

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE**

**ÁREA GEOTÉCNICA**

**ESTUDO DAS MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO DOS  
CONJUNTOS HABITACIONAIS LOCALIZADOS NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE**

Loredanna Melyssa Costa de Souza

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

Campina Grande – Paraíba

Maio de 2013

# **ESTUDO DAS MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO DOS CONJUNTOS HABITACIONAIS LOCALIZADOS NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE**

Loredanna Melyssa Costa de Souza

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL.

Área de Concentração – Geotécnica

Prof. Phd. João Batista Queiroz de Carvalho  
Orientador

Campina Grande – Paraíba

Maio de 2013

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Autora: Loredanna Melyssa Costa de Souza**

**Título: ESTUDO DAS MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO DOS CONJUNTOS HABITACIONAIS LOCALIZADOS NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE**

**Dissertação defendida e aprovada em: 29 / 05 / 2013**

**Pela Banca Examinadora**

**(Assinatura):** \_\_\_\_\_

**Prof. Ph.D. (Orientador) João Batista Queiroz de Carvalho  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG**

**(Assinatura):** \_\_\_\_\_

**Prof. D.Sc. (Examinador Interno) Gelmires de Araújo Neves  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG**

**(Assinatura):** \_\_\_\_\_

**Prof. D.Sc. (Examinador Externo) Romualdo Rodrigues Menezes  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG**

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho às pessoas mais presentes em minha vida:

Minha mãe, a mais generosa de todas as mães.

Meu pai, pelo exemplo de vida que foi.

Minhas irmãs, Laryssa e Laís, pelo incentivo.

Meu grande amor, Wagner, por estar ao meu lado nos melhores e piores momentos de minha vida.

João Victor, meu maior PRESENTE!

AMO MUITO VOCÊS!

## AGRADECIMENTOS

Início meus agradecimentos à DEUS, por ter colocado pessoas tão especiais ao meu lado, sem as quais certamente não teria dado tudo certo.

A meus pais, João (in memoriam) e Margarete, meu infinito agradecimento. Sempre acreditaram em minha capacidade e me acharam A MELHOR de todas, mesmo não sendo. Isso só me fortaleceu e me fez tentar, não ser A MELHOR, mas a fazer o melhor de mim. Obrigada pelo amor incondicional!

A meu querido esposo, Wagner, por ser tão importante na minha vida. Sempre a meu lado, me pondo para cima e me fazendo acreditar que posso mais que imagino. Devido a seu companheirismo, amizade, apoio, alegria e amor, este trabalho foi concretizado. Obrigada por ter feito do meu sonho o nosso sonho!

À João Victor, que, embora ainda não esteja em meus braços, nunca esteve tão próximo de mim e tão presente no desenvolvimento deste trabalho e que, agora, mais que nunca, me inspira a querer ser melhor do que fui até hoje!

As minhas irmãs, Laryssa e Laís, o meu agradecimento especial, pois, a seu modo, sempre confiaram em meu trabalho.

Aos Professores da UFCG, em especial, João Queiroz, Gelmires e Romualdo. Sempre disponíveis e dispostos a ajudar, querendo que eu aproveitasse cada segundo dentro do mestrado para absorver todo tipo de conhecimento. Fizeram-me enxergar que existe mais que pesquisadores e resultados por trás de uma dissertação, mas vidas humanas...

Vocês foram e são referências profissionais e pessoais para meu crescimento.

Aos técnicos e amigos do laboratório de Engenharia de Pavimentos, Jadilson e Nildinho, por participarem espontaneamente deste trabalho.

A todos os alunos, professores e funcionários do Departamento de Reciclagem que, com ensinamentos, orientações e amizade, neste projeto. Vocês também foram referenciais para mim!

Às funcionárias da coordenação de Pós-graduação, especialmente à Josete e a Liana, pela disponibilidade, simpatia e gentileza.

Aos amigos do laboratório de reciclagem, pelos momentos divididos juntos, especialmente a querida Bruna, por causa dela é que esta dissertação se concretizou. Vocês merecem meu eterno agradecimento!

Aos amigos Neyber, Marquinhos, Alexsandra, Dani Nascimento, Flavinha, Dona Wilma, Suelen, Cibele, Izabelle Marie, Danúbia, estes foram amigos que fiz no laboratório, pois nunca me negaram ajuda

quando precisei. Agradeço muito a vocês não só pela ajuda profissional, mas pela ajuda pessoal, pois foram meus amigos em um ambiente que não era o meu. Obrigada de verdade!

Agradeço, também, à CAPES pelo apoio financeiro.

À Universidade Federal de Campina Grande, instituição na qual me graduei e foi responsável por formar boa parte do que sou hoje.

Finalmente, gostaria de agradecer à Universidade Federal de Campina Grande, ao laboratório de reciclagem e ao laboratório de engenharia de pavimentos por abrirem as portas para que eu pudesse realizar este sonho que era a minha dissertação de mestrado. Proporcionaram-me mais que a busca de conhecimento técnico e científico, mas uma lição de vida.

*Muito obrigada!*

## RESUMO

Ultimamente os conjuntos habitacionais de interesse social construídos na cidade de Campina Grande na Paraíba estão sendo foco de críticas quanto ao desempenho das edificações, principalmente quanto ao aparecimento de patologias originárias de suas matérias-primas. A qualidade dos materiais utilizados como agregados, reboncal (plastificantes para reboco e alvenaria), cimento, argamassa, blocos e telhas são de fundamental importância na construção desses conjuntos habitacionais e o mau desempenho pode ter como consequências graves defeitos na estrutura e nos acabamentos. Este trabalho tem como objetivo analisar as matérias - primas utilizadas nas construções dessas habitações, assim como comparar os resultados obtidos nestas análises com as recomendações normativas da ABNT, para análise dos materiais estudados foram feitos os seguintes ensaios: para os cimentos foram feitos ensaios de análise química, massa específica, perda ao fogo, tempo de pega, finura, Difração de raios – X (DRX) e resistência à compressão; para os agregados ensaios de granulometria, massa específica, materiais pulverulentos; para o reboncal, Difração de raios – X (DRX), análise térmica, ensaios de análise química, massa específica, estabilidade e finura; para argamassas ensaios de resistência à compressão, índice de vazios, densidade de massa aparente no estado endurecido, retenção de água, teor de ar incorporado, densidade de massa no estado fresco, absorção de água, massa específica seca, massa específica real e resistência à tração por compressão diametral; para os blocos cerâmicos ensaios de absorção de água e compressão e para as telhas, absorção de água e resistência à flexão. Os resultados demonstraram que os cimentos utilizados nas construções dos conjuntos habitacionais não obedeceram aos requisitos de resistência à compressão e o cimento utilizado no conjunto habitacional Três Irmãs, não obedeceu às especificações exigidas pela norma ABNT NBR 11578/1991; o reboncal utilizado nas construções como cal, através do ensaio de análise química, foi constatado que não se tratava de cal hidratada; os agregados não atenderam as exigências da norma ABNT NBR 7214/1982 quanto aos teores de materiais pulverulentos; as argamassas usadas nos conjuntos habitacionais obedeceram aos limites estabelecidos pela ABNT NBR 13281/2005; os blocos cerâmicos utilizados nos conjuntos habitacionais Novo Cruzeiro e Três Irmãs apresentaram absorção máxima de água dentro do limite permitido pela norma ABNT NBR 15270/2005, mas quanto ao ensaio de compressão não atendeu a respectiva norma, apresentando resistência menor que 1/3 da resistência mínima permitida de 1,5 MPa; Menos da metade das telhas do conjunto habitacional Três Irmãs apresentaram resistência à flexão conforme estabelecido em norma e para o conjunto habitacional Novo Cruzeiro a maioria das peças ensaiadas apresentaram resistência à flexão superior à exigida em norma.

Palavras-chave: agregados, plastificantes, cimento, argamassa, blocos, telhas, conjunto habitacional, matérias-primas, habitações, patologias, desempenho.

## ABSTRACT

Lately the housing complexes of social interest built in the city of Campina Grande in Paraíba are being focus of criticisms regarding the performance of the buildings, especially as to the emergence of diseases originating from their raw materials. The quality of the materials used such as aggregates, reboncal (plasticizers for plaster and masonry), cement, mortars, blocks and tiles are of fundamental importance in the construction of these housing complexes and their poor performance can have as consequences serious defects in the structure and finishing work. This study aims to analyze the raw materials used in the construction of these housings, as well as compare the obtained results of these analysis with the standard recommendations of ABNT, for the analysis of the studied materials the following tests were made: for the cements tests of chemical analyses, specific mass, loss on ignition, setting time, fineness, X-ray diffraction (XRD), and compressive strength were made; for the aggregates tests of particle size, specific mass, pulverulent materials; for the reboncal, X-ray diffraction (XRD), thermal analyses, chemical analyses, specific mass, stability and fineness; for the mortars tests of compressive strength, index void, specific gravity in the hardened state, water retention, air entrained content, specific gravity in the fresh stage, water absorption, dry density, specific mass and tension strength by diametrical compression; for the ceramic blocks tests of water absorption and compression and for the tiles water absorption and flexural strength. The results showed that the cements used in the construction of the housing complexes did not meet the requirements of compressive strength and the cement used in the housing complex Três Irmãs, did not meet the specifications required by the ABNT standard NBR 11578/1991; the reboncal used in the construction as lime, through the chemical analysis, was found that it was not hydrated lime, the aggregates did not meet the requirements of the ABNT standard NBR 7214/1982 for the levels of pulverulent materials; the mortars used in the housing complexes met the limits established by ABNT NBR 13281/2005; the ceramic blocks used in the housing complexes Novo Cruzeiro and Três Irmãs presented maximum water absorption within the limit allowed by the ABNT standard NBR 15270/2005, but for the compression test it did not meet the respective standard, presenting strength lower than 1/3 of the allowed strength of 1.5 MPa; less than half of the tiles from the Três Irmãs housing presented flexural strength as established by the standard and for the Novo Cruzeiro housing most of the tested pieces presented flexural strength superior to the standard requirement.

Key-words: aggregates, plasticizers, cement, mortar, blocks, tiles, housing complex, raw materials, housings, pathologies, performance

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	17
1.0 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 Objetivos.....	18
1.1.1 Objetivo Geral.....	18
1.1.2 Objetivos Específicos.....	18
1.2 Organização do Trabalho.....	18
CAPÍTULO 2.....	20
2.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1 Conjuntos Habitacionais.....	20
2.2 Patologia das Construções.....	21
2.3 Materiais de Construção.....	23
2.3.1 Cimento.....	23
2.3.1.1 Principais tipos de Cimento Portland.....	24
2.3.1.2 Normalização cimento Portland Composto.....	26
2.3.2 Cal.....	28
2.3.3 Agregados.....	30
2.3.4 Argamassa.....	31
2.3.4.1 Normalização para argamassas.....	32
2.3.5 Blocos cerâmicos e telhas.....	34
2.3.5.1 Normalização para blocos cerâmicos.....	36
2.3.5.2 Normalização para telhas.....	37
2.4 Origem das Patologias : materiais.....	37
2.4.1 Exemplos de patologias.....	38
2.5 Manutenção.....	40
2.6.1 Manutenção preventiva x Manutenção corretiva.....	41
CAPÍTULO 3.....	42
3.0 MATERIAIS E MÉTODOS.....	42
3.1 Materiais Estudados.....	43
3.1.1 Blocos cerâmicos de alvenaria.....	43
3.1.2 Telhas tipo colonial.....	44
3.1.3 Cimento CIMPOR e ITA.....	44
3.1.4 Reboncal.....	44

3.1.5	Areia lavada.....	44
3.1.6	Massame .....	44
3.1.7	Argamassa.....	44
3.2	Métodos Utilizados.....	45
3.2.1	Agregados.....	45
3.2.2	Cimentos.....	45
3.2.3	Cal Hidratada .....	46
3.2.4	Argamassas.....	46
3.2.5	Blocos cerâmicos e telhas .....	46
CAPÍTULO 4.....		48
4.0	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	48
4.1	Caracterização dos Agregados.....	48
4.1.1	Granulometria .....	48
4.1.2	Massa Específica.....	50
4.1.3	Materiais Pulverulentos.....	50
4.2	Caracterização do Cimento Portland .....	51
4.2.1	Análise química.....	51
4.2.2	Massa Específica.....	52
4.2.3	Perda ao fogo .....	53
4.2.4	Tempo de Pega .....	53
4.2.5	Finura.....	54
4.2.6	DRX .....	55
4.2.7	Resistência à Compressão .....	56
4.3	Caracterização do Reboncal.....	57
4.3.1	DRX .....	57
4.3.2	Análise térmica .....	58
4.3.3	Análise química.....	58
4.3.4	Massa Específica.....	59
4.3.5	Estabilidade .....	59
4.3.6	Finura.....	60
4.4	Caracterização das argamassas.....	60
4.4.1	Resistência à compressão .....	60
4.4.2	Densidade de massa aparente no estado endurecido.....	61
4.4.3	Índice de vazios .....	62

4.4.4	Retenção de água.....	63
4.4.5	Teor de ar incorporado .....	64
4.4.6	Densidade de massa no estado fresco.....	65
4.4.7	Absorção de água.....	66
4.4.8	Massa Específica seca e Massa Específica Real .....	66
4.4.9	Resistência à Tração por compressão diametral .....	67
4.5	Caracterização dos Blocos Cerâmicos .....	68
4.5.1	Absorção de água.....	68
4.5.2	Compressão dos blocos cerâmicos .....	70
4.6	Caracterização das Telhas .....	72
4.6.1	Absorção de água e Flexão .....	72
CAPÍTULO 5.....		76
5.0	CONCLUSÕES.....	76
REFERÊNCIAS .....		78

## Lista de Figuras

Figura 1 – Lei de Sitter (fonte: Pereira,2011) .....	22
Figura 2 - fissuras em alvenaria .....	38
Figura 3 - Infiltração de água nas paredes .....	39
Figura 4 - exemplo de descolamento .....	40
Figura 5 - Conjunto Três Irmãs .....	42
Figura 6 - Conjunto Novo Cruzeiro .....	43
Figura 7 - Curva granulométrica .....	48
Figura 8 - vesícula formada no reboco .....	51
Figura 9 - Difratoograma do cimento do conjunto habitacional Três Irmãs .....	55
Figura 10 - Difratoograma do cimento do conjunto habitacional Novo Cruzeiro .....	56
Figura 12 - DRX do Reboncal .....	57
Figura 13 - gráfico de análise térmica .....	58
Figura 14 - resultado do ensaio de estabilidade .....	60
Figura 15 - Resultados da resistência à compressão das argamassas analisadas .....	61
Figura 16 - Resultados da densidade de massa aparente no estado endurecido .....	62
Figura 17 - Resultado do índice de vazios .....	63
Figura 18 - Resultados da retenção de água .....	63
Figura 19 - Resultados do teor de ar incorporado.....	64
Figura 20 - Resultados da densidade no estado fresco .....	65
Figura 21 - Resultados de absorção de água .....	66
Figura 22 - Resultados de massa específica seca.....	67
Figura 23 - Resultados de massa específica real .....	67
Figura 24 - Resultados de tração por compressão diametral.....	68

## Lista de Quadros

Quadro 1 - Quadro relativo aos principais compostos do cimento.....	24
---	----

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Principais causas das patologias .....	22
Tabela 2 - Exigências químicas .....	26
Tabela 3 - Exigências físicas e mecânicas .....	27
Tabela 4 - Exigências químicas .....	27
Tabela 5 - Exigências físicas e mecânicas .....	27
Tabela 6 - Exigências químicas .....	29
Tabela 7 - Exigências físicas .....	30
Tabela 8 - Resistência à compressão .....	33
Tabela 9 - Densidade de massa aparente no estado endurecido kg/m <sup>3</sup> .....	33
Tabela 10 - Densidade de massa no estado fresco kg/m <sup>3</sup> .....	33
Tabela 11 - Retenção de água .....	34
Tabela 12 - Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação .....	35
Tabela 13 - Resistência à compressão .....	36
Tabela 14 - Tipos de telhas e cargas de ruptura .....	37
Tabela 15 - Ensaio para caracterização dos agregados e especificações .....	45
Tabela 16 - Ensaio para caracterização dos cimentos e especificações .....	45
Tabela 17 - Ensaio para caracterização da cal e especificações .....	46
Tabela 18 - Ensaio para caracterização das argamassas e especificações .....	46
Tabela 19 - Ensaio para caracterização dos blocos cerâmicos e telhas e especificações .....	47
Tabela 20 - Ensaio de granulometria .....	48
Tabela 21 - classificação das areias quanto ao módulo de finura .....	49
Tabela 22 - classificação do tamanho dos grãos conforme ABNT .....	49
Tabela 23 - Resultados do ensaio de massa específica .....	50
Tabela 24 - Resultados do ensaio de materiais pulverulentos .....	50
Tabela 25 - Análise química do cimento CIMPOR (CPIIF32) .....	51
Tabela 26 - Análise química do cimento ITA (CP IV 32 RS) .....	52
Tabela 27 - Resultado do ensaio de massa específica .....	53
Tabela 28 - Resultado do ensaio de perda ao fogo dos cimentos .....	53
Tabela 29 - Resultados do tempo de pega dos cimentos .....	53
Tabela 30 - Ensaio de finura dos cimentos .....	54
Tabela 31 - Ensaio de resistência à compressão .....	57
Tabela 32 - Análise química do Reboncal .....	58

Tabela 33 - Resultados do ensaio de massa específica.....	59
Tabela 34 - Resultados do ensaio de finura da cal.....	60
Tabela 35 - Conjunto Habitacional Novo Cruzeiro.....	68
Tabela 36 - Conjunto Habitacional Três Irmãs.....	69
Tabela 37 - Ensaio de compressão do conjunto Novo Cruzeiro.....	71
Tabela 38 - Ensaio de compressão do conjunto Três Irmãs.....	71
Tabela 39 - Resultados do ensaio de absorção e flexão de telhas do Conjunto Três Irmãs.....	72
Tabela 40 - Resultados do ensaio de absorção e flexão de telhas do conjunto Novo Cruzeiro.....	74

## 1.0 INTRODUÇÃO

Segundo estudo realizado pela Fundação Getúlio Vargas, o déficit habitacional do Brasil é de 5,8 milhões de famílias, o que representa um índice de 9,3% de famílias que não têm onde morar ou vive em condições inadequadas, ou seja, que não atendem aos requisitos mínimos de habitabilidade. Os dados foram obtidos com base no PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios, 2009. Feito pelo IBGE.

