. Vê-se que o maior volume é usado na pré-fabricação de elementos construtiveis de gesso. O uso em revestimentos também já é significativo.



A partir de dados do SINDUGESSO

Figura 2.18 - Emprego do gesso na construção civil

2.8.1 – Resíduo de Gesso Gerado no Revestimento Manual

A aplicação de pasta de gesso em relação aos elementos tradicionais das vedações (Figura 2.19), como chapisco grosso, massa grossa, bloco de concreto, blocos cerâmicos e outros elementos como lajes, vigas e colunas de concreto armado concorre para a diminuição do custo das obras por permitir uma maior racionalização das etapas como; por exemplo, substituir com uma única aplicação, todos os revestimentos convencionais, (chapisco, massa grossa, massa fina e massa corrida). A secagem é mais rápida, e há menos esforço do operário, com bom desempenho térmico e acústico.

Figura 2.19 - Gesso Revestimento

Durante a aplicação cai por terra parte do que é lançado na parede e às vezes também há perdas por conta de ser ultrapassado o tempo de início e pega antes da aplicação.

2.8.2 - Resíduo de Gesso Gerado na Execução de Forro

Os forros de gesso (Figura 2.20) são executados com elementos premoldados na forma de placas lisas, devendo obedecer à NBR 12775 [ABNT, 1992] As caracteristicas principais das placas estão apresentadas na Tabela 2.8.

Figura 2.20 - Gessos para forro

TABELA 2.8 - Característica física das placas de gesso	
Dimensões	0,65 X 0,65 m
Tipo de encaixe	Macho fêmeo
Resistência ao fogo	Incombustível
Tratamento acústico especial	Lã de vidro
Absorção acústica	96,7 %
Tipo de suspensão	Tirante metálico
Isolamento	Térmico
Peso	15 Kg/m²

Muitas placas se quebram durante o transporte, manuseio e aplicação gerando os resíduos.

Na Tabela 2.9 têm-se as exigência da NBR 12775, para as placas para forro de gesso.

Tabela 2.9 - Exigências físicas e mecânicas para placas lisas de gesso para forro TIPO- 65

PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS	UNIDADE	VALORES
Dimensões da placa	mm	650,0 ± 2,0
Espessura do reforço lateral	mm	30, 0± 1,0
Largura do reforço lateral	mm	≥ 25,0
Espessura na região central	mm	12,0 ± 2,0
Massa específica	Kg/m²	≥ 950,0
Resistência à flexão	MPa	≥ 3,0
Resistência do elemento de fixação	N	≥ 300
Peso	kg	7,0 ± 0,5
Deflexão na diagonal	mm	≤ 1,0
Folga nos encaixes macho/fêmea	mm	≤ 0,5

2.8.3 Resíduo de Gessos Gerados durante a Execução dos elementos de Decoração (Sanca, rodateto, moldura e outros).

São muito utilizados peças de gesso em ornamentos (Figura 2.21) cuja instalação é em geral simples. Em sua instalação exige mão de obra não muito qualificada, mas em alguns casos pode ser necessário um artesão especializado. As peças mais utilizadas são: sancas, dome, nichos em paredes, consolos e até alguns mais clássicos como colunas clássicas, abobadas sobre lareiras, etc.

Gesso decoração, sancas de Gesso dão um acabamento nobre à residência.

Figura 2.21 - Gesso Decoração

Sobram elementos que se quebram e constituem os resíduos.

2.8.4 - Resíduo Gesso de Moldagem Cerâmica e Sanitária

Industrialmente o gesso alfa é empregado em confecção de moldes para utilização na indústria cerâmica, como a de vasos sanitários. São muito práticos e uma vez utilizados passam a ser resíduos. (Figura 2.22).

Figura 2.22 - Resíduo de Moldes de Gesso.

2.8.5 - Resíduo de Gessos Demolição

Resíduos de gesso de demolição trazem muitos materiais misturados como pregos, parafusos, papel, areia, pedaços de cerâmicas entre outros.

Mesmo se for considerada uma construção limpa, há a necessidade, por exemplo, no caso de gesso acartonado, da retirada do cartão (papel) que compõem o agregado. Juntas de vedação quebram-se e misturam-se ao material, devendo também ser retiradas após a demolição do gesso. Os encaixes provenientes destes materiais, compostos de calcário ou gesso, normalmente não apresentam um problema maior. No entanto o asbesto pode estar contido em pequena quantidade, havendo assim, uma série de imposições para a reciclagem. Pintura geralmente faz parte das paredes de gesso, levando a possibilidade de a tinta conter chumbo, exigindo uma consideração a ser tomada, quando da demolição da construção. Logo, nas demolições os fragmentos de gesso apresentam desafios a serem vencidos.

2.8.6 - Armazenagem de gesso

O gesso não deve ser deixado a céu aberto, ao ar livre, porque se a umidade relativa exceder 70%, o hemidrato se converterá dihidrato e os cristais agirão como aceleradores quando a mistura de água for adicionada. Isto diminuirá bastante o tempo de pega. Se o gesso for armazenado por um longo período de tempo em altos valores de umidade, mais mudanças ocorrerão conduzindo a um maior do tempo de pega, porque os cristais de dihidrato cercarão o hemidrato tornando difícil para a mistura de a água alcançar a reação com o hidrato. (Faihurst CW. 1960), e (Mahler DB, Ady AB. 1960).

2.9 - GESTÃO DE RESÍDUOS DE GESSO CONSTRUÇÃO E DE DEMOLIÇÃO.

A segregação do resíduo de gesso no momento da geração e o controle de sua contaminação nas etapas de estoque e transporte são condições para tornar a reciclagem possível. Este tipo de medida depende da conscientização das empresas especializadas em gesso, construtores, engenheiros e operários, papel que cabe às organizações setoriais.

A resolução 307-CONAMA, classifica os resíduos de construção e Demolição em:

- Classe A – são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis na cadeia produtiva da construção civil, tais como: construção, demolição, reformas e reparos de edificações, (Tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, argamassa, concreto, etc.).
- Classe B – são os resíduos recicláveis para outras destinações; (Plásticos, papel, vidro madeira, etc.);
- Classe C – são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações tecnicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/ recuperação, (gesso);
- Classe D – são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção (Tintas, solventes, óleos).

Segundo a experiência internacional atual é possível reciclar inclusive gesso acartonado que contem outros compostos, produzindo aglomerantes, desde que seja removido contaminantes incorporados no processo de geração de resíduos (Campbell, 2003, Marvin 2000, Hummel, 1997). Existem várias tecnologias. Com o progressivo banimento dos resíduos dos aterros sanitários, a reciclagem de gesso vem se tornando progressivamente viável.

Um caso de sucesso é o da empresa canadense New *West Gypsum Recycling* que desde 1986 recicla placas de gesso acartonado, fornecendo matéria prima para a indústria de gesso acartonado e fibra de papel. A empresa dispõe inclusive de equipamento móvel que pode ser transportado para diferentes localizações. A tecnologia, no entanto requer limpeza manual do resíduo. Um dos clientes é a BPB do Canadá, que afirma utilizar 22% de gesso reciclado sem qualquer prejuízo no desempenho (Campell, 2003).

A Knauf possui central de reciclagem em Iphofen (Alemanha), com capacidade de 20 ton/h (Hummel, 1997). A empresa dinamarquesa Gipsrecycling também opera neste mercado e desenvolveu containeres especiais onde o resíduo fica protegido da chuva. Nos Estados Unidos, por exemplo, GP – Gypsum opera em Newington, New Hampshire, fabricante de gesso acartonado, opera uma central de reciclagem que aceita somente resíduo limpo e cobra pelos serviços (Marvin, 2000). No entanto, no Brasil as pequenas fábricas de componentes de gesso não possuem fornos e não realizam a reciclagem. A indústria de moldagem de cerâmica de decoração e sanitária também gera uma quantidade significativa de moldes descartados. Esta fração está legalmente fora da resolução do CONAMA 307, devido ao não desenvolvimento de tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação. Porém, é provável que os resíduos nas pequenas fábricas de placas representam uma massa significativa que pode ser decisiva na viabilização de operações de reciclagem em escala industrial.

2.9.1 - Gestão diferenciada

Dado o montante de resíduo de gesso e o impacto por ele gerado, é importante considerar que o gesso é solúvel em água e pode contaminar os mananciais ou o subsolo. Assim a disposição de gesso em aterro sanitário não é prática recomendada, exceto quando enclausurado e sem contato com matéria orgânica e água. Também não é viável a diluição da fração gesso, a não ser aquela incorporada com revestimento de alvenarias, nos agregados minerais. Assim é necessário o desenvolvimento de um Plano Nacional para a Gestão de Resíduo de Gesso sob a liderança dos fabricantes na construção e produtos de gesso, com a participação dos demais integrantes da cadeia, incluindo empresas especializadas em instalação de produtos de gesso, construtores e representantes do poder público. Este plano pode incluir:

- Programa de redução da geração dos resíduos;
- Programa de gestão e reciclagem dos resíduos de gesso;
- Desenvolvimento de mercado de gesso reciclado.

CAPÍTULO III

---

3 - MATERIAIS E MÉTODOS.

3.1 - CAMPO DE ATUAÇAO

Trata-se de pesquisa experimental, em laboratório após coleta de material em obras visitadas no Setor da Construção Civil, Cidade de Recife. Área de Estudo: Engenharia Urbana, subárea: materiais de construção; subárea específica resíduo de gesso (revestimento, forro, decoração, molde cerâmicos).

3.2 – MATERIAIS

3.2.1 – Gesso

Foi utilizado gesso originário do pólo gesseiro do Araripe

.

3.2.2 - Resíduo de Gesso.

Foram empregados resíduos oriundos de obras na cidade de Recife. Elas foram colhidas separadamente com os resíduos de revestimento, de forro e de decoração. Também foram feitos experimentos com resíduos de gesso moldes cerâmicos da indústria Roca.

3.2.3 – Água

Foi usada água fornecida pelo Sistema de Abastecimento de Água do Instituto de Tecnologia de Estado de Pernambuco (ITEP), apresentando cor transparente, passando por um processo de destilação, com qualidades ideais para uso na construção civil.

3.2.4 - Aditivos

No ensaio de consistência foi usado o aditivo citrato de sódio a 20g/l.

3.3 - METODOLOGIA

O primeiro passo consistiu em quantificar o volume de resíduo de gesso gerado na Região Metropolitana do Recife. Isto foi feito através de pesquisa junto à empresa de Limpeza Urbana do Recife (EMLURB).

No Laboratório Técnico de Gesso do ITEP – PE (LTG) foram realizados, calcinação, ensaios físicos, químicos e mecânicos das amostras de gesso.

3.4 - MÉTODOS DE ENSAIO.

Após coleta dos resíduos nas obras, o material foi beneficiado para realização do trabalho experimental. Na Figura 3.1 pode-se ver o material coletado, ensacado na área de estocagem do ITEP.

Figura 3.1 - Galpão de 200m² e área de estocagem, no LTG/ITEP.

3.4.1 - Beneficiamento dos resíduos.

Figura 3.2-Britador de Mandíbula (piloto) abertura 15x10cm com motor elétrico de 20cv.

