

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil

**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.**

Mario Marques Beato Sobrinho

São Carlos
Dezembro 2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil

**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.**

Mario Marques Beato Sobrinho

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos para obtenção do título de Mestre em Construção Civil.

Área de concentração:

Sistemas Estruturais e Tecnologia de Sistemas Construtivos

Orientador:

Prof. Dr. Almir Sales.

São Carlos
Dezembro 2008

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

B369is

Beato Sobrinho, Mario Marques.

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 / Mario Marques Beato Sobrinho. -- São Carlos : UFSCar, 2009.

89 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2008.

1. Habitação popular. 2. Argamassa. 3. Fungos filamentosos. I. Título.

CDD: 690 (20^a)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Departamento de Engenharia Civil
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil

Via Washington Luís, Km 235 - CEP: 13.565-905 - São Carlos/SP/Brasil
Fone: (16) 3351-8262 - Ramal: 232 - Fax (16) 3351-8259
Site: www.ppgciv.ufscar.br Email: ppgciv@power.ufscar.br

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

No dia doze de dezembro de dois mil e oito, realizou-se a Defesa da Dissertação de Mestrado de **MARIO MARQUES BEATO SOBRINHO**, aluno regularmente matriculado no Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos/UFSCar. **Título: "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"** Com base no conteúdo do material apresentado e no desempenho do aluno durante a defesa, os integrantes da Banca Examinadora atribuíram ao candidato os seguintes conceitos:

Prof. Dr. Almir Sales (orientador)

Deptº de Engenharia Civil/PPGCIV/UFSCar

Conceito: A

Prof. Dr. Obede Borges Faria

Deptº de Engenharia Civil/Faculdade de Engenharia de Bauru/UNESP

Conceito: A

Prof. Dr. João Adriano Rossignolo

Deptº de Arquitetura e Urbanismo da EESC-USP

Conceito: A

De acordo com o § 1º do artigo 34º do Regimento Interno do PPGCIV, a Banca Examinadora considera o candidato:

Aprovado

Reprovado

*A Deus, pelo dom de minha vida e por todas as portas que me foram abertas em
minha trajetória.*

Aos meus Pais e meus irmãos, pelo incentivo e ajuda nos momentos mais difíceis.

*À minha noiva Adriana, pela compreensão, ajuda e dedicação para que eu
conseguisse realizar esse trabalho.*

Agradecimentos

*À Universidade Federal de São Carlos e ao
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil
pela oportunidade que me foi oferecida.*

*Ao orientador Prof. Dr. Almir Sales,
pela sua grande capacidade, competência de orientação e tolerância no decorrer de
todas as nossas reuniões.*

*A todos os professores do curso,
pelo ensinamento recebido.*

*A Solange (Sol, secretária, pela sua atenção e dedicação para com todos nós,
alunos do programa.*

*Aos amigos e colegas de profissão
que fizeram parte do andamento do curso de mestrado.*

Ao químico Alexsandro Mendes Zimer do DQ-UFSCar laboratório.

*Professora Vera Aparecida de Mello Fonseca pela grande ajuda na correção desse
trabalho.*

*A Secretaria da Saúde do Município de Pitangueiras por ter fornecido os dados
referentes so custos com internações do SUS para o tratamento de doenças respiratórias.*

*Ao amigo Salvador pela ajuda oferecida nas duvidas que surgiram durante o
andamento do trabalho.*

RESUMO

As tipologias construtivas das habitações de interesse social na cidade de Pitangueiras são construídas em sua maioria por sistema de alvenaria auto portante não armada, observando que os elementos cerâmicos mais utilizados são tijolos comum (tijolo maciço) ou furado, e como essas edificações são executadas sem qualquer acompanhamento técnico devido às condições sócio econômicas que as levam a esse caminho, elas acabam, por sua vez, a apresentar em os mais diversos tipos de manifestações patológicas. Das manifestações patológicas que se apresentam em habitações de interesse social, a umidade ascendente nos revestimentos de argamassa é uma das que mais se destaca devido, principalmente, à deficiência (ou inexistência) de impermeabilização nas fundações. No entanto, algumas doenças respiratórias são causadas por fungos originados nos bolores dos revestimentos de argamassa. O objetivo geral deste trabalho foi identificar os fungos existentes em revestimentos de argamassa em habitações de interesse social na cidade de Pitangueiras-SP. Além disso, buscou-se avaliar a permeabilidade dos revestimentos de argamassa utilizando o método do cachimbo, nas mesmas habitações estudadas. Os resultados obtidos foram de avaliar a permeabilidade nos revestimentos de argamassa utilizando método de ensaio do cachimbo (CSTC), classificando as habitações de interesse social analisadas como “doentes” ou “sãs”. A expressão “doentes” refere-se à habitações com manifestações patológicas e, o termo “sãs” significa habitações sem manifestações patológicas. Também foi possível identificar os tipos de fungos filamentosos presentes nos bolores dos revestimentos utilizando o método de análise microbiológica. Portanto é necessário que se tenha orientação técnica na execução das habitações de interesse social no que se refere principalmente ao sistema de impermeabilização das fundações e pintura dos revestimentos de argamassa, minimizando a ocorrência de doenças respiratórias relacionadas com as manifestações patológicas verificadas no presente estudo.

Palavras chave: habitações de interesse social, revestimentos de argamassa, fungos.

ABSTRACT

The construction of housing types of social concern in the city of Pitangueiras are built mostly by masonry system of self-supporting - not armed, noting that the ceramic elements mostly used are bricks (massive brick) or airbricks, and as these buildings are executed without any technical monitoring because of socioeconomic conditions that lead to this way, they eventually show all types of pathological manifestations.

Relating to the pathological manifestations that come from households of social concern, the humidity rising in mortared coatings is one that most stands out mainly due to disability (or absence) of sealing in the foundations. However, some respiratory diseases are caused by fungi arising in the mould of mortared coatings. The objective of this study was to evaluate the permeability of mortared coatings in inhabitations of social concern, both in places with evidence of mould in homes and apparently sound. Also, it was tried to identify the fungi and establish relations with the occurrence of respiratory diseases in their inhabitants.

The results were to assess the permeability in mortared coatings using method of testing the pipe (CSTC), classifying the homes of social interest, analyzed as "sick" or "sound". The term refers to "sick" with pathological manifestations and housing, the term "sound" healthy housing problems without pathological manifestations. It was also possible to identify the types of filamentous fungi present in the mould of coatings using the method of microbiological analysis.

So it's necessary to have technical guidance in implementing the housing of social concern as regards mainly the system of sealing the foundations of painting and mortared coatings, minimizing the occurrence of diseases related respiratory to pathological manifestations found in this study.

Key words: *households of social concern, mortared coatings, fungi.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Foto que ilustra o detalhe arquitetônico de pingadeira. Dias (2003)	38
Figura 2.2 – Foto que ilustra a pingadeira na parte superior da edificação.....	39
Figura 2.3 – Detalhe construtivo dos peitoris: a) com avanço; b) sem avanço. Souza <i>et al.</i> (2005)	39
Figura 2.4 – Algumas soluções de projeto dificultam a remoção imediata do vapor para o exterior, fazendo com que as superfícies das paredes e forro fiquem umedecidas, particularmente nos períodos de chuva, quando as janelas são mantidas totalmente fechadas. Adaptado de Alucci <i>et al.</i> (1988).	43
Figura 2.5 – O alinhamento de portas e janelas pode dificultar a circulação do ar pelos ambientes, facilitando o aparecimento e proliferação do bolor. Adaptado de Alucci <i>et al.</i> (1988).....	44
Figura 2.6– Cachimbo de vidro conforme especificação do Centre Scientifique et Technique de la Construction – CSTC. Polisseni (1986)	50
Figura 3.1– Delineamento experimental.....	53
Figura 3.2– Casas com evidências de bolor – casa 1 (a), casa 2 (b) e casa 3 (c).....	55
Figura 3.3– Casas aparentemente sãs – casa 4 (a), casa 5 (b) e casa 6 (c).....	55
Figura 3.4– Coleta utilizando “swab” na casa 6, denominada casa aparentemente sã	57
Figura 3.5- Coleta do material analisado. Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente. Shirakawa <i>et al.</i> (1995).....	58
Figura 3.6– Semeadura do material analisado. Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente. Shirakawa <i>et al.</i> (1995).....	59
Figura 3.7– Isolamento das colônias. Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente. Shirakawa <i>et al.</i> (1995).....	60
Figura 3.8– Identificação dos fungos. Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente. Shirakawa <i>et al.</i> (1995).....	61
Figura 3.9– Amostra do revestimento de argamassa da casa 1, denominada casa com evidência de bolor.....	61
Figura 3.10– Microscópio ótico invertido com sistema digital de captura e processamento de imagem fotografadas ou filmadas.....	62

Figura 3.11– Materiais e equipamentos para execução do método do cachimbo.	63
Figura 3.12– Fixação do cachimbo de vidro sobre o revestimento de argamassa	64
Figura 3.13– Preenchimento com água no cachimbo utilizando: pisseta (a); conta gotas (b).	64
Figura 4.1– Presença de fungos no revestimento de argamassa das habitações estudadas microscopia ótica (400 x) de revestimento com evidência de bolor	66
Figura 4.2– Presença de fungos no revestimento de argamassa das habitações estudadas representação em 3D da microscopia.	67
Figura 4.3– Presença de fungos no revestimento de argamassa das habitações estudadas em tubo de ensaio após semeadura realizada na análise microbiológica.....	67
Figura 4.4– Resultados do ensaio do cachimbo das casas com evidencias de bolores.....	69
Figura 4.5– Resultados do ensaio do cachimbo das casas aparentemente sãs.....	70
Figura 4.6 – Planta Baixa da casa 2 (casa com evidencia de bolor).....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Tipos, locais de formação, causas e reparos para eflorescência. Uemoto (1988)	41
Tabela 2.2 – Tipos de Métodos de penetração de água.	48
Tabela 4.1 – Resultados dos ensaios de permeabilidade da casa 1	68
Tabela 4.2 – Planilha de custos de materiais utilizado na casa 2.	72
Tabela A.1 – Resultados dos ensaios de permeabilidade da casa 1	84
Tabela A.2 – Resultados dos ensaios de permeabilidade da casa 2	85
Tabela A.3 – Resultados dos ensaios de permeabilidade da casa 3	86
Tabela A.4 – Resultados dos ensaios de permeabilidade da casa 4	87
Tabela A.5 – Resultados dos ensaios de permeabilidade da casa 5	88
Tabela A.6 – Resultados dos ensaios de permeabilidade da casa 6	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	American Society for Testing Materials
BSI	British Standards Institution
CSTB	Centre Scientifique du Bâtiment
CSTC	Centre Scientifique et Technique de la Construction
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas

SUMÁRIO

Resumo	5
Abstract.....	6
LISTA DE FIGURAS.....	7
Lista de tabelas.....	9
Lista de ABREVIATURAS E SIGLAS	10
Sumário	11
1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa.....	15
1.2 Objetivos	16
1.3 Estrutura da dissertação	16
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	17
2.1 Durabilidade de edificações	17
2.2 Incidências de manifestações patológicas em edificações	18
2.3 Principais formas de manifestação de umidades nas edificações	20
2.3.1 Umidade do solo.....	20
2.3.2 Umidade de construção.....	22
2.3.3 Umidade de precipitação	23
2.3.4 Umidade de condensação.....	24
2.3.5 Umidade devido a fenômenos de higroscopicidade	25
2.3.6 Eflorescência	25
2.3.7 Umidade devido a outras causas	29
2.4 Principais manifestações patológicas relacionadas com a umidade em revestimentos de argamassa	29
2.5 Biodeterioração	32
2.5.1 Biofilme.....	32
2.5.2 Microorganismos	33
2.5.3 Bolor	36

2.6	Recomendações para a melhoria da durabilidade dos revestimentos de argamassa em edificações	41
2.7	Métodos de ensaio de penetração de água em revestimentos de argamassa.....	48
	Método do cachimbo	49
2.8	Incidência de reações alérgicas relacionadas à ocorrência de manifestações patológicas nos revestimentos em habitações de interesse social.....	51
3.	DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL	53
3.1	Objeto de Estudo.....	54
	3.1.1 Levantamento de dados sociais das residências analisadas.....	54
	3.1.2 Tipologias das residências analisadas	54
3.2	Procedimento Experimental	56
	3.2.1 Roteiro para análise de microbiologia dos revestimentos de argamassa nas habitações analisadas	57
	3.2.2 Análise de Microscopia de Revestimento.....	61
	3.2.3 Execução do ensaio do método do cachimbo	63
4.	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	66
4.1	Análise de microbiologia dos revestimentos de argamassa	66
4.2	Análise do ensaio do método do cachimbo.....	67
	4.2.1 Casas com evidências de bolores.....	69
	4.2.2 Casas aparentemente sãs.....	69
4.3	Análise comparativa dos custos do tratamento de doenças respiratórias versus custos de intervenção nas edificações estudadas.....	71
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
6.	REFERÊNCIAS.....	75
	ANEXO 1 - RESULTADOS DA ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DOS REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA.....	80
	1.1 Resultados das casas 1, 2 e 3 – evidências de bolor	80
	1.2 Resultados das casas 4, 5 e 6 – aparentemente sãs	81

ANEXO 2 – CUSTOS COM INTERNAÇÕES DO TRATAMENTO DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS.....	82
2.1 Internações SUS dos residentes em Pitangueiras – São Paulo	82
ANEXO 3 – ORÇAMENTO DE MATERIAS	83
3.1 Orçamento de materiais utilizados na execução da impermeabilização da fundação e pintura dos revestimentos de argamassa da casa 2.....	83
APÊNDICE 1 – TRABALHO EXPERIMENTAL (PLANILHAS)	84
1.1 Planilha de coleta de dados utilizado nas casas analisadas – casas com evidencias de bolores	84
1.2 Planilha de coleta de dados utilizado nas casas analisadas – casas aparentemente sãs	87

1. INTRODUÇÃO

Os tipos de habitações de interesse social construídas no interior do estado de São Paulo, em específico na cidade de Pitangueiras, têm mostrado em seu sistema estrutural a predominância do sistema de alvenaria auto portante não armada, observando que os elementos cerâmicos mais utilizados são tijolos do tipo comum (tijolo maciço) ou furado.

Vale lembrar também que as condições sócio-econômicas dos países subdesenvolvidos, como é o caso do Brasil, fez com que as obras fossem executadas, de maneira geral, com menor rigor no controle dos materiais e serviços, muitas vezes utilizando mão de obra menos qualificada.

A existência de manifestações patológicas nestes tipos de moradias são evidenciadas geralmente como problemas que venham a causar a degradação nos elementos que compõem as alvenarias, como os blocos, argamassa e armaduras. As manifestações patológicas mais comuns que se manifestam nas paredes são as fissuras ou trincas, eflorescência (manchas), penetração de águas (umidade), deslocamentos dos revestimentos (geralmente reboco) e alterações químicas dos componentes.

Estes tipos de edificações são executados, na maioria dos casos, sem qualquer acompanhamento de profissional habilitado, ou seja, não possuem projetos e nem especificações dos materiais a serem utilizados na execução, e com isso essas moradias tendem a apresentar manifestações patológicas dos mais diversos tipos, comprometendo, portanto a sua durabilidade e vida útil. Das manifestações patológicas que se apresentam em habitações de interesse social, a umidade ascendente nos revestimentos de argamassa é uma das que mais se destaca devido principalmente à deficiência (ou inexistência) de impermeabilização nas fundações. No entanto, pessoas com doenças respiratórias causadas por fungos originados nos bolores dos revestimentos de argamassa nas habitações de interesse social desconhecem que o agente causador está no próprio revestimento.

A não eliminação das manifestações patológicas poderá comprometer a durabilidade dos materiais e componentes das alvenarias, levando com isso a custos altíssimos para sua recuperação ou até mesmo em alguns casos, troca de alguns elementos devido ao seu elevado estado de degradação. Em relação as manifestações patológicas provenientes de bolores que causam doenças respiratórias aos ocupantes das habitações, é importante salientar que essas anomalias também geram custos para a área da saúde com o tratamento de tais doenças, além do prejuízo social gerado pela diminuição da produtividade dos moradores em suas atividades profissionais.

É importante salientar que alguns tipos de manifestações patológicas das construções interferem diretamente nas edificações em aspectos que podem ser um aviso de um possível estado perigoso para a estrutura, comprometimento do desempenho da obra em relação à durabilidade e/ou estanqueidade e causando também, um impacto psicológico aos usuários que convivem com essa anomalia.

Apesar da existência de pesquisas na área de patologia das construções disponíveis na literatura nacional e internacional, há pouca informação a respeito da relação da permeabilidade e ocorrência de fungos em revestimentos de argamassa em habitações de interesse social. Portanto, verifica-se que há uma grande necessidade de propor ações para a melhoria da durabilidade destes tipos de construções, lembrando que elas representam um percentual muito alto no cenário das habitações existentes no Brasil.

1.1 Justificativa

Dentro deste contexto, o presente trabalho contribuiu para se identificar e qualificar a incidência de manifestações patológicas relacionados à umidade ascendente em revestimentos de argamassa de paredes em habitações de interesse social, uma vez que estes tipos de habitações apresentam maior quantidade de manifestações patológicas em relação às edificações de médio e alto padrão, visto que as condições sócias econômicas das habitações de interesse social direcionam para esse caminho.

A partir da identificação e qualificação, foram propostas ações que contribuiriam para eliminar ou minimizar a ocorrência dessas manifestações patológicas permitindo que a habitação de interesse social tenha uma durabilidade adequada. Sabe-se também que as manifestações patológicas relacionados à falta de impermeabilização de paredes, principalmente as internas, é um grande referencial para colonização de bolores e mofos que são os principais causadores das doenças respiratórias, devido a presença e o desenvolvimento de microorganismos que pertencem ao grupo dos fungos. Portanto, para que se tenha uma melhoria da qualidade de vida das pessoas que habitam esses locais é necessário eliminar esses tipos de anomalias.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho foi identificar os fungos existentes em revestimentos de argamassa em habitações de interesse social na cidade de Pitangueiras-SP.

Além disso, buscou-se avaliar a permeabilidade dos revestimentos de argamassa utilizando o método do cachimbo, nas mesmas habitações estudadas.

1.3 Estrutura da dissertação

O presente trabalho está organizado nos seguintes capítulos:

No presente capítulo estão apresentados as justificativas para o desenvolvimento do trabalho e os objetivos.

No capítulo 2 será apresentado a revisão da literatura Nacional e Internacional relacionada ao tema de pesquisa estudado.

No capítulo 3 será descrito o desenvolvimento experimental utilizado para a obtenção **Erro! Nenhuma entrada de índice remissivo foi encontrada.**No capítulo 4 serão apresentadas as análises dos resultados obtidos em campo e em laboratório.

No capítulo 5 serão demonstradas todas as considerações finais da pesquisa.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste item serão tratados os principais aspectos relacionados à durabilidade das edificações, incidências de manifestações patológicas e recomendação para melhoria da durabilidade dos revestimentos de argamassa das habitações estudadas, considerando a literatura nacional e internacional.

2.1 Durabilidade de edificações

A durabilidade pode ser definida como a capacidade de um produto conseguir manter nas condições previstas de sua utilização durante a sua vida útil, o seu desempenho acima dos valores mínimos estabelecidos, observando-se que o desempenho previsto deverá ser prejudicado quando ocorrer alterações físicas ou químicas, provocando com isso diminuição gradual de uma ou mais propriedades de materiais, componentes e subsistemas das edificações, quando exposto à ação de agentes do meio ambiente.

Para Dias e Jonh (2005) a durabilidade dos diversos tipos de componentes de construção pode ser determinada com o envelhecimento em uso, ou avaliada com o envelhecimento natural ou acelerado.

A durabilidade segundo, Flauzino e Uemoto (1981), é definida como a capacidade de um produto manter suas propriedades ao longo do tempo sob condições normais de uso. Esta durabilidade está associada à vida útil do produto, que é o período de tempo na qual permanecem acima dos limites mínimos admissíveis, quando são submetidos aos serviços normais de manutenção.

Segundo Potty (1996) citado por Martins e Djanakian (1999) as argamassas de revestimento quando em sua composição for utilizada a adição de solos finos como filito, caulim, argila e saibro, com o intuito de melhorar a aderência da mesma, deve-se ter um critério muito rígido, ou seja, não empregar esses materiais em grande quantidade, para que não ocorra uma retração hidráulica acentuada, podendo gerar fissuras, aumentar a permeabilidade e conseqüentemente reduzir a sua durabilidade.