À migração de famílias do campo para a cidade em busca de trabalho e melhores condições de vida acompanhado da falta de uma política de urbanização gerou um aumento de pessoas nas grandes cidades e conseqüentemente impossibilitando muitas famílias em conseguir uma habitação adequada.

Procurando reduzir esse déficit, o Brasil vem buscando construir edificações voltadas para classes de menor poder aquisitivo. Atentas a esse crescimento no mercado das construções, apesar destas estarem evoluindo no campo das técnicas e dos materiais de construção e estar se adequando aos programas de qualidade, verifica-se que as patologias continuam sendo um grande desafio para a engenharia. Isto porque cada vez mais se observa um aumento de incidências das construções e prazos cada vez mais curto devido, sobretudo, às soluções inadequadas de projeto, uso impróprio de materiais, negligência na execução e deficiência de manutenção, entre outros aspectos.

No Brasil, essa situação poderia ser acompanhada se as edificações passassem por uma avaliação de pós – ocupação (APO), onde seriam analisados os problemas técnicos e a satisfação dos usuários.

Portanto, sabendo-se da problemática dessas habitações pelo emprego de materiais que muitas vezes não obedecem a um controle rigoroso por parte das normas, ou por problemas na execução, ou mau uso, houve a motivação para desenvolver um estudo onde o intuito é analisar essas matérias – primas e chamar a atenção das autoridades no que diz respeito à utilização de uma política de gerenciamento nos canteiro de obras enfatizando a importância do uso de materiais de boa qualidade e a importância de uma manutenção preventiva, a fim de minimizar o surgimento de patologias.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Avaliar os materiais de construção empregados nas construções dos conjuntos habitacionais três irmãos e novo cruzeiro e comparar os resultados obtidos com as especificações normativas da ABNT.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Analisar com base nas normas da ABNT:

- as argamassas utilizadas no revestimento e no assentamento nas construções dos conjuntos habitacionais estudados, bem como a areia, massame, cimento e a cal;
- a quantidade máxima de água absorvida por blocos e telhas;
- a resistência mecânica dos materiais cerâmicos;

Realizar uma abordagem geral sobre o desempenho das edificações.

Identificar os principais problemas patológicos.

## **1.2 Organização do Trabalho**

Esta dissertação é composta de seis capítulos, a seguir é apresentada uma breve descrição do assunto abordado em cada um deles.

Capítulo 1 – É composto de introdução, objetivos geral e específico e organização do trabalho.

Capítulo 2 – Compreende a fundamentação teórica, onde são abordados os assuntos mais relevantes ao desenvolvimento deste trabalho tais como: definição dos conjuntos habitacionais, uma abordagem sobre patologia das construções, os tipos de materiais de construção utilizados na pesquisa seguido de suas normas para aceitação, o surgimento das patologias nos materiais de construção, e a importância da manutenção nas edificações.

Capítulo 3 - São descritos todos os materiais utilizados na pesquisa, bem como os métodos que foram utilizados e sua metodologia.

Capítulo 4 - São apresentados e avaliados os resultados obtidos experimentalmente.

Capítulo 5 – Apresentam-se as conclusões que foram obtidas neste trabalho.

No final do trabalho estão inseridas as referências bibliográficas.

### 2.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são tratados os assuntos relevantes para o desenvolvimento desta pesquisa. Primeiramente, faz-se uma abordagem sobre os conjuntos habitacionais, depois sobre as patologias no âmbito geral, na sequência, sobre os materiais de construção citando seus tipos, posteriormente, sobre a origem das patologias seguido de exemplos e por fim, uma pequena abordagem sobre manutenção.

#### 2.1 Conjuntos Habitacionais

Abiko (1995), diz que habitação é o ambiente ocupado antes e após um longo dia de trabalho, onde realizamos atividades como descanso, alimentação, atividades fisiológicas, atividades de trabalho, ou seja, sua principal função é o abrigo.

Com o aperfeiçoamento de sua capacidade, o homem passou a empregar diversos materiais disponíveis em seu meio, tornando o abrigo cada vez mais elaborado, e, no entanto, continuava com sua função básica de proteger o homem dos intrusos e das intempéries de acordo com Abiko (1995).

Segundo Fernandes (2003), a moradia exerce as seguintes funções: ambiental, econômica e social. A função social é de abrigar a família. A econômica é oferecer novas oportunidades de geração de emprego e renda, mobilizar vários setores da economia local e influenciar os mercados imobiliários e de bens e serviços. A função ambiental é fundamental para que estejam asseguradas as condições básicas de infraestrutura, saúde, educação, trabalho, etc.

Além disso, Fernandes (2003) também afirma que o conceito de habitação deve ser considerado de forma ampla, ou seja, considerando suas redondezas, pois, para que cumpra suas funções, é imprescindível que além de um espaço físico e seguro, exista relação com seu entorno, por exemplo, redes físicas de distribuição de água e coleta de esgotos, distribuição de energia elétrica, transporte coletivo, atividades relacionadas com saúde, esporte e lazer, etc.

Nos últimos anos, os programas habitacionais vêm se destacando, como uma das principais prioridades dos programas de governo, reduzindo o déficit habitacional, tornando acessível à moradia para a população de baixa renda, mas o foco é voltado à quantidade e ao custo final das unidades habitacionais.

Na Paraíba, é proposta do governo atual a redução desse déficit habitacional. Segundo informações obtidas no site do governo do estado, a meta é a construção de 40 mil casas populares em toda a Paraíba.

## 2.2 Patologia das Construções

Segundo Helene (1988) patologia das construções é a área da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos de ocorrência, as causas e as origens dos defeitos que ocorrem nas construções, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema.

Esses problemas patológicos são solucionados através da terapia, e para um bom êxito nas medidas adotadas, é imprescindível que o diagnóstico, ou seja, o estudo precedente tenha sido bem conduzido.

Souza e Ripper (1998) definem Patologia das Estruturas, o campo da Engenharia das Construções que se ocupa do estudo das origens, formas de manifestações, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas. E não apenas se preocupa com a identificação e conhecimento das anomalias, mas também à concepção e ao projeto das estruturas, além da própria formação do engenheiro civil.

As causas da deterioração das estruturas podem ser várias, desde o desgaste “natural” da estrutura até os acidentes, ou utilização por alguns profissionais de materiais fora das especificações, de acordo com Souza e Ripper (1998).

Ainda segundo os mesmos autores, os problemas patológicos surgem, de maneira geral, por uma ou mais falhas durante a execução de uma das fases da construção, ou no sistema de controle próprio a uma ou mais atividades.

As fases da construção são divididas em cinco etapas: planejamento, projeto, materiais, execução e uso. A qualidade conseguida em cada etapa refletirá no resultado final da construção, como a satisfação do usuário e o controle do surgimento de manifestações patológicas na fase de uso, segundo Júnior e Silva (2003).

No decorrer das fases citadas acima, inúmeros fatores podem interferir na qualidade final da construção, por exemplo:

- no planejamento, a definição dos níveis de desempenho esperados;
- no projeto, deficiência no cálculo da estrutura ou na avaliação da resistência do solo, especificação inadequada dos materiais, erro ou insuficiência no detalhamento, erros de dimensionamento;
- nos materiais, qualidade e a conformidade com as especificações;
- na execução, falta de condições locais de trabalho, não capacitação profissional de mão- de obra, inexistência do controle de qualidade de execução, má qualidade de materiais e componentes;
- no uso, os problemas poderiam ser evitados se o usuário soubesse das possibilidades e limitações da obra:

- edifícios em alvenaria estrutural: o usuário deve estar ciente de quais são as paredes em alvenaria estrutural, para que não venham a ser modificadas.

- pontes: a capacidade de carga da ponte deve ser sempre informada.

Junto a um programa de manutenção adequado, Santos e Filho (2009) *apud* Verçoza (1991) cita em seu trabalho as principais causas das patologias, como referido na Tabela 1.

Tabela 1 - Principais causas das patologias

Causas	Porcentagens (%)
Projeto	40
Execução	28
Materiais	18
Mau uso	10
Mau planejamento	04

Fonte: Santos e Filho (2009) *apud* Verçoza (1991)

Silva e Camarini (2007) diz que a identificação das patologias é muito importante visto que podem ser um sinal de risco para estrutura ou a necessidade de uma simples manutenção, evitando insegurança e comprometimentos futuros.

Segundo Pereira (2011), os problemas patológicos evoluem e tendem a se agravar ao longo do tempo, além de ocasionarem outros problemas associados ao inicial. Pode-se dizer que quanto mais cedo forem realizadas essas correções, mais duráveis serão, mais fáceis e mais baratas, conforme demonstra a lei de Sitter ou Lei dos Cinco, que mostra os custos crescendo segundo uma progressão geométrica, como apresentado na Figura 1.

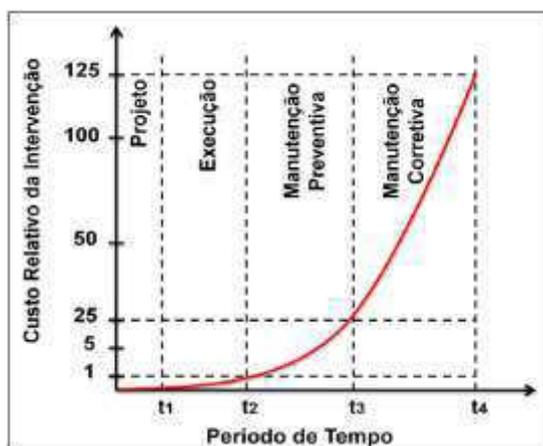


Figura 1 – Lei de Sitter (fonte: Pereira,2011)

Na Figura 1, observamos que os tempos t1, de projeto, t2, execução, t3, manutenção preventiva, e t4, manutenção corretiva, representam as fases de uma obra.

Em seu trabalho, Taguchi (2010) diz que segundo Sitter, “adiar uma intervenção significa aumentar os custos diretos em progressão geométrica de razão 5”, fazendo uma relação com o conhecido ditado popular “não deixes para amanhã o que pode fazer hoje”, por cinco vezes menos.

Alguns construtores não dão importância a estas patologias, executam reparos superficiais por serem mais baratos e não resolvem as causas dos problemas, ou seja, não se preocupam com as consequências que o problema possa trazer, é importante conscientizar as construtoras e os profissionais da área sobre a importância de investir-se na prevenção.

Segundo Helene (1992), a manutenção preventiva, por exemplo, ocasionará um custo vinte e cinco vezes superior ao valor se a decisão fosse de projeto, para o mesmo grau de qualidade e proteção. Já a manutenção corretiva representa um valor de cento e vinte e cinco vezes maior.

## **2.3 Materiais de Construção**

### **2.3.1 Cimento**

O engenheiro John Smeaton, designado a reconstruir o farol de Eddystone, ao largo da costa de Corn, em 1756, procurava um aglomerante que endurecesse em presença de água, para facilitar seu trabalho na reconstrução do farol, e descobriu que se obtinha uma melhor argamassa quando a pozolana era misturada ao calcário contendo esta alta concentração de argila, pois depois de seca, tornava-se tão resistente quanto às pedras utilizadas nas construções, diz Silva (2006). Mas foi em 1824 que Joseph Aspdin, um construtor inglês, registrou a patente do cimento Portland que recebeu esse nome por apresentar cor e propriedades de durabilidade e solidez semelhantes às rochas da ilha britânica de Portland.

O cimento comum é um pó fino que em contato com água, hidrata-se, formando uma pasta gelatinosa, também conhecida como gel, é composto principalmente de clínquer e tem como matérias-primas o calcário e a argila. O cimento é caracterizado por apresentar propriedades aglutinantes, aglomerantes ou ligantes.

Conforme Santos (2008) as adições ao cimento melhoram certas características e são misturadas ao clínquer na fase de moagem permitindo a fabricação dos vários tipos de cimento Portland. As adições são o gesso, que controla o tempo de pega, a escória de alto-forno, os materiais pozolânicos e os carbonáticos. O gesso é uma adição importante à moagem do clínquer, pois sem ele,

quando o cimento entrasse em contato com a água, endureceria instantaneamente, inviabilizando seu uso nas obras.

Segundo Souza e Ripper (1998), os principais compostos presentes no cimento são mostrados no Quadro 1 abaixo.

Quadro 1 - Quadro relativo aos principais compostos do cimento

Compostos	Notações químicas dos Cimentos	Notações químicas Condensadas
Silicato Tricálcico	3 CaO.SiO <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> S
Silicato Bicálcico	2 CaO.SiO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> S
Aluminato Tricálcico	3 CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> A
Ferro–Aluminato Tetracálcico	4 CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>4</sub> AF
Gipsita	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	C <sub>5</sub> H <sub>2</sub>

Além dos componentes principais, também encontramos constituintes menores, como álcalis (Na<sub>2</sub>O; K<sub>2</sub>O), que se apresentam na forma de sulfatos, o óxido de magnésio (MgO), a cal livre (CaO) e outros.

### 2.3.1.1 Principais tipos de Cimento Portland

No Brasil são comercializados vários tipos de cimento portland, diferenciados por sua composição, são eles:

- Cimento Portland Comum (CP I);
  - Não possui adições além do gesso.
  - Utilizado em serviços de construções em geral quando não há exposição a sulfatos do solo ou de águas subterrâneas.

Tipos:

- Cimento Portland Comum (CP I)
- Cimento Portland com Adições (CP I-S): com 5% de material Pozolânico em massa, com as mesmas características e recomendações do CP I.

- Cimento Portland Composto (CP II);

- Cimento modificado, possuindo quantidades relativas de silicatos e aluminatos, onde suas proporções é fator determinante para algumas propriedades do cimento, como velocidade de geração de calor, sendo o Cimento Portland Composto menor que o Cimento Portland Comum.
- Recomenda-se seu uso em lançamentos maciços de concreto, em que o grande volume da concretagem e a superfície pequena reduzem a capacidade de resfriamento da massa.
- Apresenta melhor resistência dos sulfatos contidos no solo.

Tipos:

- Cimento Portland Composto com Escória (CP II-E): caracteriza-se por possuir composição intermediária entre o cimento portland comum e o cimento portland com adições (alto-forno e pozolânicos), recomendado para estruturas que demandem um lento desprendimento de calor ou que possam ser atacadas por sulfatos.
- Cimento Portland Composto com Pozolana (CP II-Z): gera calor em menor velocidade do que o cimento comum. A utilização deste produto gera concretos mais duráveis e mais impermeáveis.
- Cimento Portland Composto com Fíler (CP II-F): Cimento recomendado para aplicações em geral.

- Cimento Portland de Alto Forno (CP III):

- Apresenta baixo calor de hidratação e alta resistência à expansão devido à reação álcali-agregado.
- Apresenta maior impermeabilidade e durabilidade.

- Cimento Portland Pozolânico (CP IV):

- Produz um concreto mais impermeável, mais durável, com resistência à compressão superior à do concreto com cimento portland comum, a idades avançadas.

- Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI);

- Quando reage com água o cimento adquire elevadas resistências, com maior velocidade.
- De alta resistência inicial a compressão, 26 MPa a 1 dia de idade e de 53 MPa aos 28 dias.

- Cimento Portland Resistente aos Sulfatos (RS);

- Possui resistência aos meios agressivos sulfatados, como redes de esgotos de águas servidas ou industriais, água do mar e em alguns tipos de solos.
- De acordo com a norma NBR 5737, os outros tipos básicos de cimento podem ser resistentes aos sulfatos, desde que se enquadrem em pelo menos uma das seguintes condições:

- Teor de aluminato tricálcico ( $C_3A$ ) do clínquer e teor de adições carbonáticas de no máximo 8% e 5% em massa, respectivamente;

- Cimentos do tipo alto-forno que contiverem entre 60% e 70% de escória granulada de alto-forno, em massa;
- Cimentos do tipo pozolânico que contiverem entre 25% e 40% de material pozolânico, em massa;
- Cimentos que tiverem antecedentes de resultados de ensaios de longa duração ou de obras que comprovem resistência aos sulfatos.
- Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (BC);

Retarda a liberação de calor em peças de grande massa de concreto, impedindo o surgimento de fissuras de origem térmica, devido ao calor desenvolvido durante a hidratação do cimento.

- Cimento Portland Branco (CPB)
  - Diferenciado pela coloração e classificados como Cimento Portland branco estrutural, utilizados na execução de concreto estrutural, com classes de resistência 25, 32 e 40 MPa e Cimento Portland branco não-estrutural, cimento sem indicação de classe, utilizados em aplicações não estruturais. Segundo a NBR 12989 (ABNT,1993).

### 2.3.1.2 Normalização cimento Portland Composto

A norma brasileira NBR 11578 (ABNT,1991) estabelece que o cimento Portland Composto deve atender as exigências químicas indicadas na Tabela 2 abaixo bem como as exigências físicas e mecânicas enumeradas na Tabela 2 em sequencia.

Tabela 2 - Exigências químicas

Determinações químicas	Limites (% da massa)		
	CP II - E	CP II - Z	CP II - F
Resíduo Insolúvel (RI)	≤ 2,5	≤ 16,0	≤ 2,5
Perda ao Fogo (PF)		≤ 6,5	
Óxido de Magnésio (MgO)		≤ 6,5	
Trióxido de Enxofre (SO <sub>3</sub> )		≤ 4,0	
Anidrido Carbônico (CO <sub>2</sub> )		≤ 5,0	

Fonte: NBR 11578(ABNT, 1991).

Tabela 3 - Exigências físicas e mecânicas

Características e propriedades		Unidade	Limites de classe		
			25	32	40
Finura	Resíduo na peneira 75 µm	%	≤12,0	≤12,0	≤10,0
	Área específica	m <sup>2</sup> /kg	≥ 240	≥ 260	≥ 280
	Tempo de início de pega	h	≥ 1	≥ 1	≥ 1
	Expansibilidade a quente	mm	≤ 5	≤ 5	≤ 5
Resistência à Compressão	3 dias de idade	MPa	≥ 8,0	≥ 10,0	≥ 15,0
	7 dias de idade	MPa	≥ 15,0	≥ 20,0	≥ 25,0
	28 dias de idade	MPa	≥ 25,0	≥ 32,0	≥ 40,0

Fonte: NBR 11578 (ABNT,1991)

### 2.3.1.3 Normalização cimento Portland Pozolânico

A norma NBR 5736 (ABNT, 1991) estabelece os requisitos para o recebimento do cimento Portland Pozolânico CP IV, de classes 25 e 32, nas Tabelas 4 e 5 a seguir.