O material foi triturado mecanicamente em um britador de mandíbula (Figura 3.2). Neste trabalho, a calcinação (Figura 3.3) foi simulada de forma que se assemelhasse à técnica de manufatura fundamentada em antigos fornos de barriga quente. A nível de pequena escala de produção utilizou-se um procedimento simples

Usou-se uma panela de alumínio com diâmetro de 230 mm e 190 mm de altura, colher de alumínio e um termômetro digital (Termopar) para o acompanhamento da temperatura, fogão a gás metano com seis bicos de inflamação.

Figura 3.3 - Simulações de calcinação

Com esta geometria, a calcinação se dá com baixa agitação e pouca penetração térmica. Foram testadas as temperaturas de queima constantes Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Temperaturas de calcinação para diferentes tipos de resíduos

Resíduos de Gesso	**Temperaturas °C**			
Revestimento	140	169	170	175
Forro	140	172	172	180
Decoração	145	152	173	180
Molde cerâmico	130	135	145	150

O interesse é se chegar a um material que obedeça às prescrições das normas técnicas indicadas na Tabela 3.2.

TABELA 3.2 – Características químicas, físicas e mecânicas do gesso.

Características	**Método**	**Limite (NBR 13207)**
Químicas		
Água livre (%)	**NBR 121130**	< 1,3
Água de cristalização (%)		4,2 a 6,2
Óxido de cálcio (Ca O) (%)		> 38
Anidrido sulfúrico (SO3) (%)		> 53
Físicas e mecânicas		
Massa unitária (g/cm³)	**NBR 12127**	< 0,70
Massa específica (g/cm³)	**NBR 6474**	
Consistência normal (a/g)	**NBR 12128**	
Tempo de início de pega (min.)		> 10
Tempo de fim de pega (min.)		> 45
Resistência à compressão (MPa)	**NBR 12129**	> 8,0
Resistência à flexão (MPa)	**NBR 12775**	> 3,0
Resistência à aderência (MPa)	**NBR13528**	>0,20
Dureza (MPa)	**NBR 12129**	> 30,0

A relação água/gesso foi otimizada através do ensaio de inicio e fim de pega.

3.4.2 – Procedimento experimental

3.4.2.1 - Propriedades físicas do pó dos resíduos de gesso calcinado.

Foram obtidos através de peneiramento em peneiras para ensaios com tela de tecido metálicos com determinadas aberturas constituindo uma série padrão (Figura 3.4) conforme NBR 5734 [ABNT, 1989] A Massa unitária foi obtida conforme a NBR 12127 [ABNT, 1991].

Figura 3.4 – Peneiras – NBR 12127/1989

3.4.2.2 - Propriedades físicas da pasta.

A consistência normal, o tempo de início e fim de pega foi obtido conforme NBR 12128 [ABNT, 1991]. A determinação de água livre e de cristalização foi feita através do equipamento. Analisador de umidade por infravermelho IV 2000. (Figura 3.5).

Figura. 3.5 Equipamento Eletrônico: Determinação de água livre e de cristalização - marca MARTE, modelo AS 5500 C, faixa de medição (0 a 5000)g, resolução (0,01/1)g.

A determinação da finura feita pelo método de permeabilidade ao ar (Método de Blaine), conforme NBR NM 76 [ABNT, 1998]. Vê-se o permeabilímetro utilizado na Figura 3.6.

Figura 3.6 - Equipamento de permeabilidade

3.4.3 - Mineralogia dos gessos reciclados.

Foi estudada através da difractometria de raios X.

3.4.4 - Propriedades mecânicas dos resíduos de gesso calcinados reciclados e endurecidos.

3.4.4.1 - Resistência à tração na flexão

A resistência à tração na flexão das pastas de gesso, foi determinada de acordo com, a. NBR 12775 [ABNT, 1992]. No ensaio, um carregamento central é aplicado ao corpo-de-prova prismáticos de 40 mm x 40 mm x 160 mm, (Figura 3.7) que é posto sobre dois apoios com 100 mm de vão entre eles. Foram ensaiados sempre 4 C.P. e valor médio foi considerado.

Figura 3.7 - Corpos de prova

3.4.4.2 - Resistência à compressão

Foi medida em corpos de prova cúbicos de 50 mm de aresta, conforme NBR 12129 [ABNT, 1991].

3.4.4.3 - Dureza superficial

A dureza mede a resistência à penetração, ou ao risco. Para a caracterização da dureza dos sólidos é normalmente utilizado o teste de dureza Shore. Neste teste, um durômetro mede a resistência, tomada como a medida da dureza, à penetração de um pino pressionado contra a superfície rígida pela ação de uma mola sob carga padronizada. Um ponteiro move-se através de uma escala para mostrar a resistência à penetração, e as escalas no Durômetro Shore variam de 0 a 100. As escalas, normalmente utilizadas para os sólidos, são a escala Shore A para os materiais macios e a Shore D para os duros. Estas escalas se sobrepõem nos valores mais altos da A e mais baixos da D.

Figura 3.8 - Durômetro Shore **C**, MarcaWESTO-P. Resolução- 1 Shore **D**, capacidade: 100 Shore **D**..

A medida de resistência à Dureza Shore-C, foi feita em corpos de prova prismáticos de 40 mm x 40 mm, segundo Norma francesa (AFNOR-CENT/TC241, 1991). Foram ensaiados três corpos-de-prova para cada tipo de resíduo em estudo, num total de doze amostras, e obtida a média.

3.4.4.4 - Resistência de Aderência à tração

A resistência de aderência de revestimento da pasta de gesso reciclado foi determinada de acordo com a NBR 13528. (ABNT, 1995). A resistência de aderência é usada para se saber às tensões máximas suportada pelo revestimento, aplicado em substrato quando submetido a um esforço normal de tração.

Utilizou-se componente de alvenaria de tijolos cerâmicos como substrato ou base. O corte do revestimento de seção quadrada é feito após colagem das pastilhas, que consiste em uma placa metálica com 100 mm de lado, não deformável sob carga de ensaio, com um dispositivo no centro para acoplamento do equipamento de tração. A pastilha deve apresentar a mesma seção do corpo-de-prova de revestimento do resíduo de gesso a ser ensaiado por arrancamento. Foram ensaiados seis corpos de prova para cada situação, espaçados entre si e dos cantos ou quinas em no mínimo 50 mm. As Figuras (3.9 a 3.11) mostram o equipamento e fases finais do ensaio.

Figura 3.9 – Arrancamento de revestimento do Gesso Natural.

Figura 3.10 - Equipamento de medida de resistência de aderência do revestimento da pasta de gesso.

Figura 3.11 – Arrancamento do resíduo de revestimento do gesso calcinado.

A resistência de aderência é dada por:

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

Ra. = resistência de aderência à tração, em MPa.

P = carga de ruptura, em N.

A = área da pastilha, em mm².

A carga (P) e a área (A) devem ser introduzidas na expressão de cálculo em número inteiro, enquanto que os valores de resistência de aderência à tração devem ser expressos com duas casas decimais. O cálculo da média e do coeficiente de variação da resistência de

aderência à tração somente pode ser feito para pastilhas que apresentam a mesma forma de ruptura.

3.5 – ASPECTOS DOS CRISTAIS DE GESSO RECICLADO

Foram feitas fotografias dos resíduos de gesso obtidos dos resíduos de revestimento e de forro através do microscópio eletrônico de varredura, eol KSM 6360 (Figura 3.12) do ITEP.

A amostra foi colocada diretamente sobre uma fita dupla face condutora de carbono e foi recoberta com filme de ouro, depois levada para análise.

Figura 3.12 - MEV – Jeol KSM 6360/ ITEP

CAPÍTULO IV

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando o ineditismo desse trabalho não foi possível encontrar na bibliografia especializada uma quantidade de respostas e valores que permitisse uma avaliação entre os resultados aqui obtidos com o de outros autores ou pesquisadores. Assim os resultados apresentados devem ser considerados como uma contribuição e um incentivo à realização de pesquisas nessa área.

4.1 – RESÍDUOS DE GESSO NA RMR (Região Metropolitana do Recife)

Na Figura 4.1 vê-se que os resíduos de gesso correspondem a 4 % do entulho de construção gerado na Região Metropolitana do Recife, que conta com 14 coletores atuantes segundo a Empresa Metropolitana de Limpeza Urbana (EMLURB). Considerando o total de viagens por dia, das caçambas coletoras chega-se a um volume da ordem de 1260 m^3/dia de entulho dos quais cerca de 50 m^3 são de gesso. No ano, chega-se a 18 mil m^3. O volume real deve ser superior, considerando-se que muito material é descartado clandestinamente. Em se tratando de um resíduo tipo C, segundo resolução do CONAMA, vê-se a importância de uma reciclagem.

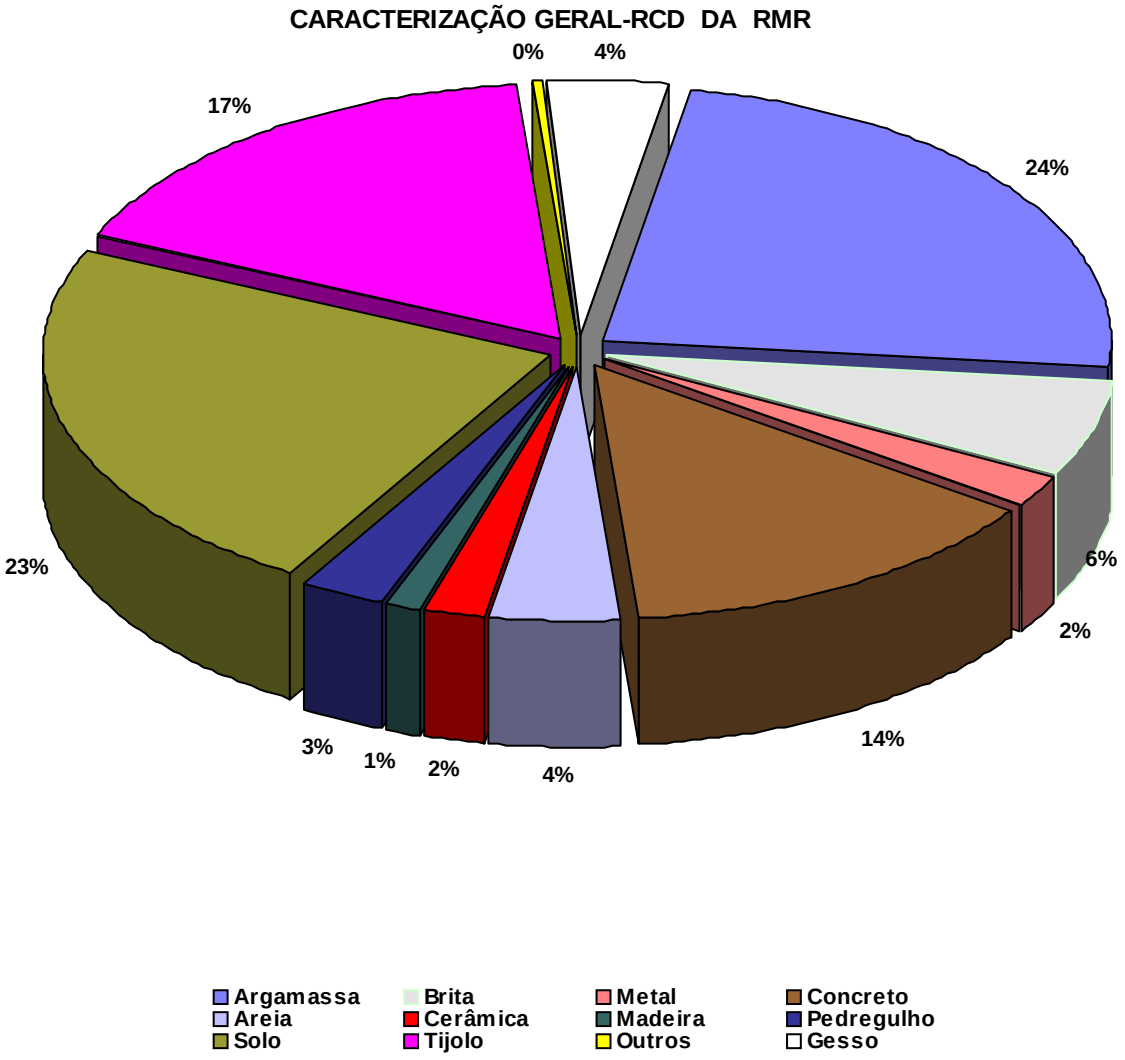


Figura 4.1 - Caracterização geral do resíduo de construção em Recife. (RMR)

4.2 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO GESSO RECICLADO

A composição química do gesso obtido a partir dos resíduos de gesso de revestimento e de forro está indicada Tabela 4.1, Os valores estão muito próximos dos encontrados na literatura para o gesso natural produzido no Pólo Gesseiro do Araripe reconhecidamente um gesso de alta pureza.