Os autores também enfatizam sobre o estado endurecido das argamassas, gerando uma grande preocupação com a aderência dessas devido à possibilidade de descolamento do substrato durante a sua vida útil, prejudicando a durabilidade do revestimento da alvenaria com a infiltração de água e outros agentes agressivos.

Para Maciel (1997) a durabilidade dos revestimentos de argamassa está relacionada com a propriedade no período de uso do revestimento, sendo que essas propriedades resultam do revestimento no seu estado endurecido e repercutem no desempenho desse,

mediante as ações do seu meio ao longo do tempo. A durabilidade dos revestimentos poderá ser afetada por fatores como: espessuras excessivas; fissuras que se manifestam; colônias e proliferação de microorganismos; manutenção inadequada; qualidade da própria argamassa.

2.2 Incidências de manifestações patológicas em edificações

Rocha *et al.* (2006) definem patologia das construções com semelhança a Ciência Médica, sendo o ramo da Engenharia, o que estuda os sintomas, os mecanismos de ocorrência, as causas e as origens das doenças ou defeitos que podem vir a ocorrer nas construções, sendo que a importância dessa ciência é caracterizada pelo seu grande potencial de dados obtidos pela análise dos problemas que ocorrem, evitando assim que esses problemas venham a se repetir, contribuindo para um melhor controle de qualidade no processo de construção de novas edificações, através de identificações das principais falhas que originam as manifestações patológicas e aplicando conhecimentos adquiridos na resolução de futuros problemas.

Ioppi e Arruda (1994) classificam patologia das construções como sendo o campo da engenharia que estuda as causas, os sintomas (ocorrências) e a natureza das doenças que afetam as construções, denominando essas doenças de manifestações patológicas, problemas esses que acabam comprometendo o desempenho dos materiais, conseqüentemente, influenciando nas exigências definidas para os usuários no que refere a segurança, habitação e economia.

Para Ioshimoto (1988), as manifestações patológicas nas edificações originam-se nas fases de planejamento, projeto, fabricação de materiais e/ou componentes, execução ou uso, sendo que a ocorrência pode estar relacionada com o nível de controle de qualidade realizado em cada uma das fases e compatibilizando as mesmas. Dessa maneira, o estudo dos problemas que se manifestam nas edificações quando identificados na sua fase de origem, contribuem para que em obras futuras sejam tomadas medidas preventivas que evitariam outras manifestações patológicas, sabendo que esses contribuem para um prejuízo financeiro quanto a sua correção.

Barros *et al.* (1997), definem uma metodologia de abordagem das manifestações patológicas que ocorrem nos revestimentos, embasada nos trabalhos de Lichtenstein (1985), podendo ser adaptada e desenvolvida para cada situação específica e seguindo as seguintes propostas: levantamento de subsídios, diagnóstico da situação, definição da conduta e registro do caso.

Para Thomaz (1990), a patologia das construções é a ciência que busca de forma metodológica, estudar os defeitos dos materiais, componentes, elementos ou da edificação de forma global, buscando diagnosticar suas causas e estabelecer os mecanismos de evolução das formas de manifestar, das medidas de prevenir e recuperar. O autor também comenta que as alvenarias, em função da natureza de seus componentes, geralmente apresentam um bom comportamento quanto às solicitações de compressão, ao contrário, o mesmo não ocorre quanto às solicitações de tração, flexão e cisalhamento, lembrando que as tensões de tração e cisalhamento são responsáveis por quase todos os tipos de fissuras nas alvenarias, sendo elas estruturais ou não.

Lichtenstein (1986) afirma que a prática dos profissionais para solucionar as manifestações patológicas é caracterizada pela falta de uma metodologia universal aceita no ramo da engenharia, prevalecendo muitas vezes as intuições pessoais de cada um, sendo difícil de transmiti-las. As habilidades e a arte das manifestações patológicas das construções não podem ser expressas, mas transmitidas aqueles que possuem uma percepção íntima, lembrando que em muitas delas a habilidade consegue prevalecer métodos.

Segundo Lordsleem e Franco (1998), as fissuras são entendidas como manifestações patológicas originadas do alívio das tensões entres as partes de um único elemento ou entre dois elementos. Ela se constitui em um problema tão antigo como a própria existência da edificação. As fissuras que mais afetam a durabilidade não são aquelas relacionadas com a estabilidade das alvenarias ou um estado limite de fissuração, mas as que permitem a penetração de água através das juntas ou fissuras que por suas características venham trazer prejuízos aos requisitos estabelecidos das exigências dos usuários de ordem psicológico e social.

Ainda segundo Lordsleem e Franco (1998) as fissuras possuem aberturas indefinidas ao longo do tempo que pode ocorrer em decorrência das variações térmicas e higroscópicas da alvenaria e do próprio revestimento, verificando que a capacidade de deformação é a propriedade mais solicitada dos sistemas de recuperação, portanto, mesmo conhecendo as características individuais dos materiais constituintes dos sistemas de recuperação, é importante salientar que a capacidade de deformação do conjunto é assunto pouco conhecido ainda.

Segundo Bauer (1997), citado em Barros *et al.* (1997), os deslocamentos dos revestimentos se apresentam em extensão variável, sendo que a perda de aderência é ocasionada pelos seguintes fatores: por empolamento devido à ocorrência das expansões na argamassa, função esta da hidratação posterior de óxidos; em placas onde o

deslocamento ocorre pela deficiência de aderência entre as camadas do revestimento ou das mesmas com a base; e por pulverulência, onde é observado a desagregação e conseqüentemente o esfarelamento da argamassa quando pressionada pelas mãos, destacando também a película de tinta juntamente com a argamassa desagregada.

2.3 Principais formas de manifestação de umidades nas edificações

Silva (2007) menciona que para ocorrer o transporte de água na edificação tanto em estado líquido como gasoso é necessária a existência de poros abertos ou fissuras presentes em revestimentos.

O transporte de vapor de água pelo interior de um material poroso se dá pela diferença de pressão de vapor de regiões do material, sendo que o fluxo sempre ocorre da maior para menor pressão, até que se chegue o equilíbrio entre elas, processo esse denominado difusão. Já pelo estado líquido, a transferência se dá pela capilaridade que é um fenômeno que resulta da ação que a água causa no interior dos poros de um determinado material.

De acordo com Streeter (1961) citado por Duailibe (2008) a capilaridade é um fenômeno que ocorre devido às forças de coesão e adesão de um líquido, sendo essas forças de atração molecular. A coesão auxilia o líquido a resistir às tensões de tração e, as forças de adesão beneficiam a aderência a outro corpo. A água tem forças de coesão menores que as forças de adesão, fazendo assim que o líquido molhe a superfície sólida que está em contato e, conseqüentemente aumenta o ponto de contato com a superfície sólida.

Para Ioshimoto (1988), a grande incidência de umidade acontece devido à infiltração, independente da idade da construção. Nas habitações as infiltrações acontecem principalmente pelos caixilhos, portas e, menos freqüente em paredes. Outro problema relacionado à uma umidade acidental decorre de tubulações furadas e reservatório com vazamentos.

Dentre as diferentes formas de manifestações da umidade destacam-se a umidade provinda do solo, da construção, da precipitação, da condensação, de fenômenos higroscópicos e de outras causas, conforme podemos demonstrar a seguir.

2.3.1 Umidade do solo

Nappi (1995) esclarece que problemas específicos de umidade nas paredes de subsolo e pavimentos térreos são muitas vezes causados pelas águas do solo. Hoje, a

maioria dos materiais utilizados nas construções possuem uma capilaridade elevada, fazendo com que a água possa penetrar, na falta de qualquer obstáculo que impeça a sua ascensão.

A elevação da água nas paredes é inversamente proporcional ao diâmetro dos seus poros, ou seja, quanto menor seu diâmetro maior é a altura que a água poderá atingir. A quantidade de água que está em contato com a parede, as condições de evaporação desta água através da própria parede, a sua espessura, sua orientação magnética e o período da construção são fatores que também determinam a ascensão da água.

Em geral, a elevação da água na parede acontecerá até o nível em que a quantidade de água evaporada seja igual à absorvida pelo solo, por exemplo, quando se impermeabiliza uma parede diminuem as condições de evaporação, sendo que, teoricamente, aumenta o nível de umidade na parede até o ponto em que haja um equilíbrio.

Silva (2007) também menciona que através da capilaridade a elevação da água na parede se torna estável no instante que a água evaporada for igual à absorvida do solo.

Nappi (1995) afirma que quanto maior for a espessura da parede mais elevada será a altura atingida pela umidade, pois, maior é a quantidade de água a ser evaporada.

No terreno e nos materiais de construção existem sais que são dissolvidos pela água e levados até as paredes para níveis mais elevados. Ao evaporar, haverá cristalização (fenômeno da eflorescência) destes sais que fecharão os poros existentes, minimizando a permeabilidade e aumentando o nível da umidade. Quando a umidade for provida de água de terreno, pode ser identificado o aparecimento de manchas nas regiões junto ao solo. Muitas vezes, na superfície acima destas, aparecem manchas de bolor, criptoflorescências ou eflorescências ou vegetação parasitária, principalmente em local de pouca ventilação.

Silva (2007) reforça que o aparecimento de manchas ocasionadas pela ação dos agentes bióticos são manifestações patológicas provenientes da umidade de terreno nas paredes dos andares térreos. Outra manifestação é provocada através do fenômeno da capilaridade, onde a passagem de substâncias químicas presentes no solo podem originar alterações no pH das superfícies protetoras das armaduras e até o aparecimento de corrosões.

Nappi (1995) relata que as águas freáticas e águas superficiais são dois tipos de fontes de alimentação de água às paredes, proporcionando a cada uma diferentes sintomas e possíveis resultados.

Durante todo o ano os fenômenos mostram-se sem alterações quando a umidade é originada de águas freáticas, isto porque o tipo de fonte de alimentação está ativo no

período inteiro, além da altura das manchas de umidade consistir em todas as paredes, sendo maiores nas interiores e menores nas exteriores em função do estado de evaporação.