Tabela 4 - Exigências químicas

Determinações químicas	Limites (% da massa)
Perda ao Fogo (PF)	< 4,5
Óxido de Magnésio (MgO)	< 6,5
Trióxido de Enxofre (SO <sub>3</sub> )	< 4,0
Anidrido Carbônico (CO <sub>2</sub> )	< 3,0

Fonte: NBR 5736 (ABNT,1991)

Tabela 5 - Exigências físicas e mecânicas

Características e propriedades		Unidade	Limites de classe	
			CP IV - 25	CP IV - 32
Finura	Resíduo na peneira 75 µm	%	< 8,0	< 8,0
	Tempo de início de pega	h	< 1	< 1
	Expansibilidade a quente	mm	< 5	< 5
Resistência à Compressão	3 dias de idade	MPa	< 8,0	< 10,0
	7 dias de idade	MPa	< 15,0	< 20,0
	28 dias de idade	MPa	< 25,0	< 32,0

Fonte: NBR 5736 (ABNT,1991)

### 2.3.2 Cal

A cal ou o óxido de cálcio (CaO), é um aglomerante obtido pela decomposição térmica, através da calcinação ou queima, de rochas calcárias moídas em fornos intermitentes, construídos com alvenaria de tijolos refratários, a temperatura média de 900° C. É utilizada em várias áreas: construção civil, indústria siderúrgica e metalúrgica, processos químicos e industriais, agricultura.

Segundo Bauer (2005) a cal utilizada na construção civil na forma hidratada, como componente de argamassas de assentamento e revestimento desenvolve ótimo desempenho e grande durabilidade.

#### a) Cal virgem

Conforme Silva (2006) a cal virgem também conhecida como cal viva ou cal ordinária é o produto inicial resultante da calcinação dos calcários e dolomitos, a aproximadamente 1000°C, devido à perda de parte dos seus constituintes (anidrido carbônico – CO<sub>2</sub>).

A utilização de uma boa cal virgem na produção refletirá na boa qualidade de uma cal hidratada.

#### b) Cal hidratada:

A cal hidratada é uma combinação da cal virgem com água, conforme,  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ . É conhecida como cal aérea, pois, endurece ao reagir com o ar apresentando alta alcalinidade.

Filho (2002) diz que a cal hidratada tem a propriedade de reter água, reduzindo a disponibilidade da mesma para a hidratação do cimento, tornando uma estrutura mais compacta.

De acordo com a NBR 7175 (ABNT 2003), “a cal hidratada é um pó obtido através da hidratação da cal virgem, constituído fundamentalmente de uma mistura de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio, ou ainda, de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio”.

Ainda segundo a NBR 7175 (ABNT 2003), a cal hidratada pode ser classificada em CH I, CH II, CH III, que se diferenciam pela composição química em função do teor de CO<sub>2</sub>.

Júnior (2009) afirma em seu trabalho que para adquirir uma cal mais “pura” tem-se a CH I, já que para ser definida desta maneira, seus resultados obedecem a limites acima dos exigidos para CH III. O CH II possui características químicas intermediárias entre CH I e CH III.

Conforme Rago e Cincotto (1999) a cal, no seu estado fresco, proporciona maior plasticidade à argamassa, permitindo melhor trabalhabilidade e, maior produtividade na execução do revestimento.

Dentre as características, ressalta-se a função de aglomerante, a trabalhabilidade, a resistência à penetração de água, a capacidade de retenção de água, além das questões da deformabilidade e da resistência à compressão.

Segundo Paiva *et al.* (2007) o processo de fabricação da cal interfere diretamente na sua qualidade que vai desde a forma de hidratação a o controle de qualidade do minério. A fabricação pode ser artesanal ou industrializada.

Segundo Guimarães (1998) a cal é um importante componente utilizado na composição das argamassas, pois melhora a trabalhabilidade, no aumento da resistência à penetração, na capacidade de reter água, na deformabilidade e na resistência.

### 2.3.2.1 Normalização da Cal Hidratada

A normalização Brasileira referente à cal hidratada NBR 7175(ABNT 2003), considera a quantidade de CO<sub>2</sub> como responsável pela classificação dos três tipos de cales; juntamente com o teor de óxidos, plasticidade e retenção de água.

As Tabelas 6 e 7 classificam as cales quanto às exigências físicas e químicas.

Tabela 6 - Exigências químicas

Compostos		Limites		
		CH - I	CH - II	CH - III
Anidrido Carbônico (CO <sub>2</sub> )	Na fábrica	≤ 5%	≤ 5%	≤ 13%
	No depósito	≤ 7%	≤ 7%	≤ 15%
Óxidos de cálcio e magnésio não hidratado calculado (CaO + MgO) <sup>1</sup>		≤ 10%	≤ 15%	≤ 15%
Óxidos totais na base de não – voláteis (CaO <sub>t</sub> + MgO <sub>t</sub> ) <sup>2</sup>		≥ 90%	≥ 88%	≥ 88%

<sup>1)</sup> O teor de óxido de cálcio (CaO) ou Óxido de magnésio (MgO) não hidratados deve ser calculado como segue:

- a) CaO combinado com CaSO<sub>4</sub>.... = % SO<sub>3</sub> x 0,70
- b) CaO combinado com CaCO<sub>3</sub>.... = % CO<sub>2</sub> x 1,27
- c) Água combinada ..... = % perda ao fogo – (% CO<sub>2</sub> + % umidade)
- d) CaO hidratado ..... = % de água combinada x 3,11
- e) CaO não – hidratado..... = CaO – (a + b + d)
- f) MgO hidratado..... = |e| x 0,72

O teor de óxidos não hidratados é expresso por:

Hipóteses	Óxido de cálcio não hidratado calculado (CaO)	Óxidos de cálcio e Magnésio não hidratado calculado (CaO <sub>t</sub> + MgO <sub>t</sub> )
e < 0	0 (zero)	% MgO - f
e = 0	0 (zero)	% MgO
e > 0	e	e + % MgO

- 2) O teor de óxidos totais na base de não voláteis (CaO total + MgO) deve ser calculado como segue:

$$\% (\text{CaO total} + \text{MgO total}), \text{ base de não voláteis} = \frac{(\% \text{CaO}_{\text{total}} + \% \text{MgO}_{\text{total}}) \times 100}{100 - \% \text{deperda ao fogo}}$$

Fonte: NBR 7175 (ABNT, 2003).

Tabela 7 - Exigências físicas

Compostos	Limites			
	CH - I	CH - II	CH - III	
Finura (% retida acumulada)	Peneira 0,600 mm	≤ 0,5%	≤ 0,5%	≤ 0,5%
	Peneira 0,075 mm	≤ 10%	≤ 15%	≤ 15 %
Retenção de água	≥ 75%	≥ 75%	≥ 70%	
Incorporação de areia	≥ 3,0	≥ 2,5	≥ 2,2	
Estabilidade	Ausência de cavidades ou protuberâncias			
Plasticidade	≥ 110	≥ 110	≥ 110	

Fonte: NBR 7175 (ABNT, 2003).

### 2.3.3 Agregados

Os agregados são materiais granulares, não possuem forma nem volumes definidos. Na indústria da construção civil, são os insumos mais consumidos no mundo. Ocupam cerca de 60 a 80% do volume total do concreto, portanto sua qualidade é muito importante para a qualidade do mesmo.

Segundo Carneiro (2012), a argamassa é influenciada pela granulometria e pela forma das areias. É importante usar uma mistura com areias de dimensões mais grossas e mais finas, pois garante uma melhor organização das partículas, resultando em argamassas com melhores resistências mecânicas, maior compacidade e melhor trabalhabilidade.

Quanto à origem são classificados em naturais e artificiais.

Os agregados naturais são encontrados na natureza como nos leitos dos rios ou em exploração de jazidas e podem precisar de lavagem ou seleção. Exemplo: areia e pedregulho.

Os agregados artificiais devem ser aprimorados para chegar à situação de uso.

Com relação às dimensões são classificados em miúdo e graúdo.

É considerado agregado miúdo os fragmentos cujos grãos passam na peneira com 4,8 mm de abertura e ficam retidos na peneira 150  $\mu\text{m}$ .

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

Araújo (1995) comenta em seu trabalho que em argamassas, os agregados miúdos possuem função técnica melhorando a durabilidade e textura final dos revestimentos e econômica e função econômica, pois reduzem o custo final das argamassas devido serem materiais mais baratos que os aglomerantes.

As propriedades que decidem as características tecnológicas dos agregados miúdos e sua interferência sobre o comportamento das argamassas de revestimento são: composição química e mineralógica, característica geométrica dos grãos e sua composição granulométrica.

É agregado graúdo os fragmentos que passam pela peneira 75 mm e ficam retidos na peneira com 4,8 mm de abertura.

Quanto à massa específica são classificados em leves, normais e pesados.

Agregados leves são os agregados cuja massa específica é menor que 2000  $\text{kg/m}^3$ . Ex: argila expandida, vermiculita, pedra-pomes.

Agregados Normais são os agregados com massa específica entre 2000  $\text{kg/m}^3$  e 3000  $\text{kg/m}^3$ . Ex: areias naturais de cava ou praia, pedras britadas, pedregulho, etc.

Agregados Pesados são aqueles agregados com massa unitária acima de 3000  $\text{kg/m}^3$ . Ex: magnetita, hematita, etc.

#### **2.3.4 Argamassa**

Segundo a NBR 13281(ABNT, 2005) argamassa é “mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada).

Ainda conforme a mesma norma, as argamassas podem ser classificadas em argamassas para assentamento: argamassa para assentamento em alvenaria de vedação, argamassa para

assentamento em alvenaria estrutural, argamassa para complementação da alvenaria (encunhamento); argamassa para revestimento de paredes e tetos: argamassa para revestimento interno, argamassa para revestimento externo, argamassa de uso geral, argamassa para reboco, argamassa decorativa em camada fina e argamassa decorativa em monocamada.

As argamassas devem atingir uma série de requisitos mínimos de desempenho estabelecidos pela ABNT NBR 13281:2005, estes são determinados pela dosagem e pela correta escolha de materiais, diz Arnold (2011).

As argamassas utilizadas em revestimentos de paredes e tetos, seja industrializada, dosada em central ou preparada em obra devem atender aos requisitos físicos e mecânicos estabelecidos pela ABNT NBR 13281:2005 como: resistência à compressão, densidade de massa aparente no estado endurecido, resistência à tração na flexão, coeficiente de capilaridade, densidade de massa no estado fresco, retenção de água, resistência potencial de aderência à tração.

Arnold (2011), afirma em seu trabalho que além dos requisitos recomendados pela ABNT NBR 13281:2005, as argamassas de revestimento devem apresentar propriedades no estado fresco de coesão, adesão inicial, consistência, retenção de água, retração plástica, plasticidade, trabalhabilidade, aspectos reológicos e ar incorporado e no estado endurecido, resistência à abrasão, fissuração, retração, porosidade, permeabilidade e aderência.

Segundo Rago e Cincotto (1999) quando se estudam as propriedades das argamassas no estado fresco, remete-se ao estudo da reologia das argamassas, empiricamente conhecida como trabalhabilidade, que é a primeira propriedade que define sua qualidade, e ligados a ela também responsáveis pelo desempenho estão às propriedades de retenção de água e resistência mecânica.

O seu comportamento reológico está ligado ao agregado (dimensão, forma e distribuição granulométrica), à pasta (características químicas, físicas e quantidades dos materiais constituintes e teor de água) e a relação pasta-agregado.

Rago e Cincotto (1999) ainda afirma que outra propriedade importante das argamassas para seu desempenho, no estado fresco, é a retenção de água, relativo ao sistema base/revestimento, por não permitir a sucção excessiva de água pela base.

#### **2.3.4.1 Normalização para argamassas**

As Tabelas de 8 à 11 a seguir estão de acordo com a NBR 13281 (ABNT 2005) e estabelece alguns requisitos para classificação das argamassas.

Tabela 8 - Resistência à compressão

Classe	Resistência à Compressão	Método de ensaio
P1	$\leq 2,0$	ABNT NBR 13279
P2	1,5 à 3,0	
P3	2,5 à 4,5	
P4	4,0 à 6,5	
P5	5,5 à 9,0	
P6	$> 8,0$	

Fonte NBR 13281 (ABNT, 2005).

Tabela 9 - Densidade de massa aparente no estado endurecido kg/m<sup>3</sup>

Classe	Densidade de massa aparente no estado endurecido kg/m <sup>3</sup>	Método de ensaio
M1	$\leq 1.200$	ABNT NBR 13280
M2	1.000 à 1.400	
M3	1.200 à 1.600	
M4	1.400 à 1.800	
M5	1.600 à 2.000	
M6	$> 1.800$	

Fonte NBR 13281 (ABNT, 2005).

Tabela 10 - Densidade de massa no estado fresco kg/m<sup>3</sup>

Classe	Densidade de massa no estado fresco kg/m <sup>3</sup>	Método de ensaio
D1	$\leq 1.400$	ABNT NBR 13278
D2	1.200 à 1.600	
D3	1.400 à 1.800	
D4	1.600 à 2.000	
D5	1.800 à 2.200	
D6	$> 2.000$	

Fonte NBR 13281 (ABNT, 2005).

Tabela 11 - Retenção de água

Classe	Retenção de água (%)	Método de ensaio
U1	≤ 78	ABNT NBR 13277
U2	72 à 85	
U3	80 à 90	
U4	86 à 94	
U5	91 à 97	
U6	95 à 100	

Fonte NBR 13281 (ABNT, 2005).

### 2.3.5 Blocos cerâmicos e telhas

Segundo Monteiro (2009), a indústria da cerâmica vermelha possui aproximadamente 5.500 empresas que faturam, anualmente, R\$ 6 bilhões, o que representa 7,3% do Produto Interno Bruto nacional.

Os produtos das indústrias de cerâmicas vermelhas são os blocos de vedação e estruturais, telhas, tijolos, revestimentos, e tubos. Em geral para a fabricação destes são utilizadas argilas plásticas e arenosas podendo ter introdução de areias e subproduto cerâmico como o chamote queimado (quebra cerâmica), de acordo com Fernandes *et al.* (2012).

A argila é um material natural, com textura terrosa, que possui granulometria inferior a 0,002mm, constituída essencialmente de argilominerais, segundo a Associação Brasileira de Cerâmica. Os minerais característicos das argilas de acordo com classificação química são silicatos de alumínio ou magnésio hidratados pertencentes aos grupos da caulinita, montmorilonita, illita e também clorita, e vermiculita de granulação fina.

Monteiro (2009), a argila é quimicamente um silicato hidratado de alumínio possuindo impurezas como ferro, cálcio, potássio, magnésio e outros elementos; mineralogicamente formada por grupos de argilominerais como illita, caulinita e montmorilonítica.

- Blocos cerâmicos

“ O bloco cerâmico de vedação deve ser fabricado por conformação plástica de matéria-prima argilosa, contendo ou não aditivos, e queimado a elevadas temperaturas”, NBR 15270 (ABNT, 2005).

O bloco cerâmico estrutural pode ser dividido em três tipos: bloco com paredes maciças, bloco com paredes vazadas e bloco perfurado. Os dois primeiros podem ser empregados na alvenaria

estrutural não armada, armada e protendida, enquanto o terceiro somente em alvenaria estrutural não armada, segundo NBR 15270(2005).

Os blocos cerâmicos devem possuir dimensões de fabricação como indicados na Tabela 12, conforme diz a NBR 15270 (ABNT, 2005).

Tabela 12 - Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação

Dimensões L x H x C Módulo dimensional M = 10 cm	Dimensões de fabricação			
	Largura (L)	Altura (A)	Comprimento (C)	
			Bloco Principal	½ Bloco
(1)M x (1)M x (2)M	9	9	19	9
(1)M x (1)M x (5/2)M			24	11,5
(1)M x (3/2)M x (2)M			19	9
(1)M x (3/2)M x (5/2)M	9	14	24	11,5
(1)M x (3/2)M x (3)M			29	14
(1)M x (2)M x (2)M			19	9
(1)M x (2)M x (5/2)M	9	19	24	11,5
(1)M x (2)M x (3)M			29	14
(1)M x (2)M x (4)M			39	19
(5/4)M x (5/4)M x (5/2)M	11,5	11,5	24	11,5
(5/4)M x (3/2)M x (5/2)M			14	11,5
(5/4)M x (2)M x (2)M			19	9
(5/4)M x (2)M x (5/2)M	11,5	19	24	11,5
(5/4)M x (2)M x (3)M			29	14
(5/4)M x (2)M x (4)M			39	19
(3/2)M x (2)M x (2)M	14	19	19	9
(3/2)M x (2)M x (5/2)M			24	11,5
(3/2)M x (2)M x (3)M			29	14
(3/2)M x (2)M x (4)M	14	19	39	19
(2)M x (2)M x (2)M			19	9
(2)M x (2)M x (5/2)M			19	11,5
(2)M x (2)M x (3)M	19	19	29	14
(2)M x (2)M x (4)M			39	19

(5/2)M x (5/2)M x (5/2)M			24	11,5
(5/2)M x (5/2)M x (3)M	24	24	29	14
(5/2)M x (5/2)M x (4)M			39	19

Fonte: NBR 15270 (ABNT,2005).

Segundo Costa e Silva (2007) em relação às características visuais dos blocos cerâmicos, eles não devem apresentar defeitos sistemáticos como trincas, quebras, superfícies irregulares ou deformações que impeçam sua utilização conforme função desejada.

### 2.3.5.1 Normalização para blocos cerâmicos

A NBR 15270 (ABNT,2005), estabelece critérios para o ensaio de resistência a compressão dos blocos cerâmicos de vedação, como indica a Tabela 13 a seguir.

Tabela 13 - Resistência à compressão

Posição dos furos	$f_b$ (MPa)
Para blocos usados com furos na horizontal	$\geq 1,5$
Para blocos usados com furos na vertical	$\geq 3,0$

Fonte: NBR 15270(ABNT,2005)

Segundo a mesma norma, o resultado do ensaio de índice de absorção de água não deve ser inferior a 8% nem superior a 22%.

- Telhas cerâmicas

A NBR 15310 (2009) define telhas cerâmicas como “componentes destinados à montagem de cobertura estanque à água, de aplicação descontínua”.

São fabricadas com argila conformada, por prensagem ou extrusão, e queimadas de forma que o produto final atenda às condições determinadas em norma”.

Segundo a NBR – telhas cerâmicas, requisitos e métodos de ensaio, em relação às características visuais, “podem apresentar esfoliações, quebras, lascados e rebarbas, desde que não prejudiquem o seu desempenho; igualmente são admissíveis eventuais riscos, escoriações, e raspagens causadas por atrito feitas nas telhas durante o seu fabrico, embalagem, manutenção ou transporte.”