O gesso obtido a partir dos resíduos de revestimento apresenta uma pureza de 92,1% um pouco acima dos valores encontrados para os gessos brasileiros, que têm uma pureza

muito maior que as encontradas por gessos conhecidos na Europa e nos Estados Unidos (informação verbal) [1.]

TABELA 4.1 - Análise química do Gesso reciclado em função de sua origem.

DETERMINAÇÕES	RESULTADOS		
	Resíduo gesso revestimento	Resíduo gesso forro	NBR13207 [ABNT 1994] (%)
Água de cristalização	5,7	6,1	4,2 a 6,2
Sulfato (em SO_3)	50,8	54,5	min. 53,0
Óxido de Cálcio (em CaO)	35,6	38,2	min. 38,0
Pureza (em $CaSO_4$. $1/2H_2O$)	92,1	98,9	93

4.3 - ESCOLHA DA TEMPERATURA DE CALCINAÇÃO

Os ensaios de calcinação realizados com resíduos de gesso oriundos da execução de revestimentos de gesso na construção civil (Resíduo de Gesso Revestimento) foram realizados sob condições apresentadas no Tabela 4.2 para as temperaturas de 140, 175, 184,189 e 200°*C.*

Observou-se que, para as temperaturas acima de 140°C a quantidade de água de cristalização removida era compatível com a formação do gesso hemidrato, enquanto para os valores acima 175 a 200°C a perda de peso apontava para uma desidratação total indicando a formação de um gesso anidro conhecido como "anidrita solúvel". Partindo dessa premissa os ensaios de calcinação passaram a ser realizados somente na temperatura de 140°C. Vale salientar que essa temperatura é também uma referência na produção industrial do gesso.

TABELA 4.2 – Resultado obtido com resíduo de Gesso oriundo do Revestimento.

	Temperatura de calcinação (°C)				
Variáveis (Temperatura calcinação)	140	175	184	189	200
Tempo de Residência. (min)	32	19	16	14	12
Perda Peso (%)	17,9	22,2	22,9	21,8	26,5

[1] Noticia fornecida por Luciano Peres, do ITEP (Instituto Tecnológico de Pe), em 2006.

4.4 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.

Os resíduos de gesso calcinados após moagem apresentaram os resultados destacados na Tabela 4.3.

Observa-se que os resultados das analises granulométricas realizadas com o gesso natural e com o Resíduo de Gesso Revestimento são bastante semelhantes o que confirma a adequação correta do sistema de moagem e permite prever um comportamento semelhante quando a variável significativa for o tamanho e distribuição das partículas.

Observou-se que no caso do resíduo de forro o material obtido foi mais grosso e uma justificativa para tal é que no caso do gesso para revestimento o resíduo é mais friável que os pedaços de placa. Pode ser avaliado esse comportamento pela massa especifica desses materiais.

Tabela 4.3 - Resultados das analises granulométricas dos resíduos de gesso após moagem – Serie, 20, 40,70 e 140.

	Resíduo de Gesso Calcinado			
Peneira ABNT	20	40	70	140
Abertura (mm)	0,840	0,420	0,210	0,105
Retido (%)				
Resíduo Gesso Revestimento	46,54	44,67	8,64	2,88
Resíduo Gesso Forro	30,63	29,68	9,75	3,89
NATURAL	45,62	45,29	9,40	9,03
Acumulado (%)				
Resíduo Gesso Revestimento	48,48	48,99	8,64	2,88
Resíduo Gesso Forro	66,16	55,46	62,03	24,59
NATURAL	50,95	49,02	9,40	9,03
MF	1,438			

4.5 - MINERALOGIA

O difractograma de uma amostra de gesso natural pode ser visto na Figura - 4.2. Pode-se observar que sua mineralogia consiste predominantemente de cálcio sulfatos hemi-hidratado (marcadores em preto e vermelho), dominado pela bassanita (marcadores pretos). Nota-se também a ausência do di-hidratado gipsita, o que demonstra que a temperatura de calcinação da amostra foi suficiente para a desidratação deste mineral. A presença de traços de anidrita (marcadores verdes) pode ser um indicativo de que a temperatura de queima possa ser ligeiramente superior àquela onde a bassanita é estável.

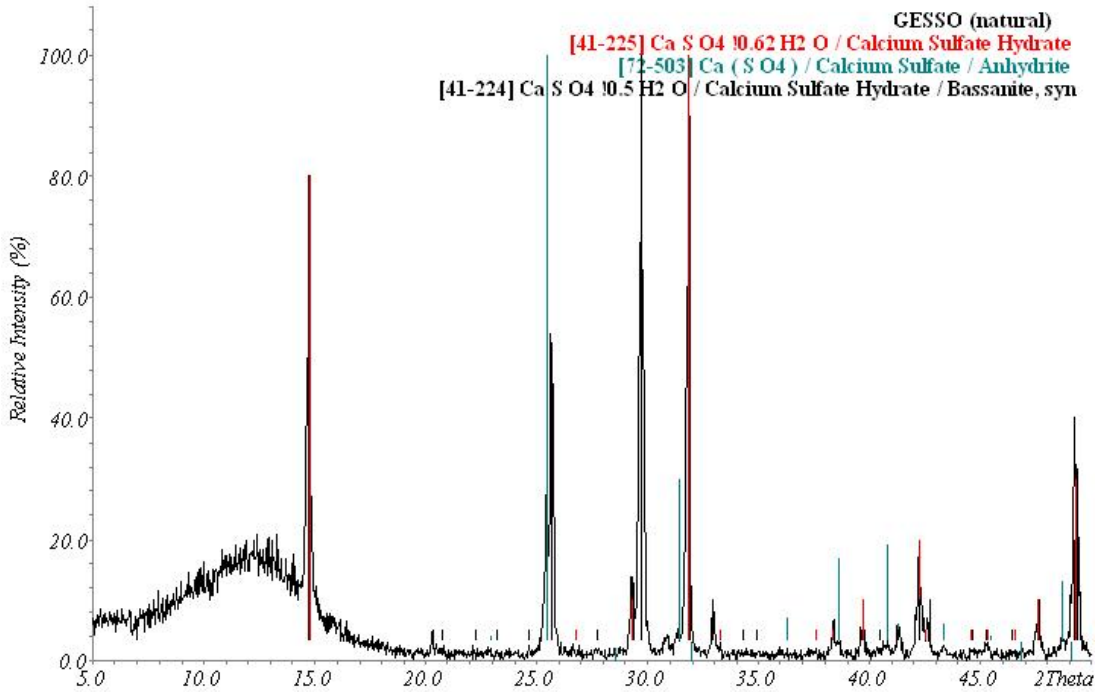


Figura 4.2 -: Difratograma da amostra de gesso natural

Devido à fabricação de peças de gesso, sejam de moldes, revestimento, forro ou decoração, serem oriundas da cristalização de gipsita através do processo de hidratação, faz-se necessário avaliar a composição mineralógica de seus resíduos a fim de avaliar seu potencial de reciclagem.

As análises difratométrica de amostras dos resíduos estudados nesta pesquisa podem ser vistas nas Figuras 4.3 a 4.6. Nestes difratogramas, pode ser constatado que a principal fase cristalina em todos os resíduos é o sulfato de cálcio di-hidratado (Gipsita). Em peças de gesso de construção, este mineral, oriundo da hidratação de fases hemi-hidratadas ou anidras de sulfato cálcio conforme as equações 1 e 2 são responsáveis por conferir resistência mecânica às peças.

$$CaSO_4 0.5H_2O + 1.5H_2O \leftrightarrow CaSO_4 2H_2O \qquad \text{(Equação 4.1)}$$

$$CaSO_4 + 2H_2O \leftrightarrow CaSO_4 2H_2O \qquad \text{(Equação 4.2)}$$

Levando em consideração apenas o caminho da reação de hidratação, esta observação sugere que estes resíduos possam ter um potencial significativo de uso como matéria prima para o preparo de peças à base de gesso.

No entanto, é possível também observar a presença de outros minerais. Por exemplo, numa investigação mais detalhada nos difratogramas das amostras do resíduo de gesso obtidos tanto de moldes cerâmicos quanto de resíduo de forro (Figuras 4.3 e 4.4), pode-se verificar a ocorrência de traços dos minerais calcita magnesiana e quartzo (marcadores pretos e vermelhos).

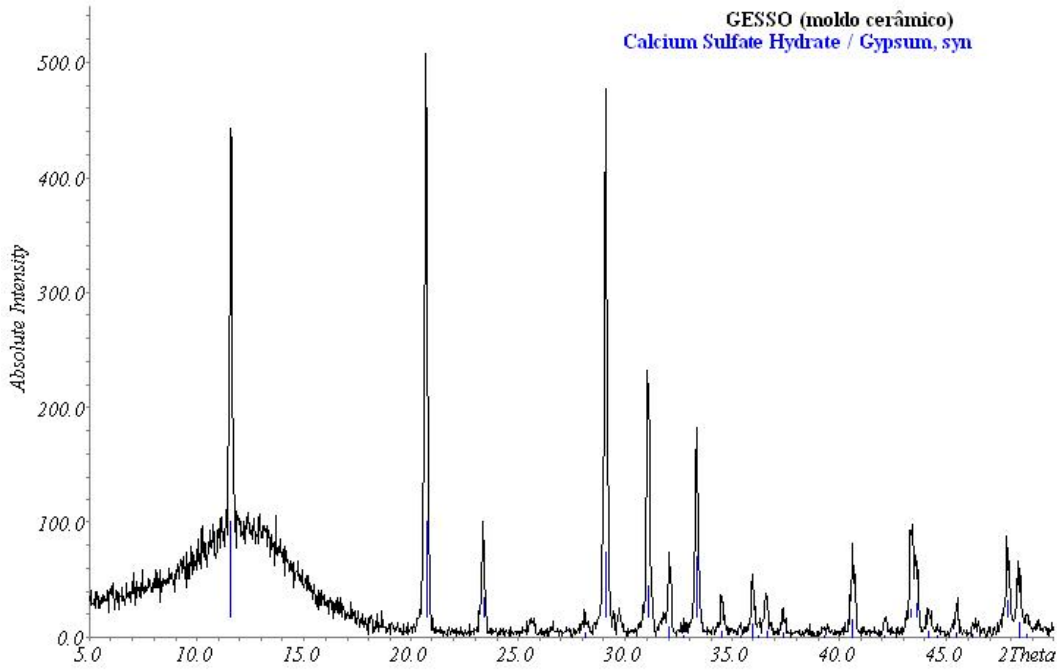


Figura 4.3 - Difratograma da amostra de resíduo de molde para cerâmica.