O contrário acontece quando a umidade é ocasionada pelas águas superficiais, onde os fenômenos variam durante o ano, a elevação da umidade pode alternar de parede para parede sendo de nível mais elevado nas exteriores que nas interiores na medida que estão mais distantes das fontes de alimentação.

Araújo (2003) menciona também que as características da umidade provida por água de terreno pode ser alimentada pela água dispersa no terreno ou pela camada freática.

Quando o dano for causado por água dispersa é possível notar no edifício seus efeitos, porém determinar sua origem é mais difícil. Muitas vezes é identificado numa parte específica ou num grupo de edifícios vizinhos. Este dano pode ser consequência de perdas nas canalizações, aquedutos, poços, ou água pluvial que causam o encharcamento do terreno em contato com as paredes das fundações. Para uma melhor identificação deste dano é necessário efetuar escavações ao redor do perímetro da parede úmida, controlar os poços, as cisternas e os esgotos vizinhos além de verificar se a água das chuvas é corretamente escoada.

Quanto à água provida pela camada freática, percebe-se que há maior facilidade na penetração dela em um terreno permeável, mas, acontece o contrário se o terreno for impermeável, como por exemplo, um banco de argila saturada, pois assim, a água fica acumulada, constituindo em um “rio subterrâneo” também chamado de toalha freática.

2.3.2 Umidade de construção

Para Nappi (1995), a água é necessária na confecção e execução de quase todos os materiais utilizados em construções, até mesmo na execução da obra os materiais e o edifício estão sujeitos ao contato direto com águas pluviais o que aumenta mais a proporção da umidade nestes materiais.

Silva (2007) complementa ainda que a umidade da construção é aquela oriunda na fase da obra.

De acordo com Nappi (1995), mesmo a água evaporando rapidamente, parte dela demora muito tempo para desaparecer. Em três fases diferentes é realizado o processo de secagem de materiais porosos, sendo que na primeira fase há evaporação somente da água superficial, na segunda fase a água existente nos poros de maiores dimensões é liberada mais lentamente e por fim, na terceira fase, o método de evaporação da água contida nos poros menores pode acontecer ao longo de vários anos devido o processo ser muito demorado. De maneira geral, as anomalias devidas a este tipo de umidade acabam num

breve período de tempo, que depende das características e do tipo de utilização do edifício e do clima que está localizado.

Para Silva (2007), as fissuras originadas no processo de retração de argamassas e concretos destacam-se como principais anomalias que resultam da umidade de construção, em que na sua grande maioria são ocasionadas por um controle menos rigoroso no desenvolvimento e execução de cura dos materiais, gerando modificações irreversíveis.

2.3.3 Umidade de precipitação

Nappi (1995) menciona que a chuva, quando seguida de ventos pode ocasionar problemas para a construção gerando uma ação horizontal maior quanto mais forte for sua intensidade.

Para Silva (2007), a infiltração de água nas paredes ocorre de quatro formas sendo descritas a seguir como A, B, C e D.

(A) Ocorre no início de chuvas ou chuvas com pequena intensidade, quando a infiltração superficial da parede se desenvolve através da pressão exercida pela capilaridade.

(B) A penetração da água ocorre após um determinado tempo, devido os poros superficiais estarem saturados.

(C) A absorção ocorre quando se tem aumento da quantidade de água, de maneira que a lâmina deverá ter um fluxo lento sobre a parede saturada.

(D) A lâmina de água tem fluxo mais rápido devido à ocorrência de chuvas mais intensas, o que facilita o escoamento da água e a penetração. Quando o escoamento é mais lento, significa que a superfície é mais rugosa, porém, maior é a absorção de água.

Nappi (1995) afirma também que nas paredes a ação da chuva pode assumir diversos componentes. A energia cinética das gotas de água pode facilitar a absorção direta, sempre que haja ocorrência dessas gotas nas fissuras ou em juntas não estanques. Com a permanência da chuva, é possível que forme uma pele de água que, ao deslizar pela parede, pode transpor nela por gravidade, como consequência da sobrepressão provocada pelo vento ou por ação da capilaridade dos materiais.

O surgimento de manchas de umidade de tamanhos diversos nos revestimentos interiores das paredes exteriores, são as formas como as anomalias se manifestam, em analogia com a ocorrência de precipitações, que tendem a sumir quando terminam a época de chuva, contudo, a ocorrência de bolores, eflorescências e criptoflorescências podem acontecer quando houver períodos extensos.

Para Araújo (2003), nas construções mais antigas, em especial às que já estão em estado avançado de envelhecimento, a umidade proveniente de infiltrações de chuva está sempre presente nas alvenarias. O autor afirma que através da pressão do vento e principalmente pela capilaridade dos materiais, a água da chuva penetra horizontalmente nas paredes. A absorção pode também ocorrer através dos telhados arruinados devido à degradação do seu vigamento em madeira ou pelas telhas quebradas e fora do lugar. Outra causa de infiltração está nas fissurações e nas degradações de elementos de superfícies horizontais, tais como, molduras, degraus, soleiras, vergas de portas e janelas, formadas por pedra rija, que facilita a penetração de água por ruptura conseqüente de movimentos da construção ou por ruína das juntas e das superfícies de assentamento em argamassa que apresentam em sua maioria um envelhecimento precoce devido a perdas de coesão e de consistência. A separação entre juntas de argamassa e os elementos em pedra, também são causas de infiltrações pelas variações térmicas e pelos movimentos de assentamento.

2.3.4 Umidade de condensação

Segundo Mendonça (2005), o problema relativo à umidade de condensação é dito como a doença moderna dos edifícios, tornando-se mais freqüentes devido a mudanças tecnológicas e econômicas, pois hoje se despreza a correta ventilação dos espaços, e os custos de construção são reduzidos, fatos estes que justificam o aumento da quantidade de umidade presente no interior dos edifícios.

O ar é uma mistura gasosa em que um dos componentes é vapor de água. A quantidade máxima de vapor de água que o ar pode conter é chamada de limite de saturação, que varia de acordo com a temperatura, aumentando ou diminuindo quando a temperatura do ar aumenta ou diminui. A umidade absoluta é a quantidade de vapor de água que o ar contém. Entende-se por umidade relativa do ar (HR) a relação percentual entre a umidade absoluta (W) e a umidade do limite de saturação (WS), dado por:

$$Hr = W/WS$$

onde podem ser analisadas num diagrama chamado diagrama psicrométrico.

Para Nappi (1995), quando o valor da umidade absoluta se iguala ao de umidade de saturação, refere que o ar se encontra em seu limite de saturação 100%.

De modo geral, no interior dos edifícios é onde ocorre a condensação de vapor, juntamente com os revestimentos das paredes exteriores, pois geralmente, nestas fases a temperatura está abaixo a do ar ambiente, provocando o aumento da umidade relativa do ar na camada de contato com a parede, o que ocasiona as condensações.

Ainda segundo Mendonça (2005), as condensações superficiais apresentam-se inicialmente nas zonas onde o isolamento térmico é menor, estendendo-se em outras zonas, caso a ventilação e o isolamento forem insuficientes. A ocorrência de condensações também pode ocorrer devido às condições de utilização e temperatura ambiente interior.

2.3.5 Umidade devido a fenômenos de higroscopicidade

Para Henriques (2003), os sais solúveis em água existentes em materiais de construção e em solos ricos em matéria orgânica, causam um dos tipos de anomalias de mais difícil correção. Esses sais podem absorver umidade tanto em estado líquido como gasoso e só dissolvem e perdem essa umidade quando em contato com ambientes secos recristalizando. O valor da umidade relativa para verificar o processo de dissolução e cristalização é variável em função do tipo de sal, do seu grau de pureza e combinação com outros tipos de sais, sendo este o fator que determina a redução do nível de umidade relativa necessário para ocorrer a dissolução.

Para Nappi (1995), quando existe umidade, os sais desagregam-se e deslocam-se juntamente com a água até a superfície, onde se cristalizam, sendo que esse processo de transição entre as fases de dissolução e cristalização gera um aumento de volume do sal, provocando a deterioração da superfície onde está depositado. O fenômeno chamado criptoflorescência acontece quando a cristalização se manifesta no interior da superfície, já a eflorescência se dá no ambiente exterior.

Os cloretos, os nitratos e os sulfatos são sais que estão freqüentemente associados nos edifícios.

O aparecimento de manchas de umidade em locais de forte concentração de sais são caracterizados pelas anomalias provenientes da higroscopicidade, sendo que em alguns casos também está ligado a degradação dos revestimentos da parede.

2.3.6 Eflorescência

Thomaz (1990) define por eflorescência um depósito de sal que se acumula na superfície de um produto, sendo que a composição e o aspecto dependem do tipo de sal que é depositado. Geralmente o acúmulo de sal nas superfícies dos componentes de alvenarias se dá pela evaporação de água da solução saturada de sal que se percola através do material.

A eflorescência é causada geralmente pela combinação dos fatores abaixo:

- a) Água presente para dissolver e transportar os sais solúveis até a superfície de componentes de alvenarias;
- b) Quantidade de sais solúveis que eventualmente estão presentes nos componentes de alvenarias e/ou na argamassa de assentamento ou nos revestimentos de argamassa;
- c) Atuação de pressão hidrostática ou a evaporação que submete a solução se aflorar na superfície da parede.

Uemoto (1988) também define o termo eflorescência como formação de um depósito de sal nas superfícies de alvenaria, devido à exposição desta a intempérie. Geralmente é considerada como um dano devido à alteração da aparência do elemento no qual se deposita.

Menezes *et al.* (2006) classifica eflorescência como depósito salino que se acumula em peças cerâmicas queimadas, sendo a água o agente transportador dos sais solúveis. O termo eflorescências denominada pelos autores pode ser dividido em subeflorescências (criptoflorescências) e eflorescências. Classificando-as melhor, as subeflorescências são eflorescências que não são visíveis, ou seja, a formação dos depósitos salinos ocorre sob a superfície da peça, e tratando-se das eflorescências, os depósitos de sais se formam na superfície dos produtos cerâmicos. Quando a cristalização acontece no interior dos materiais, nos poros e rede capilar, podem ocorrer esforços mecânicos consideráveis que como consequência causarão danos quanto à durabilidade e resistência dos materiais, ao contrário quando a cristalização é formada na superfície dos materiais, apenas é causada a degradação estética no produto cerâmico.