Do ponto de vista geométrico e de sua fixação, as telhas são classificadas segundo a NBR em:

- telhas planas de encaixe, ex. telhas francesas;
- telhas compostas de encaixe, ex. telhas romanas, telhas capa e canal colonial;
- telhas simples de sobreposição, ex. telhas paulista;
- telhas planas de sobreposição, ex. telhas alemã.

### 2.3.5.2 Normalização para telhas

De acordo com a NBR 15310 (2009), os requisitos específicos para as telhas, estabelece um limite máximo de absorção de 20%.

Ainda segundo a mesma norma as cargas de ruptura à flexão não devem ser inferiores às indicadas na Tabela 14.

Tabela 14 - Tipos de telhas e cargas de ruptura

Tipos de telhas	Exemplos	Cargas (N)
Planas de encaixe	telhas francesas	1000 (100 kgf)
Compostas de encaixe	telhas romanas	1300 (130 kgf)
Simples de sobreposição	telhas capa e canal colonial	1000 (100kgf)
	telhas planas	
	telhas paulista	
	telhas Piauí	
Planas de sobreposição	telhas alemã e outras	

Fonte: NBR 15310 (ABNT, 2009).

## 2.4 Origem das Patologias : materiais

Hackbarth (2006) afirma em seu trabalho que “ todas as especificações de materiais são feitas na fase de concepção e projeto”. Sendo assim, todos os materiais a serem utilizados devem estar definidos, antes de iniciar a fase de execução.

“Deve-se cuidar do conhecimento e controle das características dos insumos que compõem o concreto, bem como o próprio concreto, na fase de construção”. Isto significa conhecer os fornecedores, a origem dos materiais, e características físicas e químicas destes produtos, desde os elementos formadores do concreto (aglomerante, agregados), aço, até os materiais utilizados nas formas, escoramentos, e outros. Este controle passa por inspeção visual, ensaios, e outros testes que identifiquem possíveis problemas nos materiais. (HACKBARTH, 2006)

Segundo Souza e Ripper (1998) a maioria dos materiais utilizados nas obras, têm sua forma de aplicação e qualidade normatizadas. No entanto, o controle feito por alguns construtores, tem-se mostrado falho, devido à busca por preços baixos colocam a qualidade das obras em dúvida, pois utilizam produtos fora de norma, e fornecedores sem credibilidade e sem controle na produção, ou seja, não aplicam uma política de fiscalização e aceitação dos materiais.

Assim, é bem comum o surgimento de problemas patológicos que têm sua origem na qualidade inadequada desses materiais e componentes. E como consequência desta baixa qualidade surge muitos problemas como menor durabilidade, erros dimensionais e baixa resistência mecânica.

### 2.4.1 Exemplos de patologias

Entre as inúmeras patologias que podem ser encontradas nas construções podemos destacar:

- Fissuras:

A identificação das fissuras, como mostra na Figura 2 e de suas causas, é muito importante para definição do tratamento para recuperação da alvenaria, segundo Taguchi (2010).

Figura 2 - fissuras em alvenaria



Fonte:<http://www.zap.com.br/revista/imoveis/reforma-e-construcao/comuns-mas-perigosas-20090226/>

As fissuras que podem provocar patologias são as visíveis a olho nu, as que são observadas a uma distância maior que um metro, ou aquelas que, independentemente do tamanho, estejam provocando penetração de umidade para o interior das edificações diz Pereira (2007).

De um modo geral, a fissura é importante, pois é uma advertência de eventual perigo para estrutura; comprometimento do desempenho, como estanqueidade à água, durabilidade, etc. segundo Taguchi (2010).

Queiroz (2007) diz que a fissura é uma perda da resistência mecânica no revestimento e um ponto passível de infiltração de água, ar e outro material em que o revestimento esteja exposto.

Silva *et al.* (2005) cita como exemplo que o surgimento de fissuras em revestimentos de argamassas mistas é influenciado pelo aumento do teor de finos presentes nas areias.

Alguns fatores responsáveis para o surgimento de fissuras: traço inadequado, teor excessivo de finos, material argiloso na areia, excessiva absorção da base, excessiva evaporação.

A demanda de água nas argamassas também é um fator para o surgimento de fissuras por retração plástica ou por secagem. As fissuras por retração plástica ocorrem no estado fresco (frequentemente antes do tempo de início de pega do cimento) quando o gradiente de evaporação (associação de temperatura e umidade relativa do ar que condiciona a evaporação de água) é tão grande que a velocidade de evaporação da água é superior à velocidade com que a água aflora junto à superfície do revestimento. Nesse momento não existe um tempo certo que determine o fim da retração plástica e início da retração por secagem, segundo Pereira (2007).

- Infiltração de água

As patologias mais comuns referentes à infiltração de água nas edificações são manchas de umidade, bolor, fungos, eflorescências, deslocamento de revestimentos, fissuras, etc.

Na Figura 3, observamos imagem ilustrativa de exemplo de infiltração nas paredes.

Figura 3 - Infiltração de água nas paredes



Fonte: <http://www.publicidadeimobiliaria.com/2011/10/indenizacao-por-infiltracao-em-imovel.html>

Vários fatores podem gerar umidade nos materiais de construção, absorção capilar de água, absorção de água de infiltração, absorção higroscópica de água, absorção por condensação capilar, absorção por condensação.

Na absorção capilar, infiltração ou fluxo superficial de água, a umidade chega aos materiais de construção na forma líquida; nos outros casos a absorção é na forma gasosa. A ação combinada do

vento (pressão), direção e intensidade tanto da chuva como do vento, e as condições de exposição da alvenaria, podem agravar essa infiltração.

- Descolamentos

Sobrinho (2008) diz que os deslocamentos dos revestimentos é consequência da perda de aderência, ocasionada por fatores como empolamento devido à ocorrência das expansões na argamassa.

Na Figura 4 temos um exemplo de parte de um revestimento deslocado.

Figura 4 - exemplo de descolamento



fonte: Queiroz (2007)

Uma grande quantidade de cimento em argamassas submetem a estas mais probabilidade às tensões ocasionadoras de fissuras, prejudiciais durante a secagem, além de trincas e possíveis deslocamentos da argamassa no estado endurecido segundo Pereira (2007).

Em resumo Bauer (1994) diz que as principais causas dos deslocamentos em placas são: inadequada preparação da base de concreto, como presença de pó e resíduos; fraca molhagem da base, comprometendo a hidratação do cimento da argamassa; utilização de areia fina na constituição do chapisco; espessura grossa da argamassa; excesso de cimento na constituição da argamassa.

## 2.5 Manutenção

Hackbarth (2006), diz que muitas pessoas acreditam que a possibilidade de vir a existir problemas e patologias após a execução de um obra são mínimos, quase inexistentes.

A vida útil dessas estruturas é realmente grande, e para que esse fato seja de fato alcançado, é fundamental a manutenção da estrutura. Porém, a utilização errada das construções, e a falta de manutenção, podem fazer com que os problemas patológicos surjam.

Ainda segundo o mesmo autor os proprietários das estruturas são pessoas leigas, ou seja, não sabem como fazer uso correto da edificação, sem alterar ou trazer às estruturas como, mudanças arquitetônicas que influenciam na disposição dos pilares, excesso de cargas, entre outras. Além disso, é muito difícil conscientizar o proprietário que os serviços de manutenção são importantes para conservação da obra.

Segundo a ABNT NBR 5674/1999 – manutenção “é o conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e de suas partes constituintes de atender as necessidades e seguranças dos seus usuários.”

### **2.6.1 Manutenção preventiva x Manutenção corretiva**

A NBR 5462 (ABNT, 1994) definem:

- Manutenção preventiva: “Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”.

- Manutenção corretiva: “Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”.

É sabido que todo bem possui seu tempo de vida útil. Entretanto, a vida útil certamente será prolongada se for realizada uma manutenção adequada, diz Castro (2007).

Segundo Souza e Ripper (1998) um bom programa de manutenção está incluso métodos adequados de operação, controle e execução da obra, e na análise custo-benefício desta manutenção.

Taguchi (2010) diz que a manutenção preventiva em uma edificação reduz os custos de ações corretivas que, às vezes indispensáveis, poderiam ser evitados. É importante ressaltar que a manutenção preventiva de um imóvel não deve ser feita de forma improvisada. Deve ser realizado por profissionais treinados ou por empresas especializadas.

Qualquer edificação possui seu período de vida útil. Várias vezes, seu desempenho encontra-se abaixo do satisfatório devido, por exemplo, a falta de manutenção periódica. A manutenção prorrogará sua vida útil, procurando evitar o surgimento de patologias, segundo Antoniazzi (2009).

### 3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são descritos os procedimentos utilizados durante a fase experimental da pesquisa, o estudo dos materiais utilizados na construção dos conjuntos habitacionais Três Irmãs e Novo Cruzeiro, bem como a metodologia seguida.

Os conjuntos habitacionais Três Irmãs e Novo Cruzeiro são obras do governo do estado destinadas a ser um loteamento de carácter popular, para famílias com baixa renda e para uso exclusivamente residencial, com todas as habitações financiadas pelo governo do estado e suas obras fiscalizadas pela CEHAP- companhia estadual de habitação popular.

Nos loteamentos estudados observamos que foram implantadas redes de energia, de água e esgotamento pluvial, realizados pelas concessionárias da cidade, bem como o calçamento da maior parte das ruas.

Nas Figuras 5 e 6 a seguir, mostramos a situação das casas dos conjuntos habitacionais estudados.

Figura 5 - Conjunto Três Irmãs



Fonte: acervo próprio

Figura 6 - Conjunto Novo Cruzeiro



Fonte: acervo próprio

O conjunto habitacional Três Irmãs construído em alvenaria estrutural, possuindo 640 casas, sendo 571 habitações normais, 53 habitações para idosos e 15 adaptadas para portadores de necessidades especiais.

Enquanto o conjunto habitacional Novo Cruzeiro é constituído por 74 blocos com capacidade para 4 famílias totalizando 296 habitações, sendo 24 para idosos e 13 habitações adaptadas para portadores de necessidades especiais.

### **3.1 Materiais Estudados**

#### **3.1.1 Blocos cerâmicos de alvenaria**

Os blocos cerâmicos de alvenaria utilizados na pesquisa foram recolhidos nas próprias construções dos conjuntos habitacionais estudados. Foram fornecidos aproximadamente 30 blocos cerâmicos do mesmo tipo, qualidade e marca, fabricados nas mesmas condições.

### **3.1.2 Telhas tipo colonial**

As telhas foram coletas nos canteiros de obra de cada conjunto habitacional, foram fornecidas gentilmente uma quantidade de aproximadamente 30 por cada conjunto habitacional.

### **3.1.3 Cimento CIMPOR e ITA**

Os cimentos utilizados nessa pesquisa foram o CIMPOR (CP II F 32) no conjunto habitacional Três Irmãs e o cimento ITA (CP IV 32 RS) no conjunto habitacional Novo Cruzeiro, adquiridos em lojas de material de construção através dos recursos destinados à pesquisa.

### **3.1.4 Reboncal**

Um aglomerante denominado comercialmente como Reboncal utilizado como plastificante para reboco e alvenaria, adquirido nas lojas de material de construção.

### **3.1.5 Areia lavada**

Foram fornecidos aproximadamente 15 kg de areia, recolhido in loco.

### **3.1.6 Massame**

Foram disponibilizados aproximadamente 15 kg de massame, recolhidos in loco.

### **3.1.7 Argamassa**

Foram utilizadas argamassas referentes à alvenaria, chapisco e reboco, cujos traços fornecidos pelo engenheiro foram compostos da seguinte maneira:

Para o conjunto habitacional Três Irmãs:

- Alvenaria: proporção de 1 : 2 : 8 de Cimento Pozolânico CIMPOR CII-F32, Reboncal e areia.
- Chapisco: proporção de 1:4 composta por Cimento Pozolânico CIMPOR CII-F32 e areia lavada.
- Reboco: proporção de 1 : 2 : 8 composto por Cimento Pozolânico CIMPOR CII-F32 , massame e areia lavada.

Para o conjunto habitacional Novo Cruzeiro:

- Alvenaria: proporção de 1:4 de Cimento Pozolânico ITA CP IV – 32 RS e massame.
- Chapisco: proporção utilizada foi 1:4 composta por Cimento Pozolânico ITA CP IV – 32 RS e areia lavada.

- Reboco: A proporção relativa ao reboco foi de 1:4:4 composto por Cimento Pozolânico ITA CP IV – 32 RS, Reboncal (plastificante para reboco e alvenaria) e areia lavada.

### 3.2 Métodos Utilizados

A maioria dos ensaios foram realizados no Laboratório de Reciclagem do Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, com exceção do ensaio de análise granulométrica, realizado no Laboratório de Engenharia de Pavimentos do Departamento de Engenharia Civil.

#### 3.2.1 Agregados

Os ensaios para caracterização dos agregados, areia e massame, estão listados na Tabela 15:

Tabela 15 - Ensaio para caracterização dos agregados e especificações

<b>ENSAIOS</b>	<b>METODOLOGIA</b>
<b>Agregados - Determinação da Composição Granulométrica</b>	NBR NM 248:2003
<b>Agregado Miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente</b>	ABNT NBR NM 52:2009
<b>Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem.</b>	ABNT NBR NM 46:2003

#### 3.2.2 Cimentos

Os ensaios para caracterização dos cimentos estão listados na Tabela 16:

Tabela 16 - Ensaio para caracterização dos cimentos e especificações

<b>ENSAIOS</b>	<b>METODOLOGIA</b>
<b>Cimento Portland - Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº200)</b>	ABNT NBR 11579:2012
<b>Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica</b>	ABNT NBR NM 23:2001
<b>Cimento Portland - Determinação do tempo de pega</b>	ABNT NBR NM 65:2002
<b>Determinação de Resistência à Compressão</b>	ABNT NBR 7215:1997
<b>Análise química</b>	EDX 720 da Shimadzu
<b>Difração de raios - X</b>	D 6000 da Shimadzu
<b>Cimento Portland-análise química - Determinação de perda ao fogo</b>	ABNT NBR NM 18:2012

### 3.2.3 Cal Hidratada

Os ensaios para caracterização da cal estão listados na Tabela 17:

Tabela 17 - Ensaio para caracterização da cal e especificações

ENSAIOS	METODOLOGIA
<b>Agregado Miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente</b>	ABNT NBR NM 52:2009
<b>Cal Hidratada para argamassas – Determinação da estabilidade</b>	ABNT NBR 9205:2001
<b>Análise Térmica</b>	Aparelho Sistemas de análises térmicas TA 60H da Shimadzu
<b>Análise química</b>	EDX 720 da Shimadzu
<b>Difração de Raios - X</b>	D 6000 da Shimadzu
<b>Cal hidratada para argamassas – Determinação da finura</b>	ABNT NBR 9289:2000

### 3.2.4 Argamassas

Os ensaios para caracterização das argamassas de assentamento e revestimento estão listados na Tabela 18:

Tabela 18 - Ensaio para caracterização das argamassas e especificações

ENSAIOS	METODOLOGIA
Determinação da resistência à compressão.	ABNT NBR 7215:1997
Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido.	NBR 13280:1995
Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.	ABNT NBR 9778:2009
Determinação da retenção de água.	ABNT NBR 13277:1995
Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado.	ABNT NBR 13278:1995
Resistência à tração por compressão diametral	ABNT NBR 7222:2010

### 3.2.5 Blocos cerâmicos e telhas

Os ensaios para caracterização dos blocos cerâmicos e telhas estão listados na Tabela 19:

Tabela 19 - Ensaios para caracterização dos blocos cerâmicos e telhas e especificações

ENSAIOS	METODOLOGIA
Absorção de água (Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – terminologia e requisitos)	ABNT NBR 15270: 2005
Resistência à Compressão (Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – terminologia e requisitos)	ABNT NBR 15270: 2005
Absorção de água (Componentes cerâmicos – telhas – terminologia, requisitos e métodos de ensaio)	ABNT NBR 15310: 2009
Resistência à Flexão (Componentes cerâmicos – telhas – terminologia, requisitos e métodos de ensaio)	ABNT NBR 15310: 2009

## 4.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES

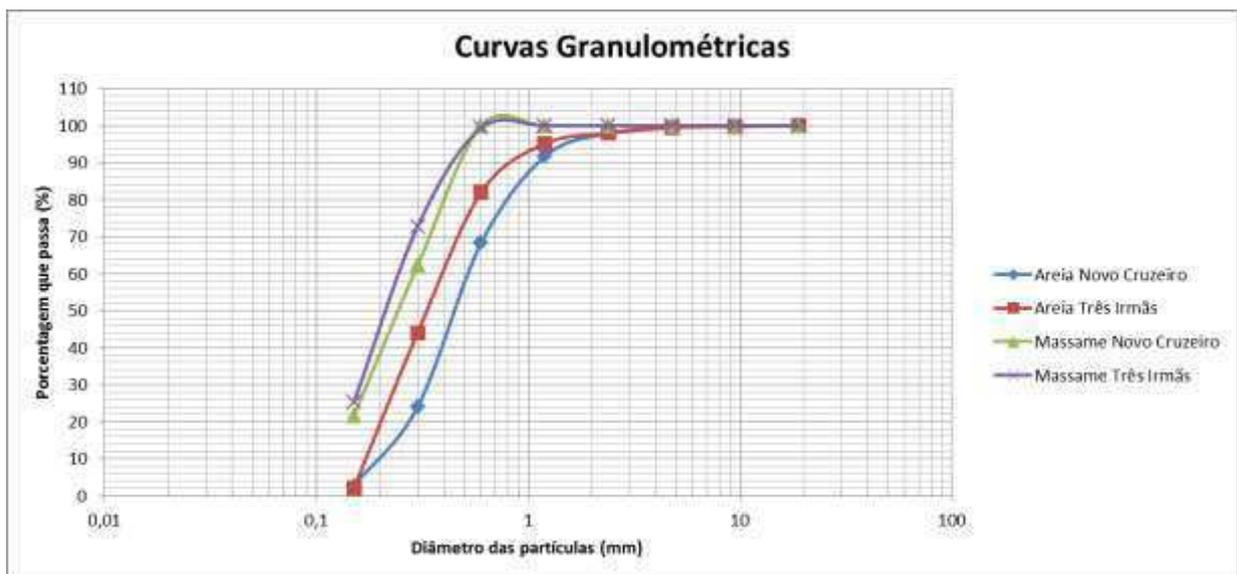
Neste capítulo são mostrados e discutidos os resultados obtidos na fase experimental desta pesquisa. São apresentados os resultados da caracterização dos agregados, dos cimentos, da cal e argamassas dos conjuntos em análise.