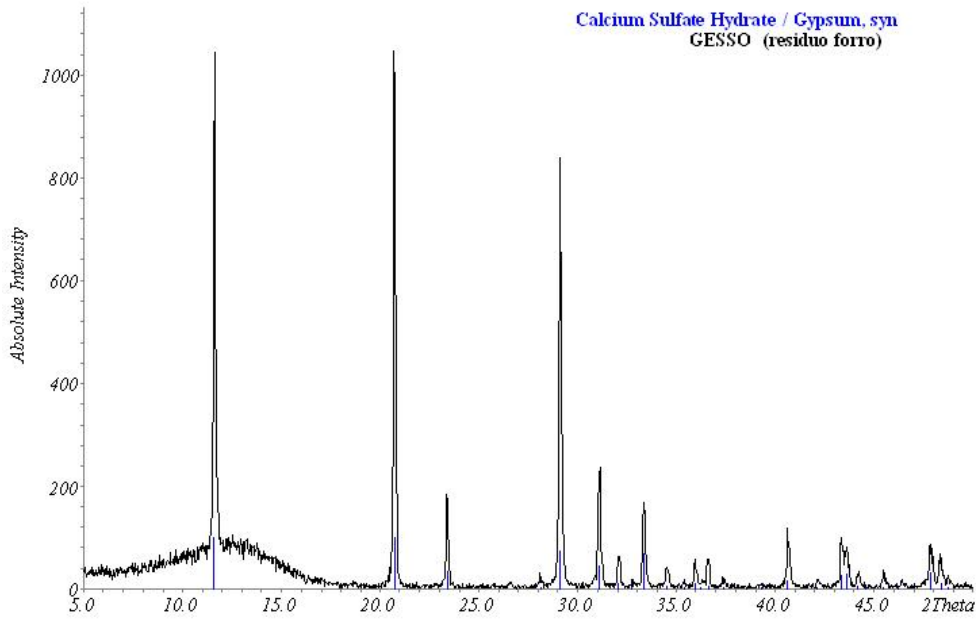


Figura 4.4 - Difratograma de resíduo de gesso para ferro.

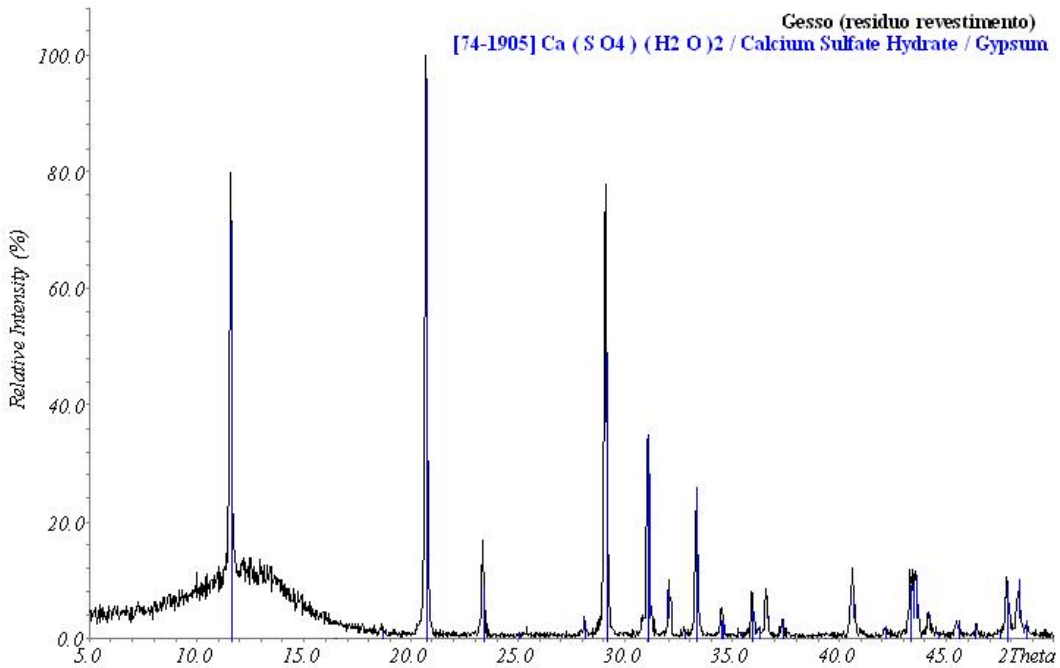


Figura4. 5 - Difratograma de resíduo de gesso para revestimento.

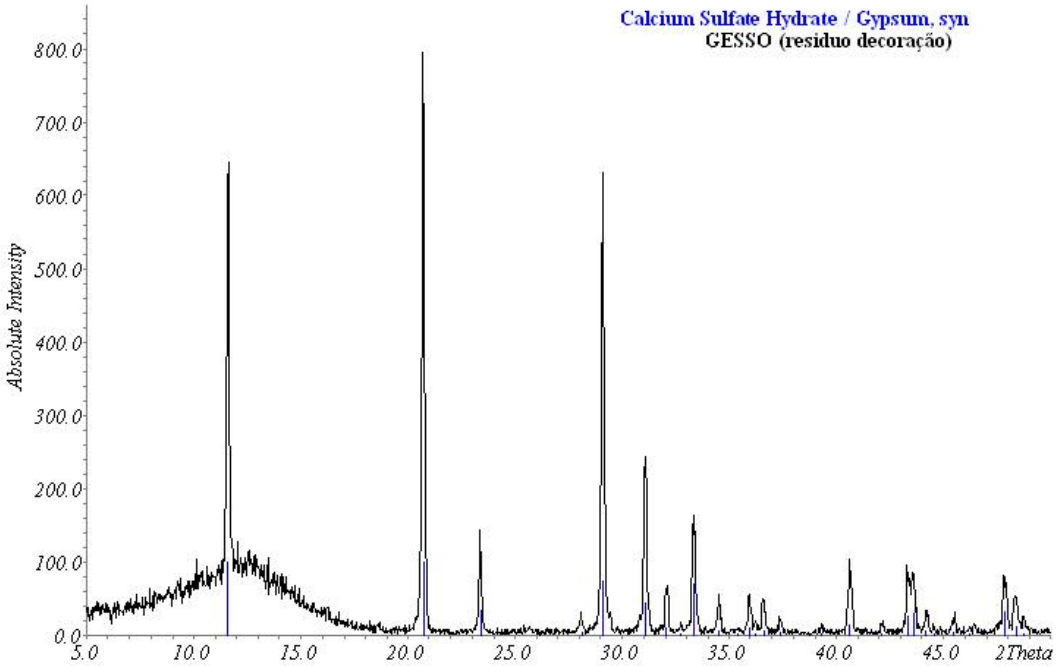


Figura 4.6 - Difratograma de resíduo de gesso para decoração.

No caso das amostras de resíduos de gesso oriundas de peças de revestimento e de decoração (Figuras 4.5 e 4.6), observou-se a presença de traços de anidrita, o que pode indicar uma hidratação não muito eficiente das peças originais, haja vista que anidrita também participa da formação de gipsita durante a hidratação (Equação 4.2). A significância da presença de anidrita em algumas amostras está no fato de que uma calcinação para a formação de bassanita, mineral desejado para conferir boa qualidade no endurecimento das peças de gesso, não seria suficiente para transformá-la. Isto pode ter um efeito na redução do tempo de pega em resíduos reciclados contendo este primeiro mineral. Conseqüentemente, faz-se necessário uma avaliação do desempenho mecânico destes tipos de resíduos calcinados, haja vista a possibilidade das contaminações com materiais cristalinos remanescentes afetarem negativamente suas propriedades. Se por um lado alguns minerais (calcita e quartzo) têm baixa solubilidade, bastante inferiores ao da bassanita, razão pela quais estes não participam como aglomerantes durante a hidratação, por outro lado, alguns podem ter uma cinética acelerada de hidratação (anidrita) o que pode lhes conferir características desfavoráveis do ponto de vista do endurecimento. Embora a caracterização da contaminação dos resíduos por materiais orgânicos tais como desmoldantes, seja imprescindível para bom entendimento da

reutilização e reciclagem deste tipo de resíduo por também poder ter um papel importante no desempenho mecânico, esta foge do escopo deste trabalho por necessitar de técnicas não disponíveis no momento da realização desta pesquisa.

4.6 - ESCOLHA DA RELAÇÃO ÁGUA-GESSO

A relação água/gesso é sabidamente co-responsável pelo tempo de pega da pasta. Nas Figuras 4.7 e 4.8 tem-se os resultados para os gessos obtidos a partir de diferentes tipos de resíduos.

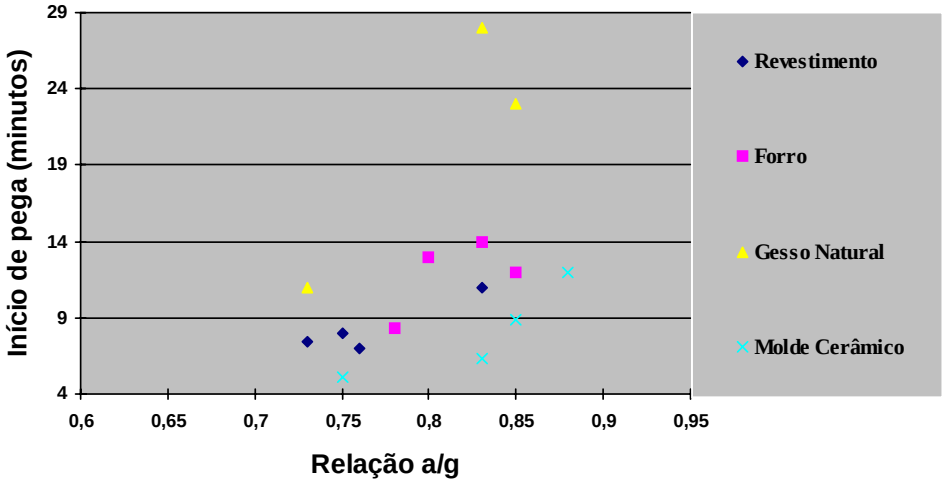


Figura 4.7 - Relação entre Inicio de Pega e relação água/gesso

Nos resultados apresentados na Figura 4.7, percebe-se que um aumento na quantidade de água utilizada na preparação da pasta tende aumentar o tempo de pega. No gráfico da Figura 4.8 têm-se a variação do tempo de fim de pega com a relação água/gesso. Observa-se a mesma tendência anterior.