Dias (2003) distingue também o termo eflorescência e criptoflorescência. As eflorescências são caracterizadas com o aparecimento de manchas, depósitos esbranquiçados e pulverulentos na superfície de argamassas, concretos, alvenarias, materiais cerâmicos, e outros, sendo que esses depósitos esbranquiçados são sais cristalizados de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalinos terrosos (cálcio e magnésio), conforme Figura 2.1.



Figura 2.1 – Eflorescência, gerando depósitos esbranquiçados e pulverulentos na superfície

As criptoflorescências são formações salinas que ficam ocultas, ou seja, a cristalização não é superficial, como é o caso das eflorescências que se afloram. WILSON (1984) citado por DIAS (2003) comenta que a criptoflorescência não é tão fácil de ser detectada como a eflorescência, em contrapartida causa maiores danos aos componentes, como é o caso de sais que ao se cristalizarem aumentam de volume, em consequência geram tensões internas que deterioram os revestimentos, conforme Figura 2.2.



Figura 2.2 – Criptoflorescência, deslocamento de película de tinta e camadas de revestimento

Uemoto (1988) faz a classificação da eflorescência em três tipos, sendo I, II e III. A do tipo I é mais comum e se provém como um depósito de sal branco, bastante solúvel em

água e pulverulento. Ela ocorre geralmente nas superfícies de alvenaria aparente ou revestimentos de argamassa, juntas de assentamentos, peças cerâmicas, locais próximos a esquadrias não estanques, e juntas de revestimentos cerâmicos esmaltados. Essa patologia geralmente prejudica mais em termos de aparência do que a durabilidade do componente (Figura 2.3).



Figura 2.3 – Ocorrência de eflorescência, com depósito de sal branco sobre revestimento cerâmico de fachada. Padilha *et al.* (2007)

Entretanto se o acumulo de sais ocorrer entre a interface alvenaria/pintura a película de tinta pode se destacar.

A do tipo II é evidenciada pelo surgimento de um depósito de cor branca com aparência de escorrimento, pouco solúvel em água e com alta capacidade de fixação. Ocorre efervescência quando esses depósitos de sais entram em contato com ácido clorídrico. Geralmente esses sais se localizam nas regiões sobre a superfície ou próxima a elementos de concreto, menos freqüentes sobre as superfícies de alvenaria.

A eflorescência do tipo III é caracterizada como um depósito de sal branco entre juntas de alvenaria aparente, quando as mesmas apresentam fissuras decorridas da hidratação do sulfato de cálcio existente em elementos de alvenaria ou reação tijolo-cimento, sendo que a ocorrência desse tipo patologia não é muito freqüente.

2.3.7 Umidade devido a outras causas

Para Nappi (1995), as causas mais habituais deste tipo de umidade são o rompimento de canalizações de água, esgoto ou águas pluviais, resultante de coberturas ou acabamentos destes.

Geralmente as causas decorrentes deste tipo de umidade são caracterizadas por condições específicas, em relação a sua localização e decorrem normalmente em falhas de equipamentos ou defeitos de construção decorrentes de acidentes ou falta de manutenção.

2.4 Principais manifestações patológicas relacionadas com a umidade em revestimentos de argamassa

Para Nappi (1995), a umidade que se manifesta nas paredes é um dos problemas que mais acontecem nas edificações, contribuindo para geração de conseqüências quanto à insalubridade do ambiente, desconforto íntimo para o usuário, além da acelerada degradação dos materiais. Geralmente, os trabalhos de recuperação são calcados em diagnósticos imprecisos, não solucionando os problemas e também não conseguindo eliminar as reais causas, que na maioria dos casos tem o retorno dos problemas. Com isso, o conhecimento das formas de manifestação de manifestações patológicas devido à umidade é um dado importantíssimo para que se consiga identificar com maior precisão as causas e conseqüentemente propor ações para a solução dos problemas gerados.

Para Maciel (1997) as manifestações patológicas mais freqüentes em revestimentos de argamassa são:

- a) Deslocamento da pintura e fissuração;
- b) Ocorrência de formação de manchas de umidade com apresentação de bolor;
- c) Destacamento da argamassa de revestimento do substrato alvenaria;
- d) Fissuras na superfície do revestimento;
- e) Vesículas formadas na superfície do revestimento com causa do deslocamento da pintura;
- f) Deslocamento entre o emboço e o reboco.

De acordo com Lichtenstein (1985), a patologia das construções se aplica nos edifícios que em um determinado tempo de sua vida tenha seu desempenho insatisfatório, devido a um grande número de causas, que podem vir a provocar grandes conseqüências dos mais diversos tipos. Para tal, leva-se à necessidade de todo um campo de estudo da engenharia que se denomina Patologia, que estuda as origens, formas de manifestação, mecanismos de ocorrência, conseqüência de falhas e defeitos dos edifícios. Essas manifestações patológicas podem ser simples de diagnosticar, sem a necessidade de

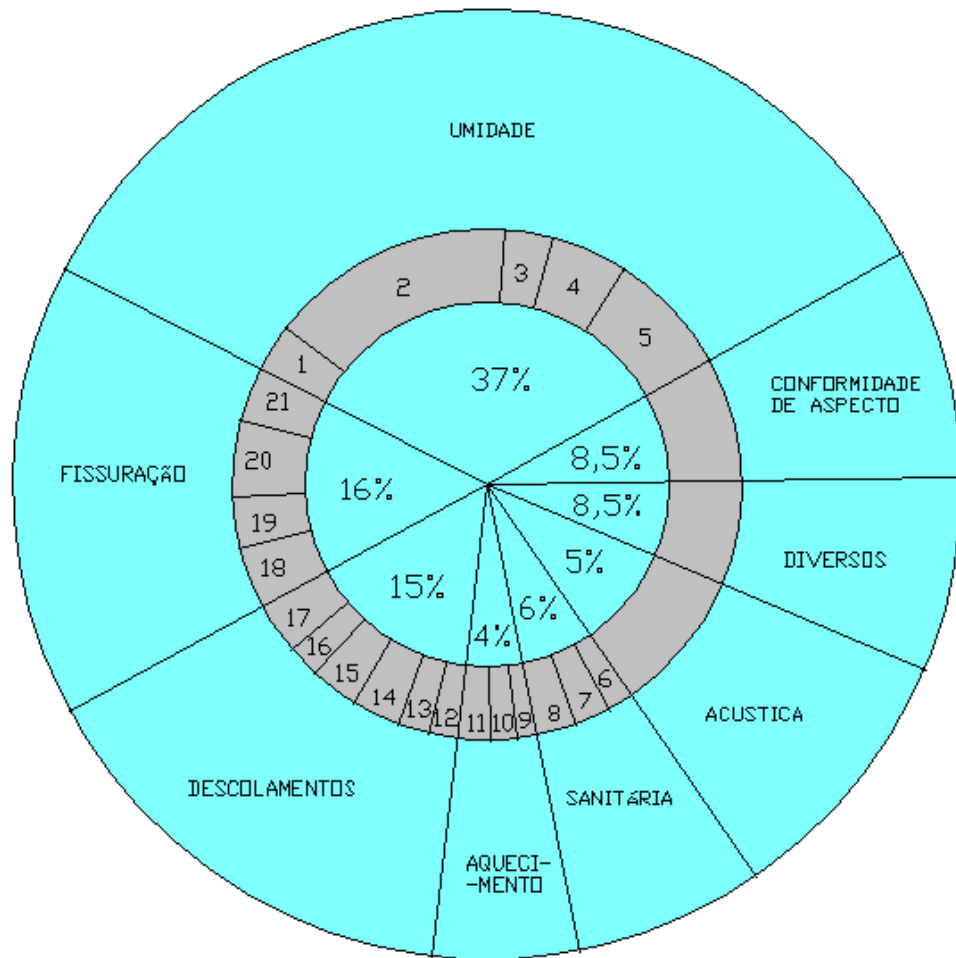
conhecimentos mais específicos, ou mais complexos, fugindo da manutenção rotineira devendo ser tratados individualmente.

Para Nappi (1995), as manifestações patológicas provocadas pela presença da umidade podem se apresentar nos componentes de construção sob várias formas e para cada tipo de caso podem se manifestar vários sintomas diferentes, que poderão ser revelados visualmente, por ensaios, análises ou cálculos específicos.

Dias (2003) afirma que as paredes externas das edificações têm a função de proteger os interiores da edificação contra a ação dos agentes agressivos do meio ambiente, tais como sol, chuvas, vento, etc. Devido os revestimentos das paredes externas possuírem porosidade ou fissuras e também o substrato (alvenaria) possuir fissuras entre a argamassa de revestimento, a umidade penetra e fica acumulada até que se evapore para a face exterior do revestimento ou se permeie para o interior dos revestimentos internos, causando com isso algum tipo de manifestação patológica.

Na maioria das vezes, as manifestações patológicas em revestimentos de paredes externas são originadas pela ação da água. Lichtenstein (1985) afirma que estudos feitos pelo CSTC (Centro Scientifique et Technique de la Construction), na Bélgica em 1976, em que foram compilados 1200 manifestações patológicas, chegou-se à conclusão que os maiores problemas analisados foram a umidade (37%), seguidos de fissuração (16%) e descolamentos de revestimentos (15%), conforme ilustra a Figura 2.4. Após dois anos, foram compilados 1800 manifestações patológicas e os resultados não se alteraram significativamente.

De acordo com Dias (2003), as manifestações patológicas ocorridas devido à umidade dependem dos seguintes fatores: condição de ocupação, influenciada pela produção de vapor nas edificações, ventilação dos compartimentos, temperatura ambiente interior e isolamento térmico das paredes que venham a entrar em contato com ambientes mais frios, lembrando que a diferença entre a temperatura interna e externa tem forte influencia no processo de deterioração do revestimento.



LEGENDA

1-DIVERSOS	12-DIVERSOS
2-INFILTRAÇÃO	13-RAD. TIJOLOS
3-ASCENCIONAL	14-REBOCO
4-CONSTRUÇÃO	15-PINTURA
5-CONDENSAÇÃO	16-REV. FLEXÍVEL
6-DIVERSOS	17-REV. DURO
7-FUNCIONAMENTO	18-SOALHO
8-CORROSÃO	19-HIGROMÉTRICA
9-DIVERSOS	20-TÉRMICA
10-FUNCIONAMENTO	21-FUNDAÇÕES
11-CORROSÃO	

Figura 2.4 – Distribuição dos tipos de manifestações patológicas constatadas. Adaptado de Lichtenstein (1985).