### 4.1 Caracterização dos Agregados

#### 4.1.1 Granulometria

A Figura 7 mostra as curvas granulométricas dos agregados utilizados na pesquisa.

Figura 7 - Curva granulométrica



Através do ensaio de granulometria obtivemos o diâmetro máximo e o módulo de finura das partículas, como mostra a Tabela 20.

Tabela 20 - Ensaio de granulometria

Ensaio	Três Irmãs		Novo Cruzeiro	
	Areia	Massame	Areia	Massame
Granulometria	Diâmetro máx. = 4,8 mm Módulo de finura = 2,789	Diâmetro máx. = 0,6 mm Modulo de finura = 0,8725	Diâmetro máx. = 4,8 mm Modulo de finura = 2,15	Diâmetro máx. = 0,6 mm Modulo de finura = 1,15252

Observando os resultados verifica-se que as areias apresentam granulometrias distintas, enquanto os massames apresentaram granulometrias semelhantes.

Através do módulo de finura da análise granulométrica realizada, pode-se concluir que no conjunto três irmãs trata-se de uma areia média e no conjunto novo cruzeiro uma areia fina, é o que mostra a classificação da Tabela 21 segundo Ribeiro (2002), quanto maior o módulo de finura maior será a granulometria do agregado.

Tabela 21 - classificação das areias quanto ao módulo de finura

Tipos	Módulo de Finura	Utilização
Areia grossa	MF > 3,3	Concreto e chapisco
Areia média	2,4 < MF < 3,3	Emboço
Areia fina	MF < 2,4	Reboco

Fonte: Ribeiro (2002)

A ABNT classifica os grãos de acordo com seus tamanhos, seus limites variam conforme sistema de classificação. Os valores adotados pela norma são indicados na Tabela 22.

Tabela 22 - classificação do tamanho dos grãos conforme ABNT

Fração	Limites definidos pela Norma da ABNT
Matacão	de 25 cm a 1m
Pedra	de 7,6 cm a 25 cm
Pedregulho	de 4,8 mm a 7,6 cm
Areia Grossa	de 2,0 mm a 4,8 mm
Areia média	de 0,42 mm a 2,0 mm
Areia fina	de 0,05 mm a 0,42 mm
Silte	de 0,005 mm a 0,05 mm
Argila	Inferior a 0,005 mm

Fonte: Pinto (2006)

De acordo com a classificação da Tabela 22, a areia do conjunto habitacional Três Irmãs é uma areia média, e a areia do conjunto habitacional Novo Cruzeiro uma areia grossa.

Vários fatores serão influenciados pelo tamanho dos grãos das partículas como, aumento do índice de vazios, aumento da porosidade, acarretando uma redução da resistência, redução na estabilidade, entre outros.

Ferreira (2010) destaca que a granulometria da areia interferirá diretamente na retração, pois quanto maior o espaço de vazios entre os grãos, maior será o teor de pasta e conseqüentemente maior será retração. Podendo originar futuramente fissuras de retração.

Silva (2006) diz que outra importante informação sobre a granulometria é que esta influi nas argamassas no estado fresco no que diz respeito à consistência.

#### 4.1.2 Massa Específica

A Tabela 23 mostra os resultados do ensaio de massa específica.

Tabela 23 - Resultados do ensaio de massa específica

Ensaio	Três Irmãs		Novo Cruzeiro	
Massa Específica	Areia	Massame	Areia	Massame
	2,60g/cm <sup>3</sup>	2,49 g/cm <sup>3</sup>	2,63g/cm <sup>3</sup>	2,63g/cm <sup>3</sup>

Os valores do ensaio de Massa específica são utilizados na dosagem das argamassas.

A massa específica está diretamente ligada com a porosidade e absorção. Quanto menor a massa específica, maior a porosidade e conseqüentemente maior a absorção, sendo assim também menor será a resistência.

#### 4.1.3 Materiais Pulverulentos

A Tabela 24 abaixo apresenta os resultados do ensaio de materiais pulverulentos dos agregados em análise.

Tabela 24 - Resultados do ensaio de materiais pulverulentos

Ensaio	Três Irmãs		Novo Cruzeiro	
Materiais Pulverulentos	Areia	Massame	Areia	Massame
	2,7%	31,6%	14,3%	10,8%

Queiroz (2007) *apud* Ercio Thomaz destaca que o excesso de materiais finos completa os vazios existentes entre os grãos e interrompem a passagem de água tanto na hidratação quanto na evaporação. Além de inibir a união das partículas, interferindo na aderência ao local aplicado.

Júnior (2009) afirma que por outro lado, quanto mais finos existentes, mais água é necessária na argamassa e isso ocasionará maior retração e surgimento de fissuras.

Impurezas como mica, concreções ferruginosas e matéria orgânica nos agregados podem acarretar no surgimento de vesículas nas argamassas, como observados na Figura 8, abaixo.

Figura 8 - vesícula formada no reboco



(Fonte: apostila de patologias mais comuns em revestimentos).

Pode-se observar que no centro da vesícula, há a presença de material pulverulento escuro.

## 4.2 Caracterização do Cimento Portland

### 4.2.1 Análise química

Na Tabela 25 indicamos os constituintes minerais no cimento citado após sua correção, ou seja, após retirada da perda ao fogo.

Tabela 25 - Análise química do cimento CIMPOR (CPIIF32)

Minerais	Quantidade (%)
CaO	58,71
SiO <sub>2</sub>	14,47
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,73
MgO	3,67
SO <sub>3</sub>	3,30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,47
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,53
K <sub>2</sub> O	1,09

BaO	0,21
TiO <sub>2</sub>	0,16
Outros	0,07
PF	9,58%

\*PF – Perda ao Fogo

A NBR 11578 (ABNT,1991) apresenta as exigências químicas para o Cimento Portland Composto. Esta exige que os teores de óxido de magnésio (MgO) e trióxido de enxofre (SO<sub>3</sub>) estejam dentro dos respectivos limites de  $\leq 6,5$  e  $\leq 4,0$ . Sendo assim, os teores de MgO e SO<sub>3</sub>, presentes na composição deste cimento obedecem as especificações da ABNT.

Na Tabela 26 mostramos os constituintes minerais no cimento citado após sua correção, ou seja, após retirada da perda ao fogo.

Tabela 26 - Análise química do cimento ITA (CP IV 32 RS)

Minerais	Quantidade (%)
CaO	47,29
SiO <sub>2</sub>	30,46
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,61
SO <sub>3</sub>	3,79
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,92
K <sub>2</sub> O	2,78
MgO	0,89
TiO <sub>2</sub>	0,29
Outros	0,18
PF	3,79%

\*PF – Perda ao Fogo

Para o cimento Portland Pozolânico as exigências conforme a NBR 5736 (ABNT, 1991) é de que para o óxido de magnésio (MgO) seja  $\leq 6,5$  e para o trióxido de enxofre (SO<sub>3</sub>)  $\leq 4,0$ . Observa-se na Tabela 26 que os componentes minerais MgO e SO<sub>3</sub> presentes obedecem as especificações da ABNT.

#### 4.2.2 Massa Específica

Na Tabela 27, estão descritos os resultados obtidos no ensaio de massa específica, valores estes importantes para composição da dosagem das argamassas.

Tabela 27 - Resultado do ensaio de massa específica

Ensaio	Três Irmãs	Novo Cruzeiro
Massa Específica	CP II F 32	CP IV 32 RS
	3,11 g/cm <sup>3</sup>	2,99 g/cm <sup>3</sup>

O resultado do ensaio de massa específica do conjunto habitacional Três Irmãs foi maior que a do conjunto habitacional Novo Cruzeiro, podendo ser justificado através da granulometria, quanto maior a massa específica menor a granulometria.

#### 4.2.3 Perda ao fogo

Na Tabela 28 encontram-se os resultados do ensaio de perda ao fogo do cimento.

Tabela 28 - Resultado do ensaio de perda ao fogo dos cimentos

Ensaio	Três Irmãs	Novo Cruzeiro
Perda ao fogo	CP II F 32	CP IV 32 RS
	9,58%	3,79%

O resultado do ensaio de Perda ao fogo para o cimento utilizado na construção do conjunto habitacional Novo Cruzeiro esta de acordo com as especificações da norma ABNT NBR 5736/1991, esta exige que este valor seja inferior a 4,5%.

Para o cimento utilizado na construção do conjunto habitacional Três Irmãs o valor encontrado não esta de acordo com as exigências da ABNT NBR 11578/1991, a mesma exige que este valor seja inferior a 6,5%, indicando provavelmente que o cimento estivesse hidratado ou carbonatado.

#### 4.2.4 Tempo de Pega

A Tabela 29 apresenta os resultados do ensaio de tempo de pega dos cimentos utilizados nos conjuntos habitacionais.

Tabela 29 - Resultados do tempo de pega dos cimentos

Ensaio	Três Irmãs		Novo Cruzeiro	
Tempo de pega	CP II F 32 (80 min)		CP IV 32 RS (130 min)	
	início	fim	início	fim
	12:45	14:05	9:36	11:46

Analisando a Tabela 29, observa-se que o cimento que apresenta um menor tempo de pega é o cimento Três Irmãs.

O menor tempo de pega para o cimento Três Irmãs pode ser causado pela finura do cimento e também pela maior quantidade de C<sub>3</sub>A observado na sua composição química.

O início do tempo de pega é o tempo que demanda da colocação da água no cimento até o tempo onde a pasta de cimento, a argamassa ou o concreto podem ser trabalhados, transportados, lançados e adensados sem prejudicar o seu desempenho. Da mesma forma, o tempo que decorre do início de pega até o fim de pega, é o período onde a pasta, a argamassa e o concreto podem ter acabamentos finais e receber a cura. O ensaio de tempo de pega indica se a pasta está ou não dentro de um processo de hidratação normal. Sulfatos (provenientes do gesso ou outras fontes) no cimento regulam o tempo de pega, mas o tempo de pega é também afetado pela finura do cimento, pela relação água/cimento, temperatura e umidade do ambiente do ensaio e, alguns tipos de aditivos que podem ser utilizados tanto no cimento quanto no concreto segundo Júnior (2009).

Do fim da pega em diante, a massa de cimento continua a aumentar a coesão e a resistência entrando na fase de endurecimento.

#### 4.2.5 Finura

O ensaio de Finura do cimento está indicado na Tabela 30.

Tabela 30 - Ensaio de finura dos cimentos

Ensaio	Três Irmãs	Novo Cruzeiro
Finura	CP II F 32	CP IV 32 RS
	6,42%	4,27%

O resultado do ensaio de Finura do cimento para o conjunto Três Irmãs está de acordo com a tabela 3 da ABNT NBR 11578/1991 seu valor deveria ser menor que 12%.

E para o Cimento Portland Pozolânico utilizado no conjunto habitacional do Novo Cruzeiro encontramos um resultado dentro do esperado, estando de acordo com a tabela 3 da ABNT NBR 5736/1991 deveria ser inferior a 8,0%.

De acordo com Neville (1923), a finura das partículas do cimento interferirá na velocidade de hidratação do cimento, ou seja, quanto mais finas forem as partículas do cimento, mais rapidamente se deteriora por exposição ao ar, e menor é a exsudação em relação ao cimento grosso.

E quanto mais finas forem as partículas do cimento, maior é a quantidade de água necessária para manter a consistência padrão da pasta, mas o aumento da finura do cimento aumenta ligeiramente a trabalhabilidade da argamassa.

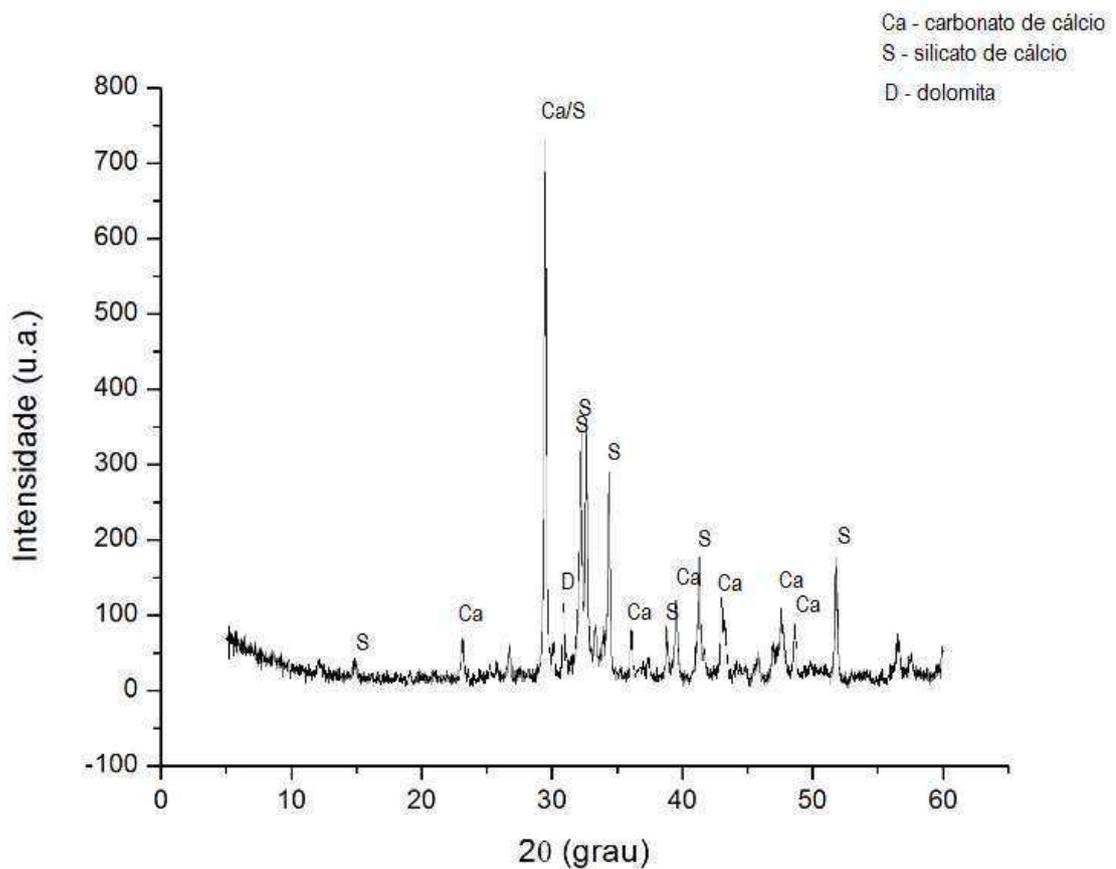
Segundo Júnior (2009) a finura do cimento é influenciada pela presença de água. Quanto mais fino for o cimento, maior será sua área específica.

#### 4.2.6 DRX

Segundo Melo (2009) a Difração de Raios -X é um método de caracterização das fases cristalinas, presentes em um material, muito empregado na determinação das fases hidratadas do cimento.

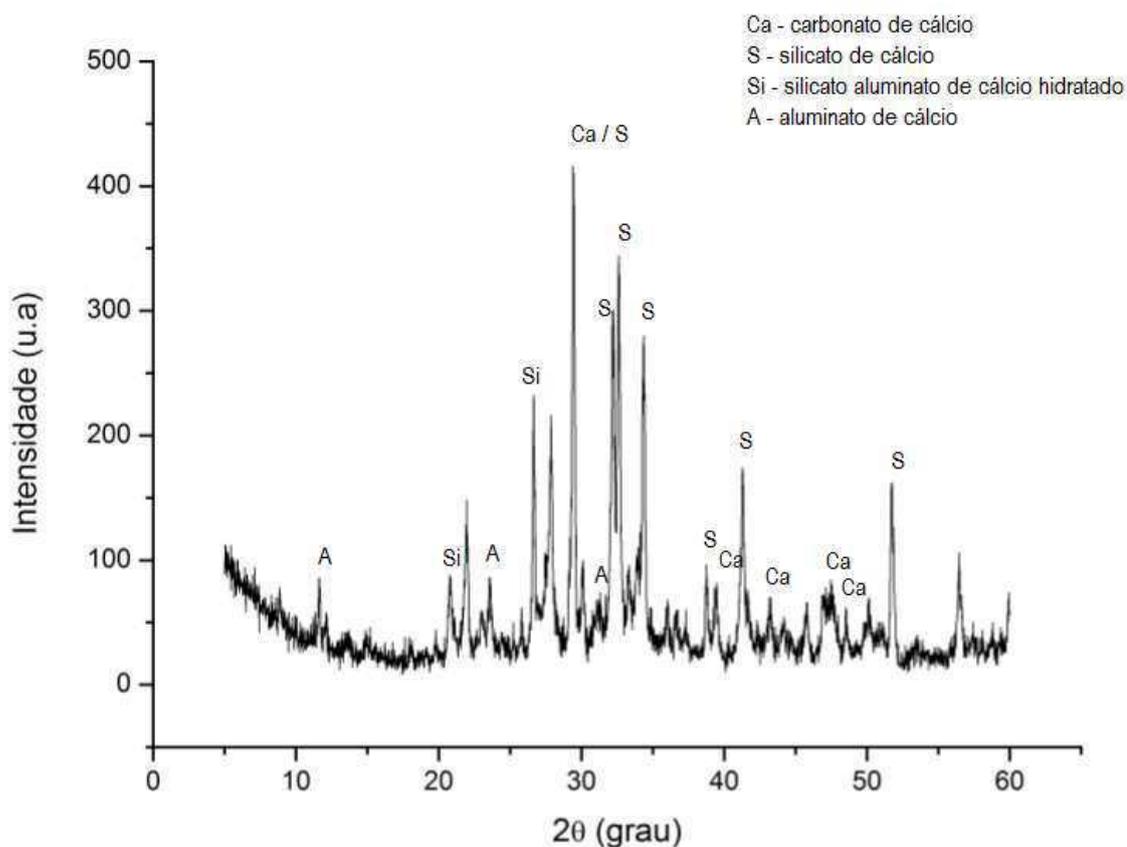
Esta técnica foi utilizada para caracterizar as espécies cristalinas formadas na composição dos cimentos CPII-F32, do conjunto habitacional Três Irmãs (Figura 9) e CPIV – 32RS, do conjunto habitacional Novo Cruzeiro (Figura 10).

Figura 9 - Difratograma do cimento do conjunto habitacional Três Irmãs



A Figura 9 mostra o Difratoograma de raios – X obtido do cimento utilizado no conjunto habitacional Três Irmãs, observa-se a presença do carbonato de cálcio, do silicato de cálcio e da dolomita nas suas principais fases.