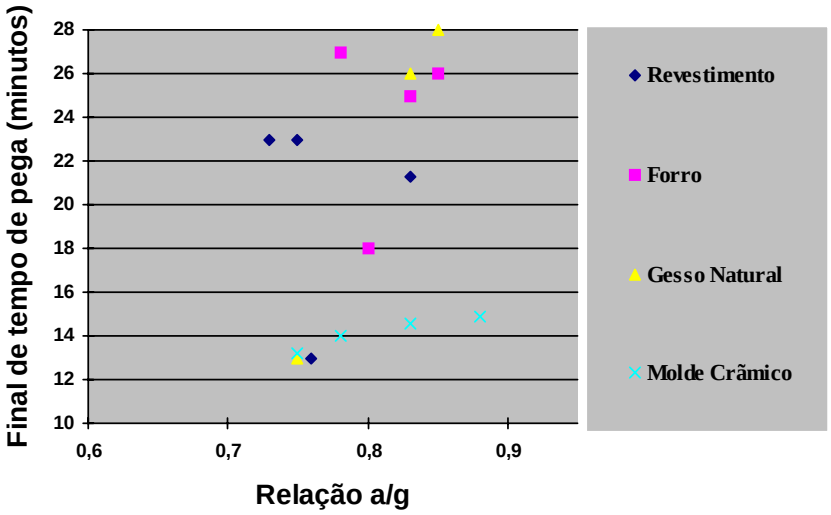


Figura 4.8 - Relação entre Final de Pega e relação água /gesso.

A partir dos resultados de início e fim de pega (Figura 4.8), fixou-se a relação água/gesso em 0,75 que foi considerada a mais satisfatória para o prosseguimento do trabalho.

4.7 - RESISTÊNCIA À FLEXÃO

Os resultados das resistências à flexão estão apresentados na Tabela 4.4 e Figura 4.9.

TABELA. 4.4 – Resistência à flexão dos resíduos de gesso

Resíduo de Gesso	Natural	Revestimento	Forro	Decoração	Molde Cerâmico
Resistência a Flexão	2,5 MPa	3,2 MPa	2,3 MPa	2,6 MPa	3,0 MPa

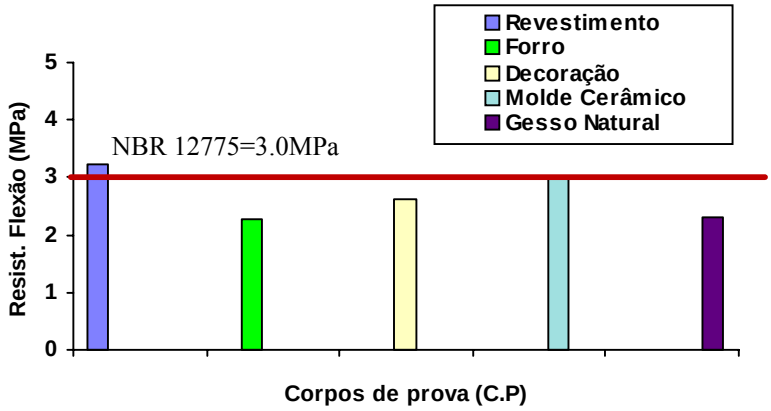


Figura 4.9 – Resistência à flexão dos gessos reciclados e natural e vista de ensaio.

Nota-se que o gesso obtido dos resíduos de revestimento e molde cerâmico superaram o valor mínimo especificado pela NBR12775[ABNT, 1992] que é de 3,0 MPa. A melhor performance foi do gesso obtido a partir dos resíduos de revestimento (3,2 MPa).

4.8 - RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Vêm-se na Tabela 4.5 e na Figura 4.10 os resultados de resistência à compressão e o ensaio sendo realizado. O gesso obtido dos resíduos decoração e molde cerâmico não satisfizeram á resistência mínima requerida pela NBR 13207[ABNT, 1994], que é de 8,40 MPa. A resistência foi próxima da metade daquela dos gessos de resíduo de revestimento e de forro.

TABELA 4.5 – Resistência à compressão dos resíduos de gesso

Resíduo de Gesso	Natural	Revestimento	Forro	Decoração	Molde Cerâmico
Resistência a Compressão	12,8 MPa	8,8 MPa	11,6 MPa	5,2 MPa	4,4 MPa

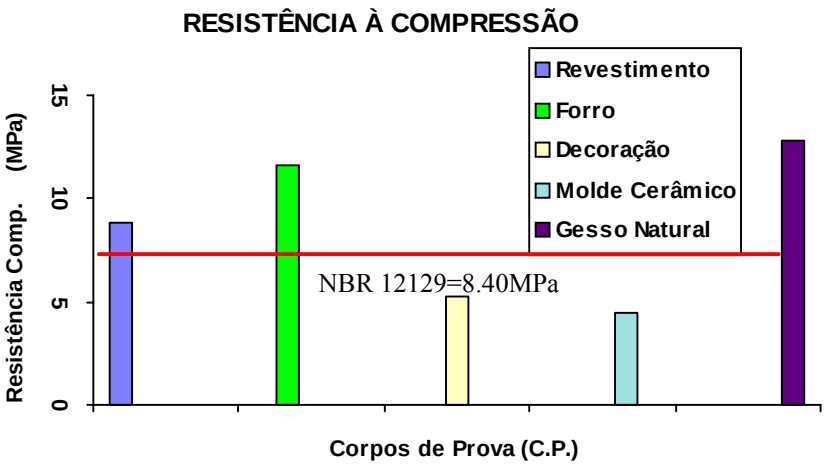


Figura 4.10 - Resistência à compressão dos gessos reciclados e natural e vista do ensaio

4.9 – DUREZA

A dureza shore C obtida nos testes está indiada na Tabela 4.6 e na Figura 4.11. Segundo a ANFOR, CENT/TC 241, o valor da dureza deve ser superior a 60. Assim vê-se que os resíduos de molde cerâmicos não conduziram a um material que satisfizesse à citada norma. Dos gessos reciclados o obtido a partir dos resíduos de revestimento foi o que levou a maior dureza Shore.

TABELA. 4.6 – Dureza SHORE dos gessos natural e reciclados

Resíduo de Gesso	Natural	Revestimento	Forro	Decoração	Molde Cerâmico
Dureza SHORE (C)	83,8	82,6	68,9	61,5	56,5

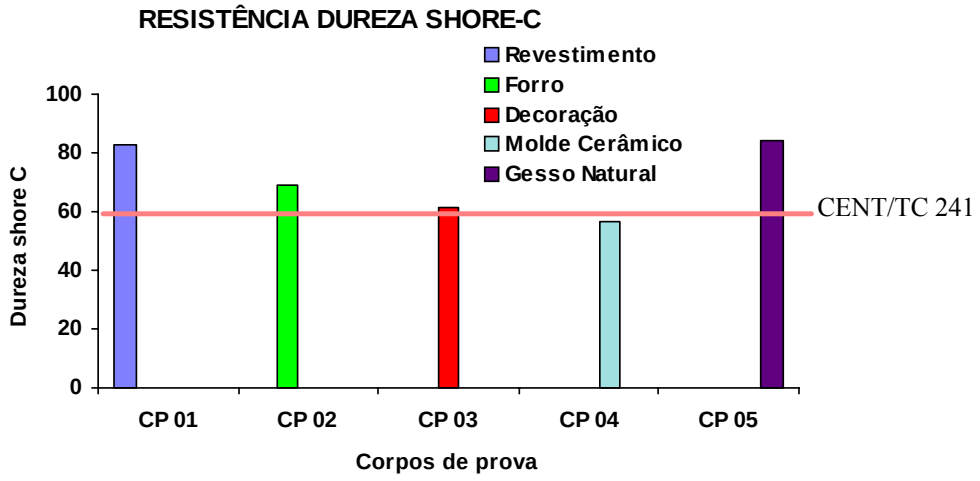


Figura 4.11 - Dureza Shore dos gessos reciclados e natural

4.10 - ADERÊNCIA

As Tabelas 4.7 e 4.8, e Figura 4.12 e 4.13 apresentam os resultados de ensaio de aderência do gesso natural e resíduo gesso revestimento, em substrato de tijolos cerâmicos.

TABELA. 4.7 - Resistência de aderência á tração em parede de alvenaria cerâmica com revestimento de Gesso Natural, com 7 mm de espessura - Taxa 25kgf/s=2,55N/s.

Corpo de prova	Carga (Kgf)	Taxa de carregamento (N/s)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)
01	29	5	2500	**0,11**
02	82	5	2500	**0,32**
03	56	5	2500	**0,21**
04	70	5	2500	**0,28**
Média	59,25			M=0,23 MPa

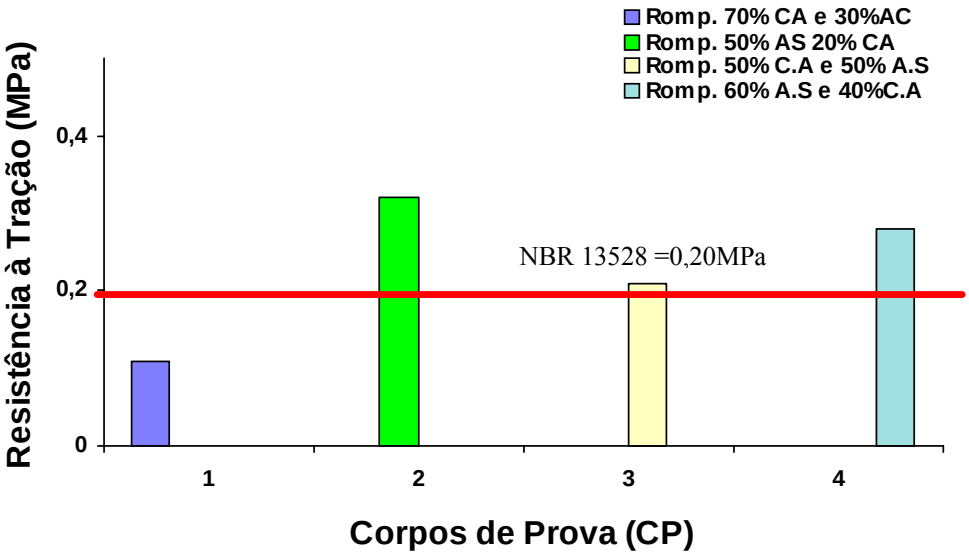


Figura 4.12 - Resistência à aderência do gesso natural

TABELA. 4.8 – Resistência de aderência à tração em parede de alvenaria cerâmica com revestimento de gesso reciclado de resíduo de revestimento com 7 mm de espessura - Taxa 25kgf/s=2,55N/s

Corpo de prova	Carga (Kgf)	Taxa de carregamento (N/s)	Seção (mm²)	Tensão (MPa)
01	97	5	2500	**0,380**
02	67	5	2500	**0,262**
03	105	5	2500	**0,411**
04	98	5	2500	**0,384**
Média	91,75			M=0,359 MPa

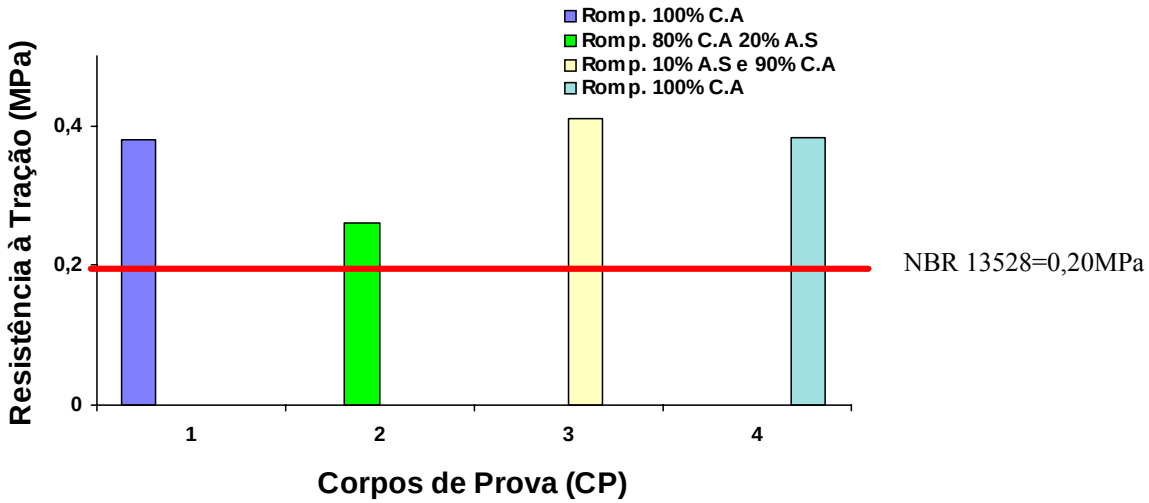


Figura 4.13 - Resistência à aderência do gesso reciclado a partir de resíduo de revestimento

As resistências de aderências foram superiores ao valor de 0,20 MPa exigido pela NBR 13528. .