2.5 Biodeterioração

Segundo Shirakawa *et al.* (1998), biodeterioração é um fenômeno que se manifesta com ajuda de microorganismos, como fungos e bactérias, ou de macroorganismos, como cupins, roedores, entre outros. Estes agentes colaboram para a deterioração de alguns materiais de grande valor quando expostos à condições ambientais específicas.

Para Cortelassi (2002), biodeterioração é a deterioração de materiais originada por organismos vivos por meio do material ou pela produção de substâncias agressivas.

Segundo SHIRAKAWA (1999) é definido como biodegradação as biotransformações consideradas benéficas para a humanidade e o meio ambiente, já as nocivas à saúde, que envolvem perda econômica, são chamadas de biodeterioração.

De acordo com Shirakawa *et al.* (1998), a biodeterioração pode se dar por várias maneiras, sendo pela assimilação de composto do próprio material, pelo microorganismo ou pela eliminação de produtos agressivos, quando se reproduzem, como ácidos.

O fenômeno assimilatório é o nome dado a biodeterioração causada pelo consumo de componentes do material, unido a sua estrutura.

A biodeterioração dos materiais ocorre, segundo Shirakawa *et al.* (1998), em três condições sendo: a presença de água em todas as formas de vida, as fontes de nutrientes presentes no material ou no meio ambiente e as condições ambientais determinantes no crescimento de microorganismos.

2.5.1 Biofilme

O biofilme é definido por Shirakawa *et al.* (1998), como uma película produzida principalmente em “presença de água por microorganismos vivos com atividade metabólica”, expelindo substâncias extracelulares formada por polissacarídeos e produtos ácidos.

O desenvolvimento do biofilme também pode ser proveniente da decomposição de microorganismos mortos, sua formação é iniciada com aderência de substância polimétrica extracelular na região do material de construção. Esta adesão ocorre pela interação do microorganismo com as moléculas orgânicas aderidas à região do material, facilitando a absorção de nutrientes e a propagação dos microorganismos conforme Figura 2.5.

Para Wittmann *et al.* (2002), a superfície inferior dos revestimentos de parede apresenta maior grau de biodeterioração, estando assim o local mais saturado e conseqüentemente impedindo a percolação da água. Esse local úmido é um meio propício para formação e desenvolvimento de microorganismos, que após se desenvolverem criam uma camada viva sobre o mesmo, chamado de Biofilme.

Segundo Pinheiro (2003), os biofilmes hidrofílicos (algas) em uma superfície, exercem a função de transporte dos sais decompostos por meio dos poros do material, cristalizando, posteriormente, na sua superfície. A superfície com biofilmes hidrófobos (bactérias e fungos) produzem uma camada impermeabilizante, que não permite a penetração da água dentro do material e impedem o fluxo inverso, sendo os sais cristalizados dentro do material, tornando mais rápido o processo de deterioração do mesmo por expansão e muitas vezes provocando o deslocamento de placas desse material.

Shirakawa *et al.* (1998) menciona que a rápida propagação dos microorganismos infere no aumento dos produtos excretados, modificando o local onde o biofilme foi constituído, ajudando assim, no desenvolvimento de diversas espécies e gêneros que necessitam de oxigênio diferenciado.

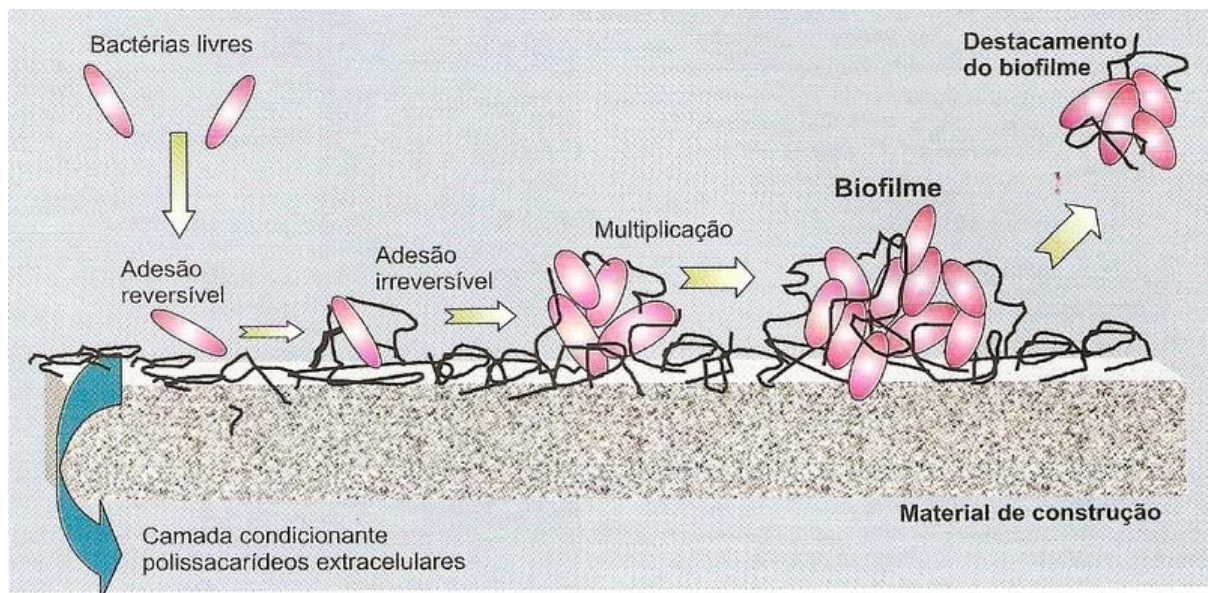


Figura 2.5 – Seqüência de formação de biofilme sobre a superfície de um material. Shirakawa *et al.* (1998)

Shirakawa (1999) afirma que estes microorganismos vivos são formados por bactérias aeróbias e anaeróbias, algas, fungos e até mesmo protozoários.

2.5.2 Microorganismos

Segundo Cortelassi (2002), microorganismos são seres vivos onde a maioria são microscópicos, não são vistos a olho nu. Apresentam características de animais, vegetais e próprias. São classificados como eucariotas e procariotas.

Os microorganismos que possuem núcleo limitado por membrana, composto por diversos cromossomos, semelhantes às células dos organismos vegetais e animais, como os fungos, algas e protozoários são denominados de eucariotas. Já os microorganismos compostos por apenas um cromossomo são denominados procariotas, como as bactérias e cianobactérias (algas azul-esverdeadas).

a) Bactérias

As bactérias, segundo Cortelassi (2002), são organismos microscópicos, unicelulares e procarióticos que podem viver em qualquer ambiente, existentes no ar, água, animais e plantas. Sua respiração pode ser aeróbica, ou seja, fazem o uso do oxigênio ou anaeróbica, que vivem sem esse gás, encontrada em ambientes aquáticos. Alimentam-se de matéria orgânica morta, tanto animal como vegetal, algumas espécies produzem seu próprio alimento, por fotossíntese ou quimiossíntese.

De acordo com Pinheiro (2003), no processo de biodeterioração de materiais da construção civil estão incluídos grupos de bactérias sendo as principais: bactérias quimioautotróficas sulfo-oxidantes e nitrificantes e bactérias heterotróficas.

As bactérias quimioautotróficas levam à deterioração materiais como concreto, argamassas e pedras através de sua ação biodeteriogênica relacionada à produção de ácidos inorgânicos.

Segundo Pinheiro (2003), as bactérias sulfo-oxidantes (*Thiobacillus*) através da oxidação de sulfetos que provém de agentes poluentes, dos agregados ou de colonizações biológicas anteriores, como os sulfetos gerados pelas bactérias sulforedutoras, são responsáveis pela produção de ácido sulfúrico. Este ácido pode reagir com os constituintes do material produzindo sulfatos que se precipitam em sua superfície, como uma crosta, sendo dissolvidos ou lixiviados. Estes sais, quando depositados no interior dos poros do material e recristalizados, podem gerar produtos expansivos que originam fissuras e esfoliações do material. Esse processo pode ser visto na deterioração de rochas calcárias e arenitos, pois o carbonato de cálcio é convertido em sulfato de cálcio.

A biodeterioração no concreto pelas bactérias sulfo-oxidantes se dá no ataque do ácido sulfúrico aos constituintes cálcicos da pasta de cimento. Suas reações envolvem fenômenos como a lixiviação e o desenvolvimento de etringita expansiva no interior dos poros, o que causa fissuração, desagregação e perda de resistência mecânica, proveniente da falta de coesão entre a pasta de cimento e o agregado.

Ainda segundo Pinheiro (2003), as bactérias nitrificantes (*Nitrossomas* e *Nitrobacter*) são responsáveis pela produção de ácido nítrico através da oxidação de compostos como

amônia, óxidos e ácidos nitrosos, quando em proximidade com materiais de construção como o cimento, pedras derivadas de rochas ultrabásicas, mármore ou arenitos carbonosos e podem dissolver os componentes cálcicos produzindo o nitrato de cálcio solúvel, o que enfraquece sua estrutura.

A decomposição dos materiais da construção civil através da ação de bactérias nitrificantes se dá sob a forma de solubilização das substâncias cálcicas e de formação de sais solúveis de nitratos e nitritos, que surgem sob a forma de eflorescências na superfície do material. Nos concretos, este processo foi notável pela grande concentração de bactérias nitrificantes encontradas em concreto deteriorado de torres de resfriamento. Em laboratório, notou-se uma perda de 3% de massa em blocos de concreto sujeitos ao ataque de ácido nítrico formado por bactérias nitrificantes.

Pinheiro (2003) declara que a biodeterioração de materiais da construção civil através de bactérias heterotróficas vem sendo revelada constantemente, apesar de seu mecanismo não ser bem conhecido. O ataque destas bactérias nos materiais de construção, geralmente é causado pela ação dos ácidos orgânicos, que provocam a lixiviação dos materiais, e pela formação de substâncias extracelulares, o que modifica a porosidade e a permeabilidade do material e a descoloração da superfície do material.

b) Fungos

Para Cortelassi (2002), os fungos são seres eucarióticos uni e pluricelulares como as leveduras, o mofo e os cogumelos. São heterótrofos, ou seja, não produzem seu próprio alimento, por não possuírem clorofila. Apresentam reprodução assexuada ou sexuada. A maioria dos fungos se nutrem através da decomposição da matéria orgânica do corpo de organismos vegetais e animais mortos. Podem viver à custa de outro ser vivo (parasistas) ou podem se associar a outros seres, sendo ambos beneficiados.