Figura 10 - Difratoograma do cimento do conjunto habitacional Novo Cruzeiro



Na figura 10 observa-se a presença do carbonato de cálcio, do silicato de cálcio, do silicato aluminato de cálcio hidratado, do aluminato de cálcio nas principais fases do difratograma do cimento usado no conjunto habitacional Novo Cruzeiro.

#### 4.2.7 Resistência à Compressão

Os resultados do ensaio de resistência à compressão dos conjuntos habitacionais estudados estão indicados na Tabela 31.

Tabela 31 - Ensaio de resistência à compressão

Ensaio	Três Irmãs		Novo Cruzeiro	
Resistência à compressão	CP II F 32 (7 e 28 dias)		CP IV 32 RS (7 e 28 dias)	
	14,62 MPa	23,78 MPa	14,49 MPa	18,73 MPa

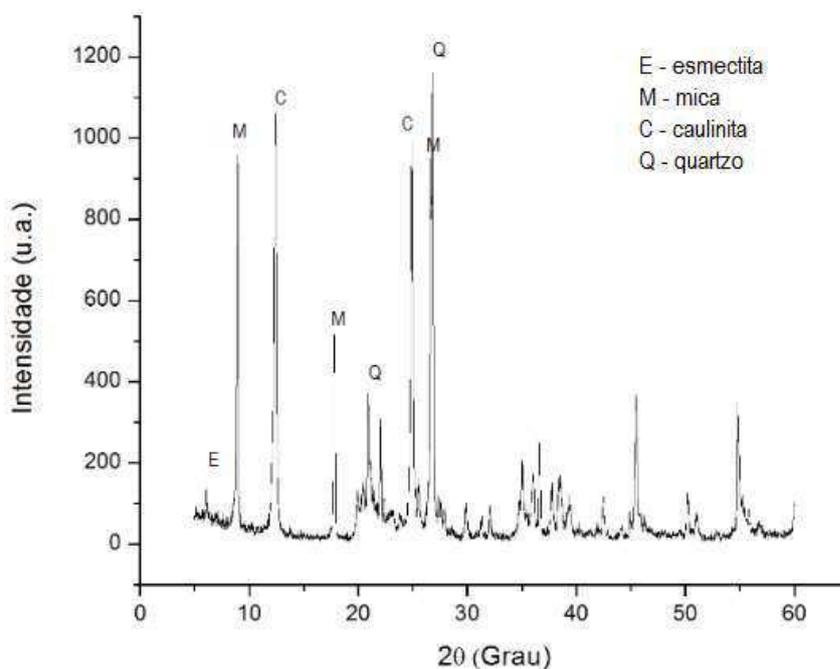
De acordo com a Tabela 31, observa-se que os resultados não estão de acordo com as normas usadas, ABNT NBR 11578/1991 e ABNT NBR 5736/1991, respectivamente. Provavelmente, a areia utilizada na composição, por possuir muitos finos tenha alterado a resistência.

### 4.3 Caracterização do Reboncal

#### 4.3.1 DRX

Na Figura 12 mostramos a Difração de raios – X referente ao Reboncal.

Figura 11 - DRX do Reboncal



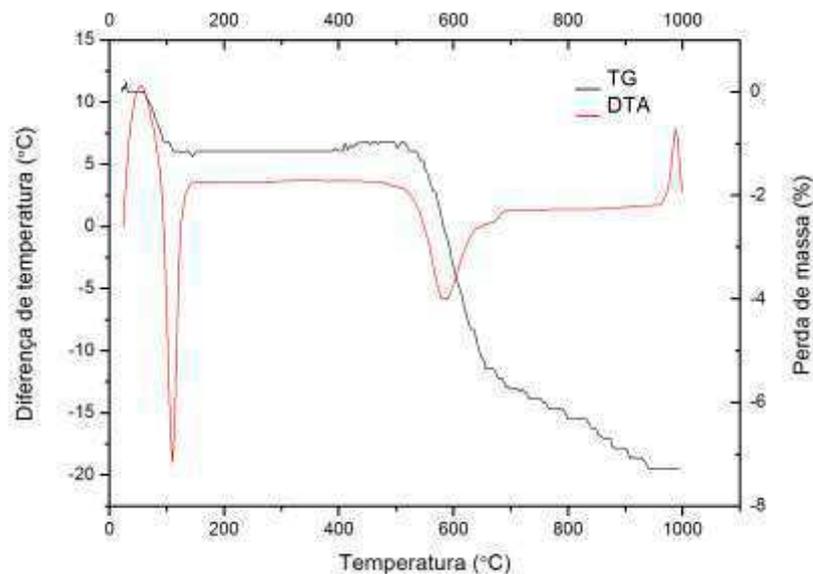
Observa-se nos picos principais do DRX os minerais esmectita, mica, caulinita e quartzo, minerais constituintes de uma argila, comprovando através da análise química que trata-se de uma argila caulínica, com teores de esmectita e mica.

### 4.3.2 Análise térmica

Conforme o gráfico Análise Térmica Diferencial apresentado na Figura 13, observa-se o primeiro pico endotérmico até aproximadamente 110° C correspondendo uma perda de água livre. Na sequência um segundo pico endotérmico de aproximadamente 500°C à 680°C apresentando perda da hidroxila. E no terceiro pico, exotérmico, a presença da nucleação da mulita, confirmando a presença da sílica e alumina no material.

Para o gráfico de Termogravimetria apresentado, até a temperatura de 100°C observamos uma perda de massa de aproximadamente 1,1%, e para uma temperatura de 1000°C, uma perda de massa correspondente a 7,2%.

Figura 12 - gráfico de análise térmica



### 4.3.3 Análise química

Com a análise química demonstrada na Tabela 32, constatou-se os minerais presentes na composição do produto utilizado na composição da argamassa dos dois conjuntos habitacionais.

Tabela 32 - Análise química do Reboncal

Minerais	Quantidade (%)
SiO <sub>2</sub>	50,03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	36,53

K <sub>2</sub> O	4,66
MgO	1,15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,15
SO <sub>3</sub>	0,16
CaO	0,13
Outros	0,09
*PF	6,1%

\*PF – Perda ao Fogo

Tendo como base a Norma Brasileira, ABNT NBR 7175/2003, os constituintes principais presentes na cal são o Anidrido Carbônico (CO<sub>2</sub>), óxidos de cálcio e magnésio (CaO e MgO), e através da análise química observamos que estes estão presentes em pequenas quantidades e o Anidrido Carbônico não existe na composição nos fazendo chegar a conclusão de que tal composto não é cal.

#### 4.3.4 Massa Específica

A Tabela 33 mostra os resultados do ensaio de massa específica do Reboncal.

Tabela 33 - Resultados do ensaio de massa específica

Ensaio	Três Irmãs	Novo Cruzeiro
Massa Específica	2,49 g/cm <sup>3</sup>	2,49 g/cm <sup>3</sup>

Quanto menor o valor da massa específica, maior a porosidade e maior será a absorção e menor será a resistência.

De acordo com a Tabela 33, observa-se que como trata-se de mesmo material, seus valores de massa específica foram iguais, sendo que serão utilizados em proporções diferentes por possuírem traços distintos.

#### 4.3.5 Estabilidade

De acordo com a ABNT 7175 (NBR, 2003), o resultado previsto para o ensaio de estabilidade seria de ausência de cavidades ou protuberância, no entanto o resultado discordou com o previsto em norma, apresentando cavidades como mostra a Figura 14.

Figura 13 - resultado do ensaio de estabilidade



Fonte: acervo próprio

A presença dessas cavidades interferirá diretamente na estabilidade, acarretando uma redução na resistência. (Pinto, 2006).

#### 4.3.6 Finura

Encontra-se na sequência o ensaio de finura da cal, como mostra a Tabela 34.

Tabela 34 - Resultados do ensaio de finura da cal

Ensaio	Três Irmãs	Novo Cruzeiro
Finura	F30 = 3,95% F200 = 46,85%	F30 = 3,95% F200 = 46,85%

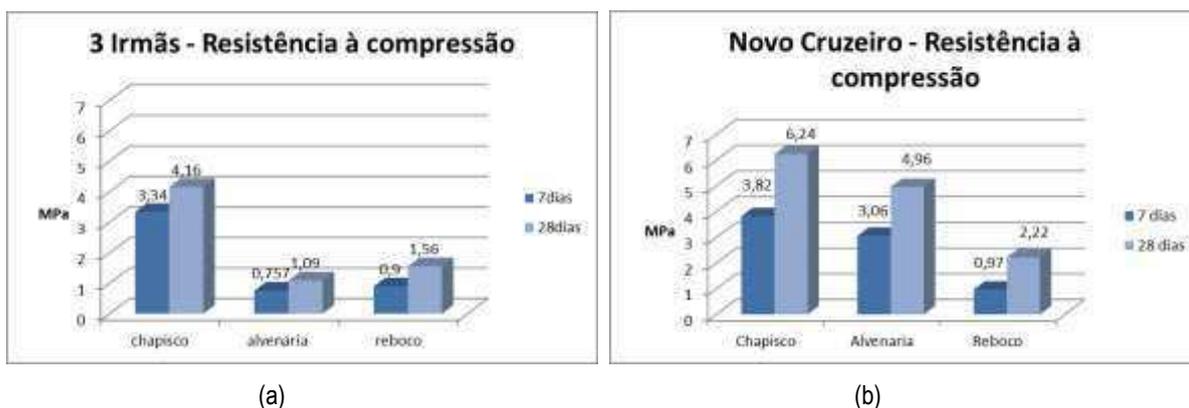
Na Tabela 34 os resultados para a finura F30 da cal cujo valor foi 3,95%, quase 8 vezes maior que o máximo permitido, e o mesmo acontece com a finura F200, bem acima dos limites aceitáveis. Logo esse composto não atende a norma ABNT NBR 7175/2003, a qual foi comparada.

### 4.4 Caracterização das argamassas

#### 4.4.1 Resistência à compressão

A Figura 15 (a e b) apresenta os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão feitos aos 7 e 28 dias de cura das argamassas estudadas.

Figura 14 - Resultados da resistência à compressão das argamassas analisadas



Observando a Figura 15 acima, percebe-se um aumento da resistência ao longo do tempo, Neville (1982) explica este comportamento através do endurecimento da pasta de cimento, quanto mais lentamente se forma essa estrutura maior será a resistência final.

No gráfico da Figura 15 observa-se que a resistência do chapisco do Conjunto habitacional Novo Cruzeiro foi maior que a do Conjunto Habitacional Três Irmãs, aos 28 dias, mesmo possuindo o mesmo traço, o fato ocorre provavelmente devido à granulometria da areia utilizada.

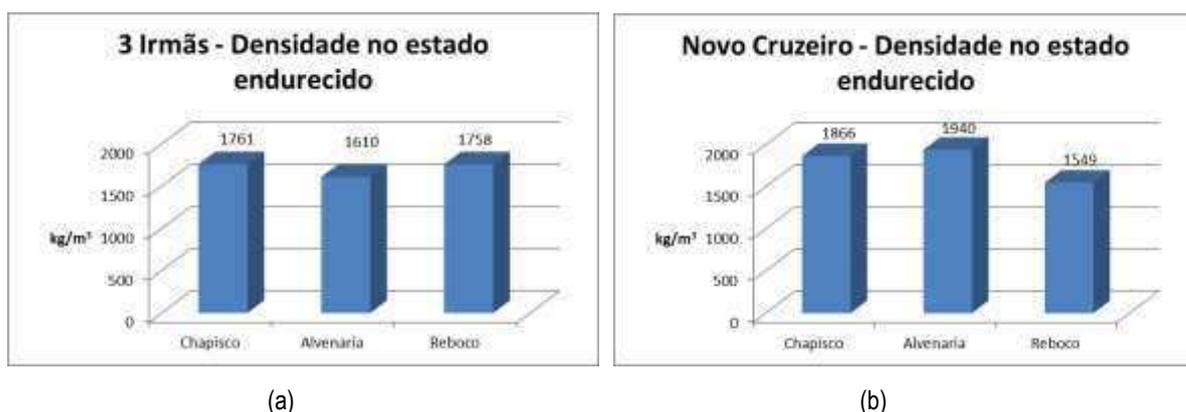
A presença do reboncal na argamassa aumenta a área superficial das partículas, conseqüentemente aumenta o consumo de água. Em seu trabalho, Silva (2006) relata que o aumento do consumo de água é responsável pela redução da resistência mecânica, e este aumento surge fissuras devido à retração.

De acordo com a NBR 13281:2005 as argamassas atendem aos limites mínimos exigidos com relação ao quesito resistência à compressão com cura aos 28 dias. Sendo classificadas as argamassas do Conjunto Três Irmãs em P3, referentes à chapisco, P1 referente à alvenaria e P2 referente ao reboco. Já a classificação encontrada para o Conjunto Habitacional Novo Cruzeiro foi P4 referentes à alvenaria e o chapisco, e P2, referente ao reboco.

#### 4.4.2 Densidade de massa aparente no estado endurecido

A Figura 16 (a e b) apresenta os resultados obtidos pelo ensaio de determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido.

Figura 15 - Resultados da densidade de massa aparente no estado endurecido



A densidade no estado endurecido é influenciada pelos materiais constituintes da argamassa, através do gráfico pode-se constatar que a adição de reboncal à argamassa diminui a densidade da mesma, visto que a densidade da alvenaria do Conjunto Três Irmãs, único que possuía o reboncal na sua composição, foi relativamente menor que os valores do chapisco e reboco e já no Conjunto Habitacional Novo Cruzeiro, o resultado da densidade do reboco, único que continha reboncal na sua composição, foi significativamente menor do que as densidades do chapisco e da alvenaria. De acordo com Silva (2006), com a presença do reboncal na composição da argamassa, há um aumento no índice de vazios e na absorção de água no estado endurecido, consequência da perda de água que ficou adsorvida às partículas no estado fresco, ocasionando a redução da densidade de massa no estado endurecido.

O surgimento de fissuras pode ser originado por essa absorção excessiva de água pela argamassa.

As argamassas apresentam resultados significativos de densidade aparente, os valores encontrados permanecem dentro dos limites especificados pela norma ABNT NBR 13281:2005, e classificam chapisco, alvenaria e reboco do conjunto habitacional Três Irmãs como M4 e para o Conjunto habitacional Novo Cruzeiro, chapisco e alvenaria classificados como M5 e reboco como M4.

#### 4.4.3 Índice de vazios

A Figura 17 (a e b) mostra os resultados obtidos com relação ao ensaio de índice de vazios das argamassas analisadas, após 7 e 28 dias de cura.

Figura 16 - Resultado do índice de vazios



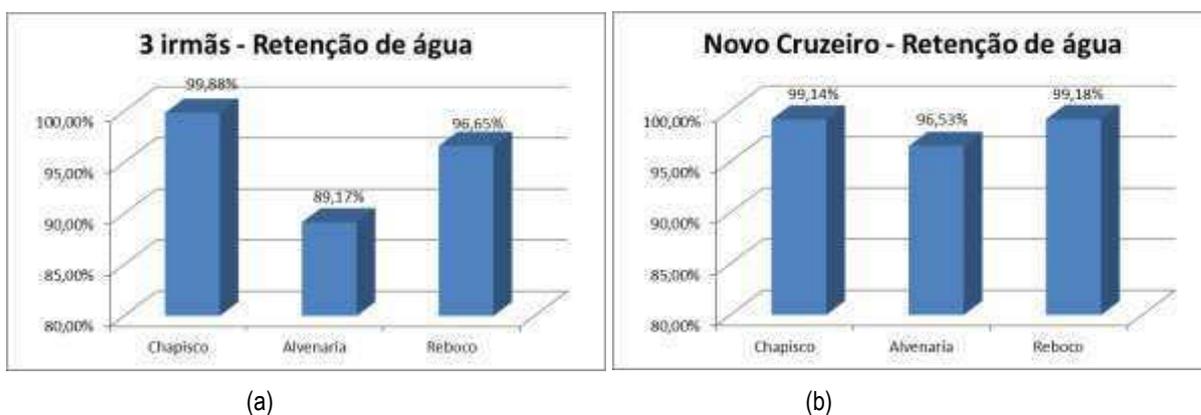
Para o conjunto Três Irmãs percebe-se uma redução no índice de vazios no chapisco e reboco, aos 28 dias, comparados à alvenaria, isso é em decorrência da presença do reboncal na argamassa da alvenaria, que aumentará o consumo de água aumentando também o índice de vazios, o mesmo ocorre com a argamassa do reboco do Conjunto Habitacional Novo Cruzeiro, que possui a cal em seu traço.

#### 4.4.4 Retenção de água

Os resultados do ensaio de retenção de água são apresentados na sequência.

Os valores encontrados no ensaio de retenção de água das argamassas dos conjuntos habitacionais estudados apresentaram resultados significativamente altos, atingindo pouco menos de 100% de retenção, podendo ser observado na Figura 18 (a e b).

Figura 17 - Resultados da retenção de água



A retenção de água é uma propriedade importante, pois interfere na trabalhabilidade permitindo a adequada hidratação do cimento, o endurecimento gradativo da argamassa, garantindo o desempenho esperado no revestimento ou no assentamento.

Bastos (2001) diz em seu trabalho que de forma natural uma argamassa retém a água usada no amassamento, molhando a superfície dos grãos de areia e do aglomerante e preenchendo os vazios; o excesso de água pode sair da mistura por exsudação, evaporação ou sucção da base. Se houver água na superfície será a exposta ao ambiente e será somente a da exsudação. A argamassa industrializada normalmente não deve ter água exsudável por conter retentores de água na formulação.