4.11 - RESUMO DAS PROPRIEDADES DOS GESSOS OBTIDOS DOS RESÍDUOS DE REVESTIMENTO E DE FORRO.

Na Tabela 4.9, Têm-se os resultados dos ensaios feitos nos gessos oriundos de resíduos de revestimento e de forro e os valores indicados nas normas pertinentes.

Uma avaliação dos resultados mostra que houve discrepâncias entre o tempo, inicial e final de pega em relação aos valores normativos. Elas estão associadas a algumas variáveis e podem ser corrigidas através de algumas ações, como por exemplo, aumentando-se o tempo de residência, afinando-se a granulometria ou mesmo fazendo-se uso de aditivos.

As propriedades mecânicas superam sempre os valores requeridos pela normalização, notando o potencial da reciclagem dos resíduos de gesso.

TABELA 4.9 – Propriedades dos gessos obtidos a partir dos resíduos de forro e de revestimento.

	Resíduo de Gesso Revestimento	Resíduo Gesso Forro	NBR
Variáveis (Temp. °C).	140	140	ND
Tempo. de Residência. (min)	32	31	ND
Perda Peso (%)	16,4	16,3	ND
Inicio Tempo de Pega (min)	8	8,30	>10
Final Tempo de Pega (min)	23	27	> 45
Aderência (tijolos) (MPa)	0,75	N	0,36
Aderência (concreto) (MPa)	0,46	N	0,36
Compressão (MPa)	8,89	11,6	8,0
Flexão (MPa)	3,38	3,10	3,0
Dureza (Shore)	82,60	69,0	60
Umidade (%) do gesso	2,00	1,67	max. 1.3

CAPÍTULO V

5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O trabalho aqui desenvolvido mostrou que:

- Na região metropolitana do Recife o gesso já contribui com cerca de 4% do volume de resíduos de construção civil, aproximando-se dos 50 m³ diários, havendo tendência de aumento;

- O reaproveitamento dos resíduos de gesso é uma necessidade para a Engenharia Urbana em benéfico do meio ambiente.

- A obtenção de gesso apresenta a partir dos resíduos é relativamente simples, porém é necessário controlar alguns parâmetros (como temperatura de queima, granulometria) para se assegurar as mesmas propriedades do gesso original.

- Os tempos de pega obtidos com o gesso recebido neste trabalho foram inferiores aos preconizados pela NBR 13207 [ABNT, 1994]. Porém, seu controle pode ser feito através da granulometria e mesmo como o uso de aditivos.

- No trabalho experimental aqui desenvolvido a temperatura de calcinação mais conveniente foi de 140 °C. Já relação água/gesso que levou ao melhor desempenho da pasta fresca e endurecida foi de 0,75.

- Os quatro tipos de gesso reciclado satisfizeram à resistência à flexão exigida pela NBR 12775 [1992]

- Já a resistência à compressão foi satisfatória quando se utilizaram resíduos de forro e de revestimento

- A dureza shore obtida só não foi satisfatória no caso do gesso obtido dos resíduos de moldes cerâmicos

- Para se obter gesso a partir dos resíduos da construção é necessário a conscientizarão das partes envolvidas no sentido de processar armazenar os resíduos de gesso separadamente dos outros componentes como restos de argamassas, de alvenarias etc.

- Impõe-se a realização de testes em escala industrial como um passo decisivo que irá definir a tecnologia necessária para permitir a utilização do resíduo de gesso como material de construção em consonância com a Resolução 307/02 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA

- A permanência do gesso e seus derivados como um material de construção ambientalmente viável irá permitir expandir as fronteiras desses produtos permitindo a sua utilização em habitações populares contribuindo dessa forma para a diminuição do déficit habitacional no país.

- A busca de um processo viável e auto sustentável para a produção e utilização do gesso irá contribuir também para a otimização dos recursos naturais, no caso o minério Gipsita.

5.1 - SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Proceder à simulação da etapa de calcinação dos resíduos de gesso em fornos rotativos onde poderão ser otimizadas as trocas térmicas e se obter melhor homogeneização.

- Estudar o controle dos tempos de pega do gesso reciclado.

- Difundir o conhecimento do emprega do gesso, nos engenheiros e operários da construção civil a necessidade de separar convenientemente os resíduos de gesso gerados nas obras para seu reaproveitamento.

CAPÍTULO – VI

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.E. Austin, J.F. Miller, D.A. Vaughan, J.F. Kircher, Chemical additives for calcium sulfate scale control, **Desalination** 16 (1975) 345.

ANGELERI, F.B. CARDOSO, S.R. SANTOS, P.S. (1982), As gipsitas brasileiras e sua aplicação como gesso na indústria cerâmica; Descrição dos métodos utilizados para seu estudo e caracterização, Parte I, - ensaios químicos, **Cerâmica,** São Paulo 28 (156) dez, 1983.

_____. As gipsitas brasileiras e sua aplicação como gesso na indústria cerâmica. Descrição dos métodos utilizados para seu estudo e caracterização. Parte I – análise térmica e diferencial. **Cerâmica**, São Paulo 29 (157) jan., 1983.

_____. et all. As gipsitas brasileiras e sua aplicação como gesso na indústria cerâmica. Descrição dos métodos utilizados para seu estudo e caracterização. Parte III – ensaios tecnológicos. **Cerâmica,** São Paulo 29 (160), abr., 1983. Noy, D.V. Vezenov, and C.M. Lieber, "Chemical Force Microscopy," Ann. Rev. Mater. Sci., 27, 381–422 (1997).

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7224: Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (Método de Blaine), 1996.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12127: Gesso para construção civil: determinação das propriedades físicas do pó. Rio de Janeiro, 1991.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12128: Gesso para construção civil: determinação das propriedades físicas da pasta. Rio de Janeiro, 1991.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12129: Gesso para construção civil: determinação das propriedades mecânicas. Rio de Janeiro, 1991.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12130:** Gesso para construção civil: determinação da água livre e de cristalização e teores de óxido de cálcio e anidrido sulfúrico. Rio de Janeiro, 1991.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR 12775: Placas lisas de gesso para forro – determinação das dimensões e propriedades físicas. Rio de Janeiro, 1992.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13207: Gesso para construção civil: Rio de Janeiro, 1994.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13867: Revestimento interno de paredes e tetos com pasta de gesso – Material preparo, aplicação e acabamento. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13528: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 1995.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5734: Peneiras para ensaio com telas de tecido metálico. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION. CEN/TC 241 123 F : Carreaux de Platre:Défnitions – Spécifications – Méthodes d'essais. Paris 1994.

BURCHART, W e SUKATSHEW, W. **Controle das propriedades dos gessos para cerâmica;** São Paulo: Usina Cerâmica Osasco, 1965.

CAMPBELL, Steve Lead by Example Walls and Ceiling. : 03/05/2003. (Doc. Mimeografado)

CINCOTTO, M. A.; AGOPYAN, V. e FLORINDO, M. C. O gesso como material de construção. Parte I. **Tecnologia das Edificações**, São Paulo, IPT-PINI, 1988a, p 53-56.

CINCOTTO, M. A.; AGOPYAN, V. e FLORINDO, M. C. O gesso como material de construção. Parte II. **Tecnologia das Edificações**, São Paulo, IPT-PINI, 1988a, p 57-60.

CINCOTTO, M. A. **Estudo da composição química da cal hidratada produzida no Estado de São Paulo**. São Paulo, 1977. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

CLIFTON, J.R. Some aspects of the setting and hardening of gypsum plaster. Technical Note, 755, **National Bureau of Standards**. 1973.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 307 de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil.**

D. Bramson, D. Hasson, R. Semiat, The roles of gas bubbling, wall crystallization and particulate deposition on CaSO4 scale formation, Desalination 100 (1995) 105.

D.H. Solomon, P.F. Rolfe, Polymers that inhibit the deposition of calcium sulfate, **Desalination** 1 (1966) 260.

DNPM - (1990) Avaliação Regional do Setor Mineral - Rio Grande do Norte. DNPM Boletim n 53. Brasília 1990. 116 p. il.

DUNIEZ, M. **Traité de Materiaux de construction.** Paris, Dunod. 1950.

E. Badens, S. Veesler, R. Boistelle, Crystallization of gypsum from hemihydrate in presence of additives, J. **Cryst. Growth** 198/199 (1999) 704.

Faihurst CW. **Compressive properties of dental gypsum**. J Dent Res 1960; 39: 812-824.

FERREIRA, A. B. H. **Dicionário Aurélio Básico da lingual portuguesa**. Rio de Janeiro, Editora Nova Fronteira, 1986.

H.A. El Dahan, H.S. Hegazy, Gypsum scale control by phosphate ester, **Desalination** 127 (2000) 111.

HUMMEL, Hans – Ulrich, Recycling von Gipsplatten. Beitrag zum Darmstadt Massivbau–Seminar 1997, Band 18, oktober 1997, Disponivel em: < (http:// www.b-i-m.de/public/ AddFrame.asp?url_left=Doku_inhalt.htm&url_main=Plubic/BVGips/ damasemhummel.htm).>. Acesso em 10 Abril 2006: 15:30:30.

H. Sattler, Fhl für Holzforschung, Braunschweig, H.-P. Brückner, **Changes in volume and density during the hydration of gypsum binders**. Universität Trier / Germany Disponivel em: < www.bauverlag.de/domains/bauverlag/ zkg/zkg_de/pdf/zkg0901pk07-e.pdf>Acesso em: 15 fev. 2006; 16:30:30.

JONSTONE, S. J. JOHNSTONE, M. G. **Minerals for the chemical and allied industries**, 2 ed. London, Chapman and Hall, 1961.

KARNI, J.; KARNI, E. Gypsum in construction: origin and properties. **Materials and Structure**, n. 28, 1995.