Segundo Pinheiro (2003), os materiais da construção civil que sofrem biodeterioração pela ação dos fungos, alteram sua aparência visual devido a modificação de sua superfície, ocasionado pela ação de ácidos orgânicos e inorgânicos, que são produzidos durante o seu metabolismo e também pela penetração das *hyphae* até 8,0 mm de profundidade, na estrutura cristalina dos materiais.

De acordo com Shirakawa *et al.* (1995) os fungos são classificados como organismos que possuem núcleos, não possuindo clorofila, portanto, não sintetizam seu alimento. Necessitam de compostos orgânicos pré-elaborados por serem organismos heterotróficos e classificam-se em fungos filamentosos e leveduras.

2.5.3 Bolor

Shirakawa *et al.* (1995) destaca que para linguagem científica, o termo bolor tem melhor aceitação para designar o crescimento de fungos filamentosos em um dado substrato. Quando é caracterizada a sua presença ocorre a formação de manchas que se destacam em diversas tonalidades de cores, principalmente por cores escuras de tonalidade preta, marrom e verde, também caracterizando, em menor frequência, as manchas de cores claras esbranquiçadas ou amareladas. Alucci *et al.* (1988) define bolor como alterações que podem ser vistas macroscopicamente nas superfícies de vários materiais, originados pelo desenvolvimento de microorganismos que pertencem à família dos fungos. Já os fungos são classificados como organismos filamentosos, na qual sua reprodução se dá através de estruturas microscópicas denominadas de esporos, sendo produzidos em bastantes quantidades. A cada organismo filamentoso dá-se o nome de hifa.

Shirakawa *et al.* (1995) alerta que além do aspecto estético que os fungos apresentam, deve-se considerar a aparecimento de problemas respiratórios nas pessoas que residem em locais com a presença dos mesmos. Os bolores causados por fungos filamentosos são classificados como fungos alergênicos, que contribuem para a aparição de doenças como asma e rinite em pessoas que têm a tendência a este tipo de disfunção respiratória.

De acordo com Alucci *et al.* (1988), os fungos têm o seu crescimento afetado por condições ambientais no qual a umidade é um fator fundamental. Para estes organismos é indispensável que a umidade de materiais onde eles se desenvolvem esteja sempre elevada, ou que a umidade relativa do ambiente esteja bem acentuada. A temperatura também é importante para o crescimento dos fungos, sendo que eles se desenvolvem bem entre 10° a 35°C, variando o comportamento fora desses limites, dependendo de cada espécie.

Para SATO *et al.* (1997), o crescimento de fungos em fachadas se dá por meio do projeto do edifício e dos materiais aplicados neste, sendo que para o controle e precaução do problema é necessário adicionar fungicidas nas tintas, que são em sua maioria dissolvidas em água, permitindo assim seu deslocamento para a superfície da película de pintura, porém este fato reduz sua vida útil, pois, podem ser removidos pela água da chuva.

Segundo ALUCCI *et al.* (1988), em um estudo realizado pelo IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, foi observado o desenvolvimento de bolor sobre películas de pintura, sendo identificado vários tipos de fungos que podem se desenvolver sobre a pintura. O número de espécies é muito maior em ambientes internos comparado a ambientes

externos e sua variabilidade resulta da natureza das partículas orgânicas depositadas sobre a película de pintura.

Não só as condições ambientais interferem no desenvolvimento do bolor, a película de pintura possui características que também influenciam no ataque. Para acabar com o crescimento do fungo é preciso aplicar medidas adequadas de fungicida, mesmo que aplicado em quantidade menor o seu desenvolvimento fica mais lento e desuniforme.

Quando existem trincas na película de pintura o desenvolvimento de fungos é maior, com isso, aumenta a retenção de poeira ficando fixada entre as hifas. Esta união é de grande importância, pois as partículas podem significar a fonte origem adicional de nutrientes.

SATO *et al.* (1997) explica que o desenvolvimento de fungos em fachadas, pintadas tanto com tinta PVA quanto acrílica, ocorre em todas as regiões do Brasil. As partes mais sujeitas à ação da chuva como as paredes dos pisos superiores e as bordas dos edifícios são as primeiras a indicar sinais da existência de microrganismos. Quanto mais alto é o piso, mais escura é a região, podendo distinguir, muitas vezes, vários tons de cinza ao longo do edifício.

O crescimento de fungos em fachadas em função do substrato utilizado na aplicação da argamassa ocorre de maneira diferente, as regiões sobre a estrutura de concreto exibem cores mais claras e, por conseguinte, com menor manifestação de fungos que a parte da alvenaria. Nesta região é possível enxergar as fiadas ou até o contorno dos blocos, pois estes mostram-se com cores mais escuras que a região das argamassas de rejuntamento e assentamento.

No desenvolvimento de microrganismos, um fator significativo é a orientação da fachada nas faces posicionadas para o sul e que recebem menor incidência de raios solares as manchas surgem com antecedência que em outras superfícies.

A chegada antecipada de fungos pode acontecer também devido a detalhes no projeto como a não existência de pingadeiras no parapeito das janelas o que aumenta a concentração de fluxo de água na região abaixo da abertura.

Para ALUCCI *et al.* (1988), além dos fungos outros agentes como as bactérias e as algas agem no processo de deterioração dos revestimentos em edificações. Em ambientes interiores e exteriores geralmente são encontradas bactérias, já as algas se apresentam em pinturas externas. A deterioração destes agentes citados é muito parecida, mas as medidas de recuperação são diferentes, por isso, é extremamente importante identificar o agente deteriorador, pois fica mais fácil inibir seu desenvolvimento.

De acordo com Shirakawa *et al.* (1995), mesmo que o revestimento interno tenha todos os nutrientes necessários para o crescimento de fungos, o bolor só irá se manifestar caso tenha umidade suficiente para que os poros germinem. Neste caso a água absorvida pelo revestimento e presente para o crescimento do fungo é um fator principal no aparecimento, vida e proliferação do bolor.

Sing (1994) citado por Shirakawa *et al.* (1995) relata que no Reino Unido, por possuir uma quantidade elevada de construções mais antigas, é estimado um gasto de 400 milhões de libras/ano em manifestações patológicas causadas por fungos.

Dias (2003) recomenda alguns detalhes construtivos para que não ocorra o aparecimento dessa patologia. As saliências nas fachadas, conhecidas como pingadeiras são executadas quando as fachadas são revestidas com argamassa, servindo para descolamento do fluxo da água, como mostra a Figura 2.7.

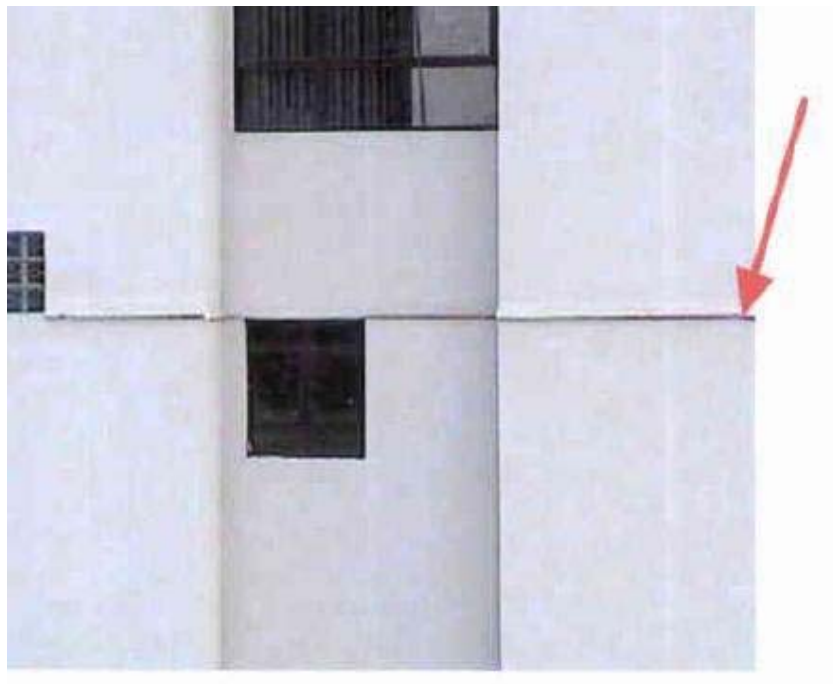


Figura 2.1 – Foto que ilustra o detalhe arquitetônico de pingadeira. Dias (2003)

As pingadeiras podem também ser usadas na parte superior das edificações, em específico nas platibandas, com função de prevenir a infiltração de umidade, evitando o aparecimento de manchas (bolor), conforme Figura 2.8.



Figura 2.2 – Foto que ilustra a pingadeira na parte superior da edificação.

Quando se tratar de peitoris de janela, Souza *et al.* (2005) recomenda ter cuidado com o avanço sobre o pano da fachada de pelo menos 25 mm, para que tenha um caimento em torno de 8 a 10% e na sua face inferior ter uma pingadeira. Outra especificação é com seu avanço na lateral para dentro da alvenaria, como mostra a Figura 2.9 (a), e não executá-lo conforme Figura 2.9 (b), propiciando com isso o aparecimento de manchas de umidade e sujeira nas fachadas.