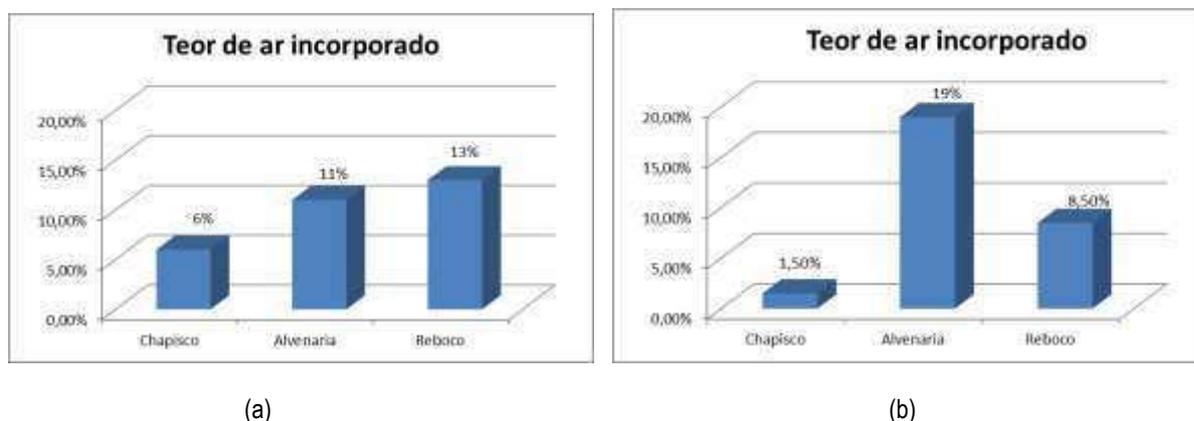
Outro fator que também interfere na trabalhabilidade e no consumo de água e aglomerantes, ou seja, no desempenho da argamassa no estado fresco, é a granulometria. E no revestimento acabado, exerce influência em fissuras, permeabilidade e na resistência de aderência segundo Silva (2006) *apud* Angelim et al., (2003).

Devido à alta retenção de água pelas argamassas estudadas, a ABNT NBR 13281/2005 classifica as argamassas do Conjunto Habitacional Três Irmãs para o chapisco e reboco como U6 e para alvenaria como U4. Já as argamassas do Conjunto Habitacional do Novo Cruzeiro são classificadas como U6.

#### 4.4.5 Teor de ar incorporado

Através da Figura 19 (a e b) podem-se observar os resultados do ensaio de teor de ar incorporado presentes nas argamassas estudadas.

Figura 18 - Resultados do teor de ar incorporado



Observa-se que no Conjunto habitacional Novo Cruzeiro, que a argamassa para alvenaria, apresentou maior porcentagem, provavelmente devido a areia utilizada na composição, que difere em

granulometria da areia usada pelas outras duas argamassas. O massame utilizado na alvenaria possui diâmetro máximo de 0,6 mm, enquanto que a areia utilizada na composição do chapisco e reboco apresenta diâmetro máximo de 4,8 mm. O mesmo fato ocorre no Conjunto Habitacional Três Irmãs, onde a menor granulometria foi encontrada na composição do reboco, e este apresenta maior porcentagem de ar incorporado comparado à alvenaria e ao chapisco do mesmo conjunto.

Comparando a argamassa do chapisco dos dois conjuntos estudados, por possuírem o mesmo traço, ou seja, a proporção de 1 para 4 de cimento e areia, percebe-se que a areia do conjunto habitacional Três Irmãs, por possuir um diâmetro granulométrico menor, possui um maior teor de ar incorporado.

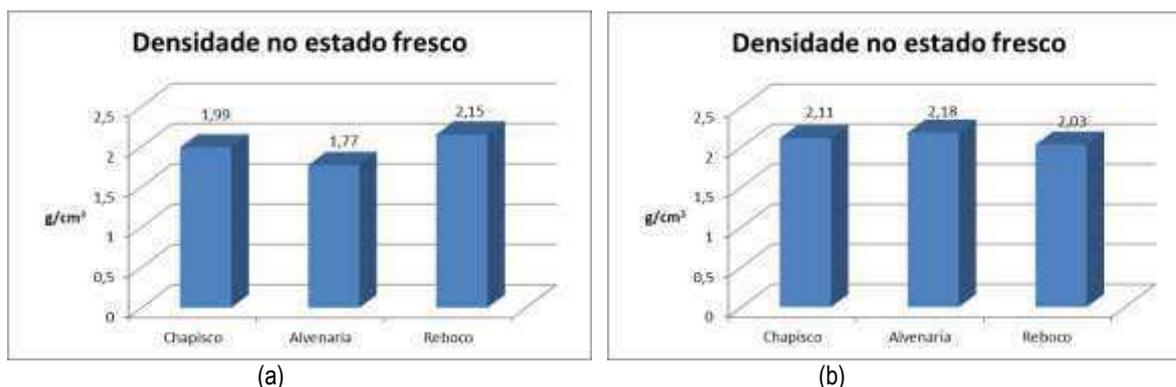
O teor de ar incorporado que é o ar retido na argamassa fresca influenciará a densidade de massa relativa da argamassa nos estados fresco e endurecido, pois o ar ocupa parte de sua massa.

Segundo Cincoto e Nakakura (2004) o teor de ar incorporado interfere diretamente em outras propriedades da argamassa, como, por exemplo, a resistência à compressão, reduzindo-a.

#### 4.4.6 Densidade de massa no estado fresco

Na Figura 20 (a e b) estão apresentados os resultados do ensaio de densidade de massa no estado fresco das argamassas dos conjuntos habitacionais estudados.

Figura 19 - Resultados da densidade no estado fresco



A densidade no estado fresco foi menor no reboco, comparado à alvenaria e ao chapisco no conjunto habitacional Novo Cruzeiro. Este fato pode ser explicado pela presença do reboncal na composição, como explicado acima nos resultados de densidade no estado endurecido e no ensaio de índice de vazios. O mesmo sendo justificado na alvenaria do Conjunto Habitacional Três Irmãs.

#### 4.4.7 Absorção de água

Os resultados do ensaio de absorção de água é apresentado abaixo, no gráfico da Figura 21 (a e b), o ensaio foi realizado aos 7 e 28 dias de cura.

Figura 20 - Resultados de absorção de água



No conjunto habitacional Três Irmãs temos uma tênue redução na absorção de água do chapisco e do reboco o mesmo não observamos na alvenaria devido a presença do reboncal na sua composição. No conjunto habitacional novo cruzeiro pode-se observar uma leve redução na absorção de água pelo chapisco e pela alvenaria do decorrer do tempo. O mesmo não observa-se no reboco devido a presença do reboncal em sua composição.

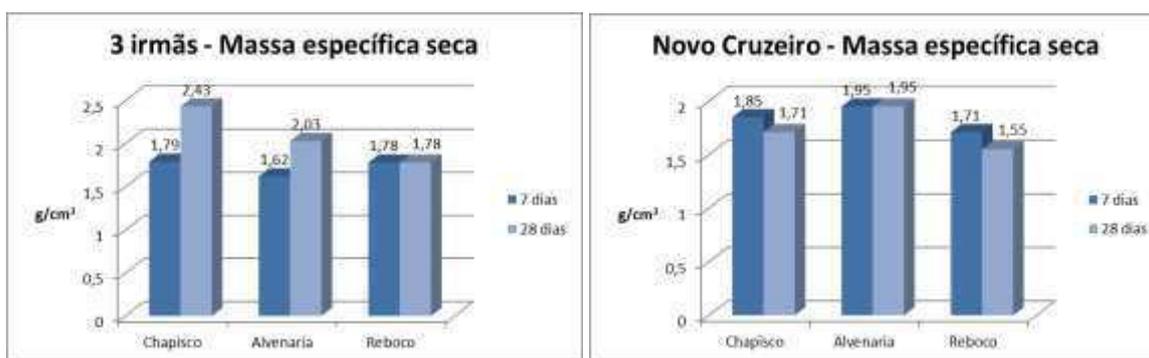
Todo esse comportamento é justificado no trabalho de Silva (2006), a presença da cal acarreta em um aumento do índice de vazios e consequentemente da absorção de água.

O surgimento de patologias como bolor, fungos, manchas de umidade, podem surgir devido à absorção de água.

#### 4.4.8 Massa Específica seca e Massa Específica Real

Na Figura 22(a e b) e 23 (a e b) observamos os resultados do ensaio da massa específica seca e massa específica real das argamassas estudadas.

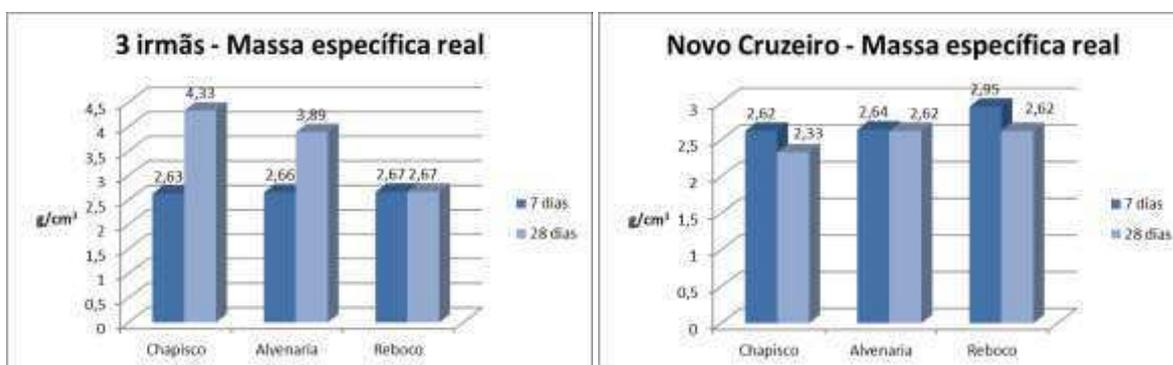
Figura 21 - Resultados de massa específica seca



(a)

(b)

Figura 22 - Resultados de massa específica real



(a)

(b)

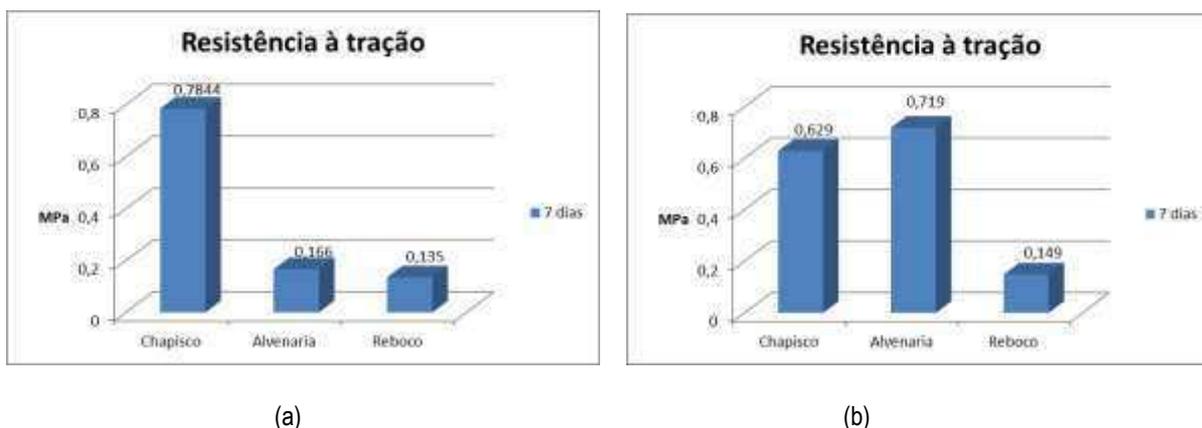
Observamos que à medida que cresce a relação cal/cimento, cresce o índice de vazios e a absorção de água e reduz a massa específica real. Isso devido, possivelmente, ao aumento do consumo de água, pois, o volume de água adsorvida às partículas transforma-se em vazios.

Comparando as argamassas dos chapiscos que possuem o mesmo traço, uma proporção de 1:4 de cimento e areia, observa-se que a massa específica do conjunto habitacional Novo Cruzeiro é menor que a do Conjunto habitacional Três Irmãs, provavelmente devido a granulometria do primeiro ser maior que a granulometria do segundo.

#### 4.4.9 Resistência à Tração por compressão diametral

A Figura 24 (a e b) mostra os resultados obtidos com relação ao ensaio de resistência à tração dos conjuntos habitacionais estudados.

Figura 23 - Resultados de tração por compressão diametral



Percebe-se que com o aumento do teor de água, temos uma diminuição da resistência à tração, provavelmente devido ao aumento do índice de vazios.

Segundo Silva (2006) os revestimentos de argamassa estão mais associados à resistência à tração do que a resistência à compressão e, muitas vezes, a baixa resistência à tração não permite ao revestimento aguentar os esforços de tensões, ocasionando patologias nos revestimentos, como fissuras ou vesículas, entre outras.

## 4.5 Caracterização dos Blocos Cerâmicos

### 4.5.1 Absorção de água

Os resultados do ensaio de Absorção de água dos conjuntos habitacionais Novo Cruzeiro e Três Irmãs estão descritos nas Tabelas 35 e 36 a seguir.

Tabela 35 - Conjunto Habitacional Novo Cruzeiro

Ensaio de Absorção de Água (Blocos Cerâmicos)			
Bloco	Peso Seco (g)	Peso Úmido (g)	Absorção de Água (%)
1	2665,1	2932,9	10,05
2	2686,4	2954,9	9,99
3	2784,8	3065,4	10,08
4	2592,4	2836,5	9,42
5	2740,4	2976,2	8,60

6	2580,9	2823,4	9,40
7	2598,4	2838,4	9,24
8	2855,4	3130,7	9,64
9	2654,6	2916,5	9,87
10	2614,3	2880,4	10,18
11	2715,3	2991,6	10,18
12	2825,9	3101,1	9,74
13	2697,0	2975,7	10,33
14	2700,4	2972,1	10,05
15	2636,3	2897,4	9,90
16	2673,8	2937,6	9,87
17	2657,5	2931,8	10,32
18	2705,4	2979,3	10,12
19	2820,3	3098,4	9,86
20	2673,1	2921,8	9,30
21	2700,0	2973,9	10,14
22	2676,6	2898,4	8,29
23	2634,8	2888,3	9,62
24	2703,8	2969,7	9,83
25	2803,9	3082,6	9,94
26	2796,3	3082,1	10,22
27	2862,5	3155,2	10,22
28	2622,6	2854,8	8,85
29	2745,8	3006,3	9,49

Com o ensaio de absorção de água encontramos uma média de 9,75% de absorção de água. Esse resultado condiz com o limite exigido pela ABNT NBR 15270/2005, que não deve ser inferior a 8% nem superior a 22%.

Tabela 36 - Conjunto Habitacional Três Irmãs

Bloco	Peso Seco (g)	Peso Úmido (g)	Absorção de Água (%)
1	2391,8	2569,6	7,43
2	2447,0	2633,1	7,60

3	2515,6	2700,5	7,35
4	2502,5	2683,9	7,25
5	2262,1	2422,4	7,09
6	2506,0	2700,6	7,76
7	2476,3	2669,2	7,79
8	2373,5	2556,3	7,70
9	2442,1	-	-
10	2343,0	2514,2	7,31
11	2469,8	2664,9	7,90
12	2428,6	2627,5	8,19
13	2222,1	2368,9	6,61
14	2301,7	2423,0	5,27
15	2275,5	2462,7	8,23
16	2470,6	2671,1	8,11
17	2349,8	2530,8	7,70
18	2433,6	2656,1	9,14
19	2379,8	2644,0	11,1
20	2487,8	2689,0	8,08
21	2275,2	2465,6	8,37
22	2450,0	2651,2	8,21
23	2360,8	2551,4	8,07
24	2359,7	2561,5	8,55
25	2462,8	-	-
26	2316,2	2530,2	9,24

Com o ensaio de absorção de água encontramos uma média de 8,0% de absorção de água. O resultado encontrado está dentro do limite estabelecido sendo inferior à 22% de acordo com a ABNT NBR 15270/2005.

#### 4.5.2 Compressão dos blocos cerâmicos

A Tabela 37 e 38 apresenta os resultados encontrados no ensaio de compressão dos blocos cerâmicos do Novo Cruzeiro e Conjunto Três Irmãs.

Tabela 37 - Ensaio de compressão do conjunto Novo Cruzeiro

Ensaio de Compressão (Blocos cerâmicos)				
Bloco	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Força (KN)	Tensão (MPa)
24	192	90	19,07	1,10
22	189	91	29,59	1,72
9	191	91	13,99	0,80
17	187	91	13,45	0,79
23	191	91	6,29	0,36
25	189	92	22,58	1,30
7	189	89	28,86	1,72
14	191	91	16,71	0,96
5	190	91	17,33	1,00
18	190	92	19,15	1,10
20	190	91	30,25	1,75
29	189	91	11,58	0,67
27	194	91	21,41	1,21
00	189	91	6,55	0,38
8	192	91	29,96	1,71
15	189	90	19,11	1,12

No ensaio de compressão dos blocos cerâmicos, determinamos através de uma média das tensões indicadas na Tabela 37, o resultado de 1,11 MPa, encontrando-se abaixo do estabelecido pela ABNT NBR 15270/2005, onde é exigido para blocos com furos na horizontal uma resistência à compressão maior ou igual à 1,5 MPa.

Tabela 38 - Ensaio de compressão do conjunto Três Irmãs

Amostra	Comprimento (mm)	Dimensões (mm)	Resistência (MPa)	Força (N)
01	195	L = 82	0,3	4611,95
02	191	L = 83	0,53	8397,26
04	189	L = 83	0,37	5783,29
06	191	L = 82	0,19	2981,01
07	190	L = 82	0,16	2562,90

08	191	L= 81	0,46	7047,18
10	189	L= 81	0,49	7513,17
11	193	L= 80	0,2	1905,42
12	193	L= 82	0,24	3743,02
15	192	L= 80	0,24	3335,30
17	190	L= 81	0,51	7784,86
20	189	L= 81	0,55	8493,01
22	190	L= 84	0,23	3638,49
23	190	L= 81	0,36	5566,25

De acordo com os resultados do ensaio de resistência à compressão, encontramos uma média de 0,345 MPa, inferior à 1,5 MPa para blocos cerâmicos com furos na horizontal segundo o estabelecido pela norma ABNT NBR 15270/2005.

#### 4.6 Caracterização das Telhas

##### 4.6.1 Absorção de água e Flexão

O resultado do ensaio de absorção de água e flexão das telhas do conjunto habitacional Três Irmãs pode ser observado na Tabela 39, a seguir.