KIRK, e OTMMER. **Encyclopedie of chemical technology**. New York, Inter-science Publishers, 1961, v, 2.

Syndicat National dês Industries du Plâtre – LE PLÂTRE – Physico-chimie Fabrication – Emplois –1982 ,Paris – France.

LEWRY, A. J.; WILLIAMSON, J. The setting of gypsum plaster – Part I – The Hydration of calcium sulphate hemihydrates. **Journal of Material Science**, v. 29, p. 5279-84, 1994a.

LUDWING, U.; SINGH N. Hydration of hemihydrate of gypsum and its supersaturation. **Cement and Concrete Research,** v. 18, p. 291-300, 1978.

Mahler DB, Ady AB. **An explanation for the hygroscopic setting expansion of dental gypsum**. J Dent Res 1960; 579-589.

MARVIN, Emma Gypsum Wallboard Recycling and reuse Opportunities in the State of Vermont. **Vermont Agency of Natural Resources**, August , 2000.

M.H.H. Mahmoud, M.M. Rashad, I.A. Ibrahim, E.A. Abdel-Aal, Crystal modification of calcium sulfate dihydrate in the presence of some surface-active agents, J. **Colloid Interf. Sci**. 270 (2004) 99.

M.P.C. Weijen, G.M.V. Rosmalen, The influence of various polyelectrolytes on the precipitation of gypsum, **Desalination** 54 (1985) 239.

NOLHIER, M. **Contruire en plâtre**. Paris, L'Harmattan, 1986.

O.D. Linnikov, Investigation of the initial period of sulfate scale formation. Part 1. Kinetics and mechanism of calcium sulfate surface nucleation at its crystallization on a heat-exchange surface, **Desalination** 122 (1999) 1.

PERES, L. dos Santos. A produção de gesso no Araripe**. Rev. Pernambucana de Tecnologia**, Recife, 2 (1)jan/mar., 1982.

PEREIRA, E. B. **Perfil Analítico da Gipsita**. Ministério das Minas e Energias. Departamento Nacional da Produção Mineral. Rio de Janeiro, Boletim nº. 15. 19p. 1973.

SANTOS, L. P (1999). **Notas de Aula Fundamentos Processo Produtivo do Gesso**, Curso de Química Industrial – Universidade católica de Pernambuco (UNICAP).

SANTOS, V. A. **Fundamentos sobre processos de produção de gesso a partir da desidratação da gipsita.** Recife, PEDITEC-ITEP – DQ/UNICAPDEQ/UFPE,1998.

S.H. Najibi, H. Muller-Steinhagen, M. Jamialahmadi, Calcium sulfate scale formation during subcooled flow boiling, **Chem. Eng. Sci**. 52 (1997) 1265.

S. Lee, C.-H. Lee, Effect of operating conditions on CaSO4 scale formation mechanism in nanofiltration for water softening, **Water Res**. 34 (2000) 3854

W. Y. Shih, , Anditya Rahardianto, Ron-Wai Lee. **Journal of Membrane Science**. 252 (2005) 253-263. Disponível em:< www.watercenter.ucla.edu/Publications/ Gypsum_Charact_05_JMEMSCI.pdf – >Acesso 25 Fev. 2006.

APÊNDICE

APÊNDICE 1 – PROJETOS DE CASAS DE GESSO EM ARARIPINA

FIGURA A 1 Casas de Gesso

ANEXO 1

1.1 - CALCINAÇÃO

Na calcinação do resíduo de gesso da Construção Civil, (Figura 1.1), para atingir a cinética de decomposição na produção de resíduo de gesso, e qualidade uniforme foi simulada uma forma que se assemelhasse à técnica de manufatura fundamentada em antigos fornos de barriga quente. À nível de pequena escala de produção se utilizou um simples equipamento como a seguir:

Figura 1.1 - calcinação.

Usou-se uma panela de alumínio com diâmetro de 230 mm X 190 mm de altura, colher de alumínio e um termômetro digital (Termopar) para o acompanhamento da temperatura, fogão a gás metano com seis bicos de inflamação. Com esta geometria, a calcinação se dá com baixa agitação e pouca penetração térmica.

A temperatura ambiente de residência, o processo de calcinação para o resíduo de gesso apresentou nas Tabelas de 1.1 a 1.4 as seguintes etapas a seguir:

Tabela. 1.1 Calcinação do Resíduo de gesso Revestimento

Caracterização	APLICAÇÃO				
Temperaturas (°C)	140	175	184	189	200
Peso n/calcinado (g)	1000g	1000g	1000g	1000g	1000g
Peso calcinado (g)	821g	778g	771g	782g	735g
Tempo queima (min.)	12:00	19:00	16:00	14:00	31:30

Tabela 1.2 Calcinações Resíduo Gesso Forro

Caracterização	DEMOLIÇÃO				
Temperatura (°C)	172	170	180	169	160
Peso n/calcinado (g)	1000g	1000g	1000g	1000g	1000g
Peso calcinado (g)	929	833	821	831	837
Tempo queima (min.)	15:00	19:00	24:00	18:00	31:30

Tabela 1.3 Calcinações Resíduo Gesso Decoração

Caracterização	DEMOLIÇÃO				
Temperatura (°C).	145,0	173,0	180,0	178,0	160
Peso n/calcinado (g)	1000g	1000g	1000g	1000g	1000g
Peso calcinado (g)	809	793	812	791	837
Tempo queima (min.)	15:00	15:00	16:00	18:00	16:39

Tabela. 1.4 Calcinações Resíduo Gesso Molde Cerâmico

Caracterização	DESMOLDE				
Temperatura (°C)	135	130	150	125	130
Peso n/calcinado (g)	1000g	1000g	1000g	1000g	1000g
Peso calcinado (g)	816	819	812	834	837
Tempo queima (min.)	11:50	9:37	10:58	11:40	13:39

1.2 – PREPARO DA AMOSTRA DA PASTA, MOLDAGEM DA PASTA, MOLDAGEM E CURA DOS CORPOS DE PROVA.

Os procedimentos de ensaios segundo Normas Técnicas estão apresentados a seguir:

A composição granulométrica ou granulometria do agregado (Figura 1.2), como é usualmente conhecida por peneiração. È determinada através de peneiras para ensaios com telas de tecido metálicos com determinadas aberturas, constituindo uma série padrão.

Figura 1.2 - Peneiras

A aparelhagem necessária para a determinação da granulometria é a seguinte:

a) peneira 0,840mm, peneira de 0,420mm, peneira 0,210mm e peneira 0, 105, conforme a EB-22.

b) fundo de peneira e tampa;

c) balança com resolução de 0,1g;

d) estufa de secagem com circulação natural que permita a elevação da temperatura até 200°C.

e) dessecador

Na composição granulométrica de um agregado miúdo a proporção relativa é expressa em % (percentual), dos diferentes tamanhos do grão. Pode ser expressa pelo material retido, por peneira ou acumulada.

A pasta deve ser preparada conforme procedimento proposto pela NBR 12128 (ABNT, 1991). A norma prescreve o método para execução dos ensaios físicos da pasta de gesso, compreendendo as determinações de:

a) consistência normal;

b) tempo de pega.

Na preparação da amostra deve ter o seguinte procedimento:

Necessária à determinação das propriedades físicas da pasta e passá-la através da peneira de 2,00mm (ver EB-22) com auxilio de um pincel. Os torrões que não foram desfeitos com o pincel bem como as demais impurezas, retidos na peneira devem ser descartados. Porém, antes disso, é necessário que sejam identificados e pesados, fazendo constar estas informações no relatório de ensaio.

A massa da amostra pesada anteriormente deve ser polvilhada, no período de 1 minuto. sobre a água com retardador. Deixar em repouso durante 2 minutos. E em seguida misturar por 1 min. (em torno de um movimento circular por segundo), a fim de obter uma pasta uniforme.

Após este procedimento transferir imediatamente a pasta para o molde evitando bolhas de ar. O amassamento de cada camada deve ser efetuado manualmente com golpes da espátula contra o molde, em média 10 golpes por corpo de prova. Logo no início da pega rasar o topo do molde com auxilio da espátula. Após 1 hora, os corpos de prova devem ser desmoldados. Logo em seguida para repouso de 24 horas, tempo suficiente para que o tempo de fim de pega seja alcançado e os corpos de prova adquiram resistência para os devidos

testes das propriedades mecânicas. Após este intervalo de tempo os corpos-de-prova devem ser expostos à variação de umidade e temperatura ambiente. Sem passar por secagem prévia com o intuito de observar o efeito da umidade nas propriedades mecânicas.

1.2.1 - Massa unitária

A aparelhagem necessária para determinação da massa unitária é a que segue:

a) aparelho constituído de um funil de material não corrosivo sobre um tripé com peneira de 2,0mm ajustada na metade da altura do funil, (Figura 1.3);

b) recipiente de medida confeccionado de material não corrosivo e com capacidade de (1000 ± 20) cm^3;

c) balança.

Figura1 3 - Funil de ensaio

Figura1 4 – Balança eletrônica

1.2.2 - Execução do ensaio

Condições gerais

a) Temperatura da sala de ensaios, equipamentos e materiais devem ser de (24 ± 4)°C.

b) Umidade relativa do ar deve ser de (65 ± 5) %.

c) Amostra dever ser mantida em recipiente hermeticamente fechado.

d) Os equipamentos utilizados devem estar rigorosamente limpos.

1.2.3 - Preparação da amostra

Tomar uma quantidade de amostra, de no mínimo 300g, necessária à determinação das propriedades físicas, e passa-la através da peneira de 2,00 mm, com o auxilio de um pincel.

Os torrões que não forem desfeitos com o pincel, bem como as demais impurezas, retidos na peneira devem ser descartados. Porém, antes disso, é necessário que sejam identificados e pesados, fazendo constar estas informações no relatório de ensaio.

1.2.4 - Determinação da massa unitária

Procedimento

Recomendados pela NBR 12127 (ABNT, 1991).

Tarar o recipiente de medida e coloca-lo sob o funil, centralizando de forma que os eixos verticais coincidam. Colocar cerca de 100g de gesso no funil, sobre a peneira, e com a ajuda de uma espátula fazer passar o material.

Repetir o procedimento descrito acima até que o gesso transborde o recipiente de medida.

Rasar a superfície do recipiente de medida com o cuidado para não compactar o gesso nele contido, e pesar.

O cálculo da massa unitária é pela fórmula:

$$M = \frac{M}{V} x1000$$

Onde:

Mu = massa unitária, em quilogramas por metro cúbico.

M = massa do gesso, em gramas.

V= volume do recipiente, em centímetro cúbico.

Considerar o valor médio de duas determinações, desde que a diferença entre elas seja menor que 5%.

Caso contrário, repetir o ensaio tomando uma nova quantidade da amostra.

1.2.5 - Consistência

A aparelhagem necessária para a determinação da consistência da pasta de gesso consiste de aparelho de Vicat modificado, molde, base, cronômetro, recomendados pela NBR 12128 (ABNT, 1991).

O aparelho de Vicat modificado (Figura 1.5) consiste de um suporte sustentando uma haste de latão, de 6.3mm de diâmetro e comprimento compatível com o suporte. Na extremidade inferior é encaixado um "plunger" cônico de alumínio com ângulo de 53 graus e 08 minutos, com uma altura de 45 mm. O peso total, haste e "plunger", deverão ser de 35 g. À haste poderá ser incorporada uma rosca, para controle de peso.

A haste poderá ser segura por um parafuso, e deverá possuir uma marca, para permitir sua leitura numa escala, graduada em milímetros, ligada ao suporte.

O molde em anel cônico, de material não corrosivo e não absorvente, deverá ter um diâmetro interno superior de 60 mm e inferior de 70 mm, a altura deve ser de 40 mm.

A placa de base para suporte do molde deverá ser de vidro liso e aproximadamente de 100cm^2 (10 cm X 10 cm).

Figura 1.5 - Aparelho de Vicat Modificado

Serão apresentadas duas tendências para a determinação da pasta de consistência normal do gesso. A primeira preconizada pela norma acima citada.

A amostra é acondicionada num tronco cônico com 40 mm de altura, 70 mm de diâmetro da base inferior e 60 mm de diâmetro da base superior. Dissolve-se 20g de citrato de sódio P.A em 1000ml de água destilada. Aplica-se uma fina camada de óleo lubrificante na superfície da placa de vidro e no molde com o objetivo de evitar vazamento durante a execução do ensaio. Transferir 10 ml da solução de citrato de sódio a 20/l para um recipiente e adicionar água até 150g. A amostra pesada anteriormente deve ser polvilhada, no período de 1 min., sobre a água com retardador. Deixar em repouso durante 2 min, e em seguida misturar por 1 min (em torno de um movimento circular por segundo), a fim de obter uma pasta uniforme. Ler a escala e deixar descer lentamente a haste. Quando cessar a penetração, ler novamente a escala. A medida da consistência, em mm, é função da penetração da sonda cônica na amostra. A consistência é considerada normal quando é obtida uma penetração de 30 ± 2 mm.

A segunda metodologia segundo a ASTM C472-73, refere-se a um ensaio bastante simples. A pasta de gesso é colocada em um tubo cilíndrico no centro de uma placa de vidro liso. Quando este tubo é retirado, a pasta se espraia no vidro apresentando diâmetro variável com a quantidade de água de amassamento da mistura.

O fator água/gesso que representa a consistência normal da pasta equivale ao que conduzir a um diâmetro médio definido. Por não estar padronizado existem várias versões apresentando dimensões de tubo, diâmetro de consistência e metodologia diferentes.

Neste sentido realizam-se ensaios com tubos cilíndricos de várias dimensões e compararam-se as curvas obtidas com a curva correspondente à metodologia recomendada pela ASTM.

1.3 – TEMPO DE PEGA DO GESSO (DETERMINAÇÃO E INFLUÊNCIA0)

De acordo com o processo de hidratação, anteriormente apresentado, o crescimento dos cristais de Gipsita e a solidificação entre os mesmos se relacionam com o aparecimento da resistência na pasta. O tempo de pega se relaciona diretamente com o tempo necessário para que os cristais de Gipsita estejam presentes em número suficiente e sejam capazes de suportar tensões, por exemplo, as introduzidas pela agulha de Vicat. Em outras palavras, quanto mais rapidamente os cristais forem produzidos, menor será o tempo de pega. . Segundo a Norma NBR 12128 [ABNT, 1991]. O **tempo de início de pega** do gesso é o tempo decorrido a partir do momento em que o gesso tomou contato com a água, até o instante em que a agulha do aparelho de Vicat não mais deixar impressão na superfície da pasta Na sua determinação se ajusta o marcador e deixar a agulha penetrar na pasta, lentamente. Após cada penetração, limpar a agulha e movimentar a base ligeiramente, de maneira que as tentativas sejam efetuadas a uma distancia mínima de 5 mm uma da outra e a 10 mm do contorno da face exterior. O início de pega é caracterizado pelo instante em que a agulha estaciona a 1 mm da base. **O tempo de fim de pega** é definido como o tempo decorrido a partir do momento em que o gesso entrou em contato com a água, até o instante em que a agulha do aparelho de Vicat não mais deixar impressão na superfície da pasta. O fator água/gesso interfere no tempo de pega, quanto maior for à razão entre a quantidade de água de amassamento e a massa de gesso, maior será o tempo de pega. Esse efeito pode ser explicado com base no fato de que quanto maior a quantidade de água, menor será o número de núcleos de cristalização presentes por unidade de volume da mistura, conseqüentemente maior será o tempo de pega.

O aparelho de Vicat (Figura 1.6) e Tabela 1.5, consiste de um suporte, sustentando uma haste, de peso 300g. A haste tem em uma extremidade um plunger cônico de 10 mm de diâmetro e 50 mm de comprimento, na outra extremidade uma agulha removível, de 1 mm de diâmetro e 50 mm de comprimento haste, deverão ser reversíveis, sendo possível mudar de posição.

A haste é segura por um parafuso, movendo-se sobre uma escala (graduada em milímetros) e ligada ao suporte, O molde deverá ser um anel rígido, de material não absorvente e não corrosivo, deve ter um diâmetro interno superior de 70 mm e na base um diâmetro de 60 mm com uma altura de 40 mm. Colocar esse anel sobre uma placa de vidro plano de 100 $cm^{2.}$ Em resumo o aparelho, de Vicat deverá seguir as exigências:

Figura1. 6 - Aparelho de vicat

TABELA - 1.5 Componentes do Aparelho de Vicat

Peso total	300 ± 0,5 g
Diâmetro do plunger maior	10 ± 0,05mm. .
Diâmetro da agulha	1 ± 0,05mm. . .
Diâmetro superior do molde	60 ±3 mm.
Diâmetro da base do molde	70±3 mm
Altura do molde	40±1 mm

1.4 – RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO

A resistência à tração na flexão das pastas de Gesso, foi determinada de acordo com, a. NBR 12775 [ABNT, 1992]

Neste ensaio, um carregamento central (P, em kgf) é aplicado ao corpo-de-prova prismáticos de 40 x 40 x 160 mm, que é posto sobre dois apoios com 100 mm de vão entre eles.

Figura 1.7 – corpos de provas

A resistência à tração na flexão (Rf) é calculada através da equação:

$$Rf = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Onde:

Rf = resistência à flexão, em MPa

P = carga de ruptura, em N.

L = distância entre apoios, em mm.

b = base do corpo de prova, em mm.

h = altura do corpo- de- prova, em mm.

Devendo-se ser calculada a resistência à flexão média de quatro corpos-de-prova. A determinação da resistência é em função do elemento de fixação, e a carga de ruptura expressa em (N).

Utilizar a prensa conforme a do ITEP. Figura. 1.8. Ensaiar quatro corpos-de-prova para cada condição estudada na relação água/gesso.

Figura 1 8. Prensa PAVITEST C-3022. Equipada com manômetro CONTENCO/PAVITEST Faixa nominal 0-12 kgf, menor divisão 20 kgf.

1.5 – RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

. O procedimento para o preparo e mistura dos materiais se assemelha ao recomendado pela a NBR 12129 (ABNT, 1991). (referente à determinação do tempo de pega). A velocidade de carregamento na prensa de ensaio deve ser constante e relativamente baixa (aproximadamente 2 Kgf por seg.). A quantidade de água de amassamento, representada pelo fator água-gesso e as condições ambientais de endurecimento (referida ao processo de cura), interfere substancialmente na resistência do gesso.

A resistência do gesso se deve à coesão entre cristais. Como já mencionado, quanto maior a razão água/gesso menor a concentração de cristais por unidade de volume na pasta, conseqüentemente menor o entrelaçamento dos mesmos. Por outro lado, analisando o processo de cura, quanto maior a água livre entre os cristais, menor será a coesão dos mesmos. Temperaturas elevadas retiram moléculas da água de constituição (revertendo o processo de hidratação) diminuindo sensivelmente a resistência do produto.

Figura 1.9 - prensa hidráulica

Utilizar a mesma prensa utilizada na resistência à flexão. O molde deve ter três compartimentos, permitindo a moldagem simultânea de três corpos-de-prova de 50,0 mm de aresta.

No caso na utilização para o teste quatro corpos- de- prova de forma cúbica. O valor da resistência à compressão R, em MPa, é dado pela fórmula:

$$Rc = \frac{P}{S}$$

Onde:

P = carga que produziu a ruptura do corpo-de-prova, em Newton.

S = área de seção transversal de aplicação da carga, em milímetros quadrados.

A resistência média dos quatros corpos-de-prova é considerada como valor da resistência à compressão se cada resultado não deferir mais de 15% da média calculada.

1.6 – RSISTÊNCIA DE ADERÊNCIA

A resistência de aderência de revestimento da pasta de gesso para paredes e tetos foi determinada de acordo com a NBR 13528. (ABNT, 1995).

Determinar a resistência de aderência, para medir as tensões máximas suportada por um corpo-de-prova de revestimento, na interface em avaliação, quando submetido a um esforço normal de tração.

Na superfície, sobre a qual for aplicado o revestimento de pasta de gesso em ensaio. Utilizar componente de alvenaria de tijolos cerâmicos e superfície de concreto como substrato ou base. O corte do revestimento de seção quadrada é feito após colagem das pastilhas, que consiste em uma placa metálica com 100 mm de lado, não deformável sob carga de ensaio, com um dispositivo no centro para acoplamento do equipamento de tração. A pastilha deve apresentar a mesma seção do corpo-de-prova de revestimento do resíduo de gesso a ser ensaiado por arrancamento. Ensaiar seis corpos-de-prova para cada situação, espaçados entre si e dos cantos ou quinas em no mínimo 50 mm.

Fig.1.10 – Equipamento de arrancamento.

O valor da resistência de aderência à tração Ra., em MPa, é dado pela fórmula:

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

Ra. = resistência de aderência à tração, em MPa.

P = carga de ruptura, em N.

A = área da pastilha, em mm².

A carga (P) e a área (A) devem ser introduzidas na expressão de cálculo em número inteiro, enquanto que os valores de resistência de aderência à tração devem ser expressos com duas casas decimais.

O cálculo da média e do coeficiente de variação da resistência de aderência à tração somente pode ser feito para pastilhas que apresentam a mesma forma de ruptura.

1.7 – DUREZA SUPERFICIAL

A dureza mede a resistência à penetração, ou ao risco. O aumento das forças coesivas intermacromoleculares resulta em acréscimo na dureza do material. Os materiais que possuem alto teor de segmentos rígidos segregados são mais duros.

Para a caracterização da dureza dos sólidos é normalmente utilizado o teste de dureza Shore. Neste teste, um durômetro mede a resistência, tomada como a medida da dureza, à penetração de um pino pressionado contra a superfície rígida pela ação de uma mola sob carga padronizada. Um ponteiro move-se através de uma escala para mostrar a resistência à penetração, e as escalas nos Durômetro Shore variam de 0 a 100. As escalas, normalmente utilizadas para os sólidos, são a

Figura. 1. 11 - durômetro

escala Shore A para os materiais. macios e a Shore D para os duros. Estas escalas se sobrepõem nos valores mais altos da A e mais baixos da D.

A medida de resistência à Dureza Shore-C, para construção civil, devem ser em corpos-de-prova prismáticos de 40mX40mm, segundo Norma francesa (AFNOR-CENT/TC241, 1991). A serem ensaiadas em duas séries de três corpos-de-prova para cada condição estudada em relação água / gesso.

Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

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