Tabela 39 - Resultados do ensaio de absorção e flexão de telhas do Conjunto Três Irmãs

Amostra	Peso Seco (g)	Peso Úmido (g)	Absorção de Água (%)	Força de Ruptura (kgf)
01	1058,2	1206,4	14,00	120
02	1073,5	1220,3	13,67	103
03	1064,4	1212,7	13,93	107
04	1061,9	1207,4	13,70	70
05	1119,5	1279,8	14,32	119
06	1061,1	1207,6	13,81	71
07	1068,3	1214,4	13,68	111
08	1066,8	1215,4	13,93	100
09	1069,4	1216,9	13,79	113

10	1072,0	1219,0	13,71	113
11	1134,6	1299,6	14,54	120
12	1070,9	1223,0	14,20	112
13	1066,0	1212,3	13,72	118
14	1068,2	1220,3	14,24	111
15	1069,8	1185,3	10,80	21
16	1148,7	1268,9	10,46	100
17	1074,0	1183,9	10,23	68
18	1077,0	1186,6	10,18	68
19	1083,7	1192,3	10,02	66
20	1137,6	1259,9	10,75	84
21	1145,2	1269,0	10,81	57
22	1147,6	1270,6	10,72	95
23	1136,9	1257,7	10,62	83
24	1114,3	1233,2	10,67	78
25	1073,9	1183,7	10,22	73
26	1139,1	1259,2	10,54	85
27	1139,9	1260,9	10,61	86
28	1134,1	1255,1	10,67	77
29	1140,4	1262,2	10,68	88
30	1075,0	1190,2	10,72	-

Absorção mínima: 10%; absorção máxima: 14.5%, sendo assim, os limites estão dentro dos exigidos pela norma, estando abaixo de 20% de absorção. Podemos então afirmar que a telha estudada é capaz de escorrer água e absorver a quantidade de água permitida, deixando de haver problemas futuros com infiltrações podendo prejudicar pinturas e acabamentos internos da edificação.

Para o ensaio de Flexão, 100% das peças conseguiram ser ensaiadas e utilizadas para execução do ensaio. A força de ruptura necessária para o rompimento das telhas variou entre 57 e 120 (kgf), muitas telhas não obedeceram ao limite estabelecido em norma, apresentando resultado inferior a 100 (kgf).

A Tabela 40 a seguir mostra os valores encontrados para o ensaio de absorção de água e flexão das telhas do conjunto habitacional Novo Cruzeiro.

Tabela 40 - Resultados do ensaio de absorção e flexão de telhas do conjunto Novo Cruzeiro

Amostra	Peso Seco (g)	Peso Úmido (g)	Absorção de Água (%)	Força de Ruptura (kgf)
01	1036,1	1147,3	10,7	123
02	1073,5	1166,4	8,6	282
03	1166,5	1298,6	11,3	126
04	1018,3	1132,6	11,2	95
05	1195,7	1300,7	8,8	264
06	1143,1	1243,4	8,8	218
07	1025,4	1124,9	9,6	183
08	1094,6	1186,7	8,4	-
09	991,2	1099,9	11,0	90
10	1188,1	1289,1	8,5	245
11	1031,7	1132,2	9,7	172
12	1103,0	1198,0	8,6	265
13	1008,5	1119,3	11,0	96
14	1089,9	1180,5	8,3	215
15	1107,0	1201,3	8,5	215
16	1164,4	1297,6	11,4	-
17	1089,1	1184,9	8,8	261
18	1022,3	1134,3	11,0	107
19	1002,0	1111,1	10,9	134
20	990,6	1098,1	10,8	101
21	1194,4	1296,8	8,6	-
22	1015,2	1127,4	11,0	112
23	1025,5	1139,1	11,0	-
24	1108,8	1201,0	8,3	226
25	993,0	1100,9	11,0	94
26	1022,1	1121,7	9,7	169
27	1016,2	1130,9	11,2	67
28	1103,4	1191,0	7,9	253
29	1092,1	1187,6	8,7	189

Absorção mínima: 7,9 %; absorção máxima: 11,4%, sendo assim, os limites estão dentro dos exigidos pela norma, estando abaixo de 20% de absorção.

Para o ensaio de flexão de telhas a força de ruptura necessária para o rompimento destas variou entre 57 e 282 (kgf), a maioria obedeceu ao limite estabelecido em norma apresentando valor de força de ruptura superior a 100 (kgf).

### 5.0 CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos nesta pesquisa, um dos principais fatores que se pode destacar foi o fato do Reboncal, não apresentar os mesmos componentes da cal, sendo assim chegando à conclusão de não se tratar de uma cal hidratada, já que nas construções dos conjuntos habitacionais estudados, esse plastificante para reboco e alvenaria era utilizado como tal.

De um modo geral, o Reboncal apresentou comportamento insatisfatório, pois ao ser utilizado como cal não atendeu as especificações da norma comparada, apresentando grande influência nos resultados. As análises dos dados obtidos ainda permitiram extrair as seguintes conclusões específicas:

#### **Cimento:**

O cimento utilizado no Conjunto Habitacional Três Irmãs, CIMPOR, não obedeceu às especificações exigidas na norma ABNT NBR 11578/1991. Apresentou o resultado do ensaio de perda ao fogo superior ao limite estabelecido.

O cimento utilizado no Conjunto Habitacional Novo Cruzeiro, ITA, obedeceu às exigências estabelecidas na norma ABNT NBR 5736/1991, quantos aos ensaios de perda ao fogo e finura.

Em relação ao ensaio de Resistência à Compressão, os dois tipos de cimentos usados nos conjuntos habitacionais não atenderam aos requisitos mínimos exigidos, apresentando baixa resistência aos 7 e 28 dias inferior ao limite estabelecido em norma.

#### **Agregados:**

O resultado do ensaio de materiais pulverulentos dos conjuntos habitacionais Novo Cruzeiro e Três Irmãs não atenderem as exigências indicadas pela norma ABNT NBR 7214/1982.

#### **Argamassas:**

As argamassas usadas nos conjuntos habitacionais estudados obedecem aos limites estabelecidos na norma ABNT NBR 13281/2005.

Nas argamassas, a resistência à compressão, a resistência à tração na flexão e a resistência de aderência à tração dependem da relação água/cimento.

#### **Blocos cerâmicos:**

Os blocos cerâmicos utilizados nos conjuntos habitacionais Novo Cruzeiro e Três Irmãs obedecem aos requisitos estabelecidos pela norma ABNT NBR 15270/2005, apresentando absorção máxima de água inferior a 22%.

O resultado do ensaio de compressão não atendeu a respectiva norma, apresentando resistência mecânica menor que 1/3 da resistência mínima de 1,5 MPa.

#### **Telhas:**

Menos da metade das telhas apresentaram resistência à flexão superior à mínima que é 100 kgf. Para o conjunto habitacional Três Irmãs, logo, estas peças cerâmicas também não estão de acordo com a norma comparada.

Para o conjunto habitacional Novo Cruzeiro a maioria das peças cerâmicas ensaiadas apresentaram resistência superior à mínima, obedecendo à norma.

Então pode-se concluir o quanto é importante o incentivo do poder público à construção de habitações para redução do déficit habitacional, mas é válido enfatizar que, além de um teto, esta moradia deve ser habitável, atendendo às necessidades de abrigo e segurança, sendo de grande importância a utilização de materiais de qualidade como matérias-primas.

## REFERÊNCIAS

ABNT NBR 11579 (2012) – Cimento Portland – Determinação do índice de finura por meio da peneira 75  $\mu\text{m}$  (n°200) - Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo – SP.

ABNT NBR NM 52 (2009) – Agregado Miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente.

ABNT NBR 45 (2006) – Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios – Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo – SP.

ABNT NBR NM 248(2003) – Agregados – Determinação da composição granulométrica – Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo – SP.

ABNT NBR 11578(1991) – Cimento Portland Composto – Especificação. Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo – SP.

ABNT NBR 13280(2005) - Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo – SP.

ABNT NBR 9778(2009) – Argamassa e Concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo – SP.

ABNT NBR 13279 (2005) – Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo – SP.

ABNT NBR 14081(2004) - Argamassa Colante Industrializada Para Assentamento de Placas Cerâmicas. Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo – SP.

ABNT NBR 5736(1991) – Cimento Portland Pozolânico. Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo – SP.

ABNT NBR 7175(2003) – Cal hidratada para argamassas – requisitos. Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo - SP.

ABNT NBR 13281(2005) – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos. Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo – SP.

ABNT NBR 7170(1983) – tijolo maciço cerâmico para alvenaria. Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo – SP.

ABNT NBR 15310 (2005) – Componentes cerâmicos – Telhas – terminologia, requisitos e métodos de ensaio. Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo – SP.

ABNT NBR 11578 (1991) – Cimento Portland Composto - Especificação. Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo – SP.

ABNT NBR 15270 (2005) – Componentes Cerâmicos – Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – terminologia e requisitos. Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo – SP.

ABNT NBR 7214(1982) – Areia Normal para ensaio de cimento – Especificação. Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo – SP.

ABNT NBR 8802 (1994b) – Concreto endurecido – determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica. Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo – SP.

ABNT NBR 5462 (1994) – Confiabilidade e Manutenibilidade. Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo – SP.

ABNT NBR 5737 (1992) – Cimentos Portland resistentes a sulfatos. Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo – SP.

ABNT NBR 7211 (2005) – Agregados para concreto - especificação. Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo – SP.

ABNT NBR 12989 (1993) – Cimento Portland Branco. Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo – SP.

ABIKO, A.K, 1995 – TT/PCC/12 - Introdução à gestão habitacional. São Paulo, 1995.

AMORIM, A.A.. Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado Aparente. 2010. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais. Orientador: José Eduardo de Aguiar.

ANTONIAZZI, J.P.; Patologia da construção: abordagem e diagnóstico. 2009. Projeto TCC. Universidade Federal de Santa Maria. Orientador: José Mario Doleys Soares.

ARAÚJO, G.A.B.C.. Contribuição ao estudo das propriedades de argamassas com saibro da região de Maceió (AL) para revestimentos. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Orientadora: Denise Carpena Coutinho Dal Molin.

ARNOLD, D.C.M.. Análise da influência da forma dos grãos nas propriedades das argamassas. 2011. Dissertação ( Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Orientador: Claudio de Souza Kazmierczak.

BASTOS, P.K.X. Retração e desenvolvimento de propriedades mecânicas de argamassas mistas de revestimento. 2001. Tese (doutor em Engenharia). Universidade de São Paulo. Orientador: Maria Alba Cincotto.

BAUER, E. Sistemas de revestimento de argamassa – generalidades. In: Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades. Brasília: LEM-UNB; Sinduscon, 2005.

BAUER, L.A.FALCÃO. Materiais de Construção. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Editora – 2 volumes – 5ª Edição – 1994.

CARNEIRO, J.P.M.N.. Caracterização de argamassas de cal hidráulica natural com metacaulino. 2012. Dissertação (mestre em Engenharia Civil) – Universidade Nova de Lisboa. Orientadora: Maria Paulina Faria Rodrigues.

CASTRO, U.R.. Importância da Manutenção Predial Preventiva e as Ferramentas para sua Execução. 2007. Monografia ( Especialista em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais. Orientador: Eduardo Marques Arantes.

CEOTTO, L. H.; BANDUK, R. C.; NAKAKURA, E. H.. Revestimentos de Argamassas: Boas praticas em projeto, execução e avaliação. Porto Alegre: ANTAC, 2005, v.1.

CINCOTO, M.A.;NAKAKURA, E.H. Análise dos requisitos de classificação de argamassas de assentamento e revestimento. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004. Boletim técnico n. 359, São Paulo, 2004.

COSTA, C.G.; SILVA, A.M.. Alvenaria Estrutural com Bloco Cerâmico. 2007. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina. Orientador: Roberto de Melo Rodrigues.

FERNANDES, P.; DONADEL, K.; NANDI, V.S.; MANTAS, P..2012. O Estudo da Diminuição da Rugosidade da Superfície de Telhas Cerâmicas. Volume 17.

FERNANDES, M. Agenda Habitat para Municípios. Rio de Janeiro, 2003.

FERREIRA, B.B.D.; Tipificação de patologias em revestimentos argamassados. 2010. Dissertação (mestre em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais.

FILHO, J.H.; Efeitos da adição de cal hidratada sobre a permeabilidade ao oxigênio e absorção capilar de concreto com altos teores de adições minerais. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Orientador: Geraldo Cechella Isaia.

FREITAS JR. J.A.; Apostila de Construção Civil II – Alvenaria Estrutural - Ministério da Educação – Universidade Federal do Paraná.

GUIMARÃES, J.E.P. (1998). A Cal – Fundamentos e Aplicações na Engenharia Civil. Associação Brasileira dos Produtores de Cal. Editora Pini, São Paulo, SP.

JUNIOR, J.R.. Adição de Escória de Alto Forno em Argamassa Colante tipo AC-I. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Universidade Federal do Paraná. Orientador: Kleber Franke Portella.

JUNIOR, M.P.C.; SILVA, M.G.. A influência do processo produtivo no controle de patologias e nos programas de manutenção. Revista engenharia ciência & tecnologia, Vitória – ES. p. 3-10, 2003.

JUNIOR, S. A. P.; Procedimento executivo de revestimento externo em argamassa. Belo Horizonte, 2010.

HACKBARTH, F.B.; Avaliação de problemas estruturais de uma edificação de concreto armado moldado in loco com Propostas de solução. 2006. Monografia (conclusão do curso de Engenharia Civil) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Orientador: Sandra Denise Kruger Alves.

HELENE, Paulo R. L., 1949 – Manual Prático para reparo de estruturas de concreto/Paulo R. L. Helene – São Paulo: Pini, 1988.

HELENE, P. R. L. Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto. 2. ed. São Paulo: PINI, 1992.

MARTINS, P.B.M.; Influência da granulometria agregado miúdo na trabalhabilidade do concreto. 2008. Monografia (conclusão do curso de Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Feira de Santana. Orientador: Elvio Antonino Guimarães.

MELO, C.G.M.; Avaliação da influência do NaCl em pastas de cimento Portland para cimentação de poços de petróleo em zonas evaporíticas. 2009. Dissertação (Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Orientador: Antonio Eduardo Martinelli.

MONTEIRO, C.M.O.L.. Influência da Gipsita no surgimento de eflorescência em telhas cerâmicas. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia dos Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Orientador: Rubens Maribondo do Nascimento.

NEVILLE. A.M. Propriedades do Concreto – 1ª Ed. São Paulo – S.P. PINI, 1982.

PAIVA, S.C.; GOMES, E.A.O.; OLIVEIRA, R.A.; Revista Ciências & Tecnologia. 2007 - Controle de qualidade da cal para argamassas - metodologias alternativas

PEREIRA, C.H.A.F.; Contribuição ao Estudo da Fissuração, da Retração e do Mecanismo de Descolamento do Revestimento à Base de Argamassa. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade de Brasília. Orientador: Elton Bauer.

PEREIRA, P.S.. Programa de Manutenção de Edifícios para as Unidades de Atenção Primária à Saúde da Cidade de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2011. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de Juiz de Fora. Orientador: Maria Aparecida Steinherz Hippert.

PINTO. C.S.; Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas. 2006. São Paulo.

QUEIROZ, R.O.. Patologias em Fachadas Construídas com Revestimento de Argamassa. 2007. Monografia ( Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Civil) – Universidade Anhembí Morumbi. Orientador: Tiago Carmona.

RAGO, F.; CINCOTTO, M. A. Influência do tipo de cal hidratada na reologia de pastas. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999. Boletim técnico n.233.

RIBEIRO, C.C.; PINTO, J.D.S.; STARLING, T. Materiais de construção civil. 2002. Belo Horizonte. Editora: UFMG

SABBATINI, Fernando H. Tecnologia da Construção de Edifícios. São Paulo, 2006. Notas de aula da disciplina PCC 2436. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo.

SANTOS, H.B.. Ensaio de Aderência das Argamassas de Revestimento. 2008. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais. Orientador: Antônio Neves Carvalho Júnior.

SANTOS, P.H.C.; FILHO, A.F.S.; Eflorescência : causas e consequências. 2009.

SILVA, C.S.C.C.; CAMARINI, G. Patologias em argamassas de revestimento: diagnóstico da moradia estudantil da Unicamp. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - FEC, UNICAMP, 2007.

SILVA, F. T.; PIMENTEL, R. L.; BARBOSA, N. P. Análise de patologias em estruturas de edificações da cidade de João Pessoa. Espírito Santo: 45º Congresso Brasileiro do Concreto, 2003.

SILVA, N.G.. Argamassa de Revestimento de Cimento, Cal e Areia Britada de Rocha Calcária. 2006. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná. Orientador: Vicente Coney Campiteli.

SILVA, N.G.; CAMPITELI, V.C.; GLEIZE, P.J.P.. Argamassa de Revestimento de Cimento, Cal e Areia de Britagem de Rocha Calcária. 2005.

SOBRINHO, M.M.B.; Estudo da Ocorrência de Fungos e da Permeabilidade em Revestimentos de Argamassa em Habitações de Interesse Social – Estudo de Caso na Cidade de Pitangueiras/ SP. 2008. Dissertação (Mestre em Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos. Orientador: Almir Sales.

Site: <http://educacao.uol.com.br/disciplinas/atualidades/deficit-habitacional-brasil-precisa-de-quase-8-milhoes-de-moradias.htm>. Acessado em 28/02/13

Site:<http://www.abcp.org.br/conteudo/basico-sobrecimento/historia/uma-breve-historia-do-cimento-portland>. Acessado em 07/01/13.

Site:<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/cimento.html>. Acessado em 26/20/2012.

Site: <http://www.abcp.org.br/conteudo/basico-sobre-cimento/tipos/a-versatilidade-do-cimento-brasileiro>. Acessado em 25/10/12.

Site:<http://www.abcp.org.br/colaborativo-portal/perguntas-frequentes.php?id=18>. Acessado em 08/01/13

Site:<http://www.cimentoitambe.com.br/cal-virgem-ou-hidratada/>. Acessado em 16/01/2013.

Site: <http://www.abpc.org.br/frame.htm>. Acessado em 15/01.

Site: <http://www.cimentoitambe.com.br/cal-virgem-ou-hidratada/> Acessado em 16/01/13.

Site: <http://simineral.org.br/arquivos/AgregadosparaConstruoCivilFernandoMendesValverde.pdf>

Site: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/7853/000558443.pdf>. Acessado em 17/01/2013.

Site: <http://www.paraiba.pb.gov.br/61801/cehap-finaliza-2012-com-obras-e-24-mil-unidades-habitacionais-na-paraiba.html>. Acessado em 27/05/2013.

SOBRINHO, M.M.B.; Estudo da Ocorrência de Fungos e da Permeabilidade em Revestimentos de Argamassa em Habitações de Interesse Social – Estudo de Caso na Cidade de Pitangueiras/ SP. 2008. Dissertação (Mestre em Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos. Orientador: Almir Sales.

SOUZA, Vicente Custódio de, 1948 - Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto / Vicente Custódio Moreira de Souza e Thomaz Ripper. - São Paulo : Pini, 1998.

TAGUCHI, M.K. Avaliação e Qualificação das Patologias das Alvenarias de Vedação nas Edificações. 2010. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná. Orientador: Mauro Lacerda Santos Filho.

QUEIROZ, R.O.; Patologias em Fachadas Construídas com Revestimento de Argamassa. 2007. Monografia (Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi. Orientador: Tiago Carmona.