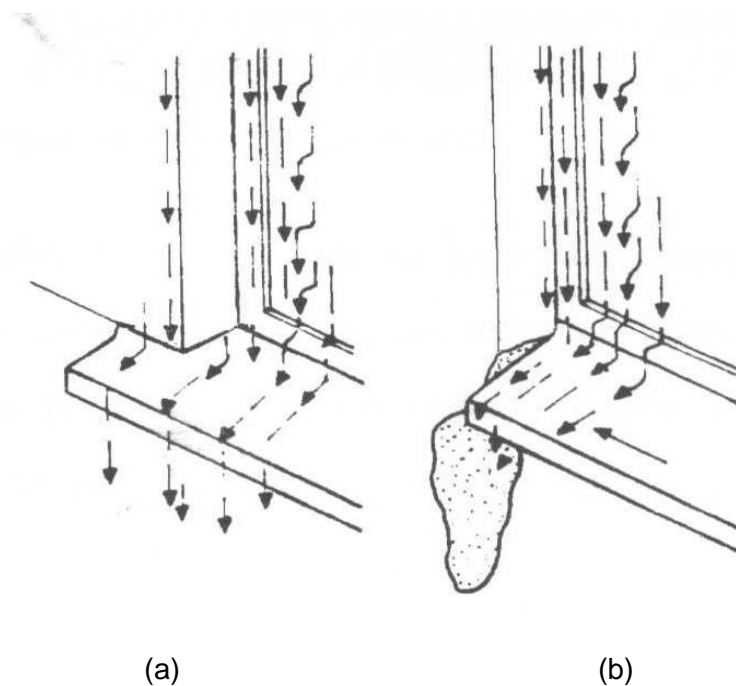


Figura 2.3 – Detalhe construtivo dos peitoris: a) com avanço; b) sem avanço. Souza *et al.* (2005)

Quando tiver uma situação já consolidada com peitoril sem balanço, pode-se recorrer ao uso de um remate com mastique para conter a entrada de água. O autor também menciona que cuidados com a espessura e porosidade das pedras e emendas dos peitoris devem ser levados em consideração.

Segundo Alucci *et al.* (1988), as medidas para impedir, eliminar ou minimizar a incidência e reprodução de bolores são descritas abaixo como:

Preventivas: devem ser aplicadas na fase do projeto, tais medidas refere-se a uma correta ventilação, iluminação e luz natural nos ambientes, minimizar a ocorrência de infiltração de água nas paredes, pisos ou coberturas, e também diminuir os riscos de condensação em ambientes internos dos componentes.

Curativas: aplica-se em edificações onde o bolor já está evidente, sendo que as medidas de correção podem ser: limpar as superfícies infectadas, aplicação de fungicidas ou a troca de materiais empregados na construção por outros mais resistentes a proliferação de bolores. Essas medidas serão melhores descritas no item 2.6.

2.6 Recomendações para a melhoria da durabilidade dos revestimentos de argamassa em edificações

Uemoto (1988) apresenta algumas medidas de reparos para os três tipos de eflorescências mencionados no item 2.3.6. Na tabela 2.1 podem ser observadas estas medidas.

Tabela 2.1 – Tipos, locais de formação, causas e reparos para eflorescência. Uemoto (1988)

Aspectos e características da eflorescência	Locais de formação	Causas prováveis atuando com ou sem simultaneidade	Reparos
<p>Tipo 1</p> <p>Pó branco pulverulento, solúvel em água</p>	<ul style="list-style-type: none"> - em superfície de alvenaria aparente - em superfície de alvenaria de argamassa revestida - em regiões próximas a caixilhos mal vedados - em superfície de ladrilhos cerâmicos não esmaltados - em juntas de pisos cerâmicos esmaltados e azulejos 	<ul style="list-style-type: none"> - sais solúveis presentes nos materiais: água de amassamento, agregados ou aglomerantes - sais solúveis presentes nos materiais cerâmicos (tijolos, ladrilhos, etc.) - sais solúveis contidos no solo - poluição atmosférica - reação tijolo – cimento 	<ul style="list-style-type: none"> - eliminação da fonte de umidade - aguardar a eliminação dos sais pela ação da chuva em casos de eflorescência em superfícies externas - lavagem com água - escovamento da superfície por processo mecânico - após saturar a alvenaria com água, lavar com solução clorídrica a 10%, e em seguida com água abundante
<p>Tipo 2</p> <p>Depósito branco com aspecto de escorrimento, muito aderente e pouco solúvel em água, em presença de ácido apresentam efervescência</p>	<ul style="list-style-type: none"> - em superfície de componentes próximos a elementos em alvenaria e concreto - em superfície de argamassa ou concreto 	<ul style="list-style-type: none"> - carbonatação da cal liberada na hidratação do cimento - carbonatação da cal não carbonatada proveniente de argamassas mistas 	<ul style="list-style-type: none"> - eliminação da percolação de água - lavagem com solução clorídrica conforme indicado anteriormente - em caso de depósito abundante, escovamento da superfície por processo mecânico e lavagem com ácido conforme indicado anteriormente
<p>Tipo 3</p> <p>Depósito branco, solúvel em água, com efeito de expansão</p>	<ul style="list-style-type: none"> - entre fissuras de juntas de alvenaria - entre juntas de argamassa e tijolos - locais da alvenaria muito expostos a ação da chuva 	<ul style="list-style-type: none"> - expansão devido a hidratação do sulfato de cálcio existente no tijolo ou da reação tijolo – cimento - formação de sal expansivo por ação de sulfato do meio 	<ul style="list-style-type: none"> - não realizar reparos, esperar a estabilização do fenômeno - reparo usando cimento isento de sulfatos

Apesar da eflorescência do tipo III mencionada na Tabela 2.1 se manifestar em alvenarias aparentes, ela também deverá ser tratada como uma patologia importante, pois poderá comprometer a durabilidade dos materiais constituintes da parede.

Thomaz (1989) recomenda que para alvenaria acabada deverá ser evitada a presença de água, na qual esta poderá provocar movimentações higroscópicas acentuadas, manifestações de eflorescências, expansão por possível presença de sulfatos e ou dissolução de compostos incorporados na argamassa de assentamento. Com isso, deverá ser providenciada uma boa impermeabilização da fundação, adoção de pingadeiras para que a água da chuva não escorra na fachada, aditivos incorporados nos revestimentos de parede que os torne hidrófugos ou impermeáveis, pintura para garantia da estanqueidade e medidas para que se evite empoçamento de água na base das paredes.

Em relação à execução das alvenarias, os cuidados iniciais devem ser com o controle de recepção e estocagem dos tijolos atentando para os seguintes detalhes: variações dimensionais dos componentes afetarão na aparelhagem da parede, aumentando o consumo de argamassa de assentamento, originando juntas horizontais irregulares e conseqüentemente, gerando concentrações de tensões nos elementos cerâmicos. Os componentes mal curados poderão apresentar maiores retrações na parede pronta; os componentes que não estiverem devidamente abrigados e que absorverem águas das chuvas contrair-se-ão com o passar do tempo na parede devido ao processo de evaporação da água.

Dafico *et al.* (2005), estudando a eficiência de vários aditivos impermeabilizantes para argamassas, chegaram a seguinte conclusão:

- Para argamassas mistas com menores dosagens de aglomerantes (cimento:cal:areia), o uso de diferentes tipos de aditivos impermeabilizantes analisados, praticamente não altera a porosidade capilar da argamassa endurecida, conseqüentemente ocorre um aumento de manifestações patológicas em função da penetração de água na argamassa devido ao seu alto grau de porosidade.
- Para argamassas com maiores dosagens de cimento (cimento:areia) há uma redução significativa na permeabilidade da argamassa no estado endurecido com uso de diferentes tipos de aditivos impermeabilizantes analisados, mesmo quando se tem em suas misturas um fator a/c (água/cimento) mais elevado.

Segundo Alucci *et al.* (1988), com o crescimento de bolor no interior das edificações, torna-se notável a existência de alto teor de umidade nos componentes, materiais ou na edificação em geral. As medidas para impedir, banir ou suavizar o risco de incidência e reprodução de bolor podem ser **preventivas e curativas**.

Para Alucci *et al.* (1988), as **medidas preventivas** geralmente são empregadas na fase de projeto da edificação, pois permitem melhor ventilação, iluminação e insolação aos ambientes e tornam menor os riscos de penetração de água nas paredes, pisos e tetos além de diminuir os riscos de condensação nas superfícies internas dos componentes.

A proliferação de bolor nas edificações pode ser evitada por meio de cuidados tanto na fase do projeto como da programação das obras, conforme citados abaixo:

a) A ventilação dos ambientes e eliminação do vapor de água que existe no interior da edificação, essencialmente o vapor produzido em banheiros e cozinhas, devem ser favorecidos, sendo planejado a divisão dos espaços internos, e também as medidas e disposições das janelas.

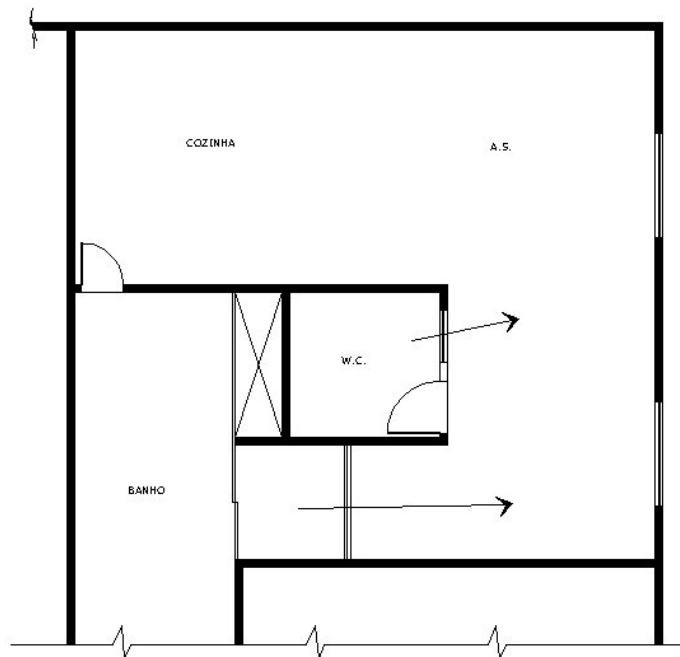


Figura 2.4 – Algumas soluções de projeto dificultam a remoção imediata do vapor para o exterior, fazendo com que as superfícies das paredes e forro fiquem umidecidas, particularmente nos períodos de chuva, quando as janelas são mantidas totalmente fechadas. Adaptado de Alucci *et al.*(1988).

Para achar a dimensão das aberturas de ventilação deverão ser utilizados métodos de cálculo que obedeçam às condições de exposição a que estará submetida à edificação, a qualidade dos materiais utilizados na construção, além da taxa de ocupação dos ambientes. Assim, com esse dimensionamento, será possível fazer a seleção criteriosa do tipo de janela mais apropriado em cada caso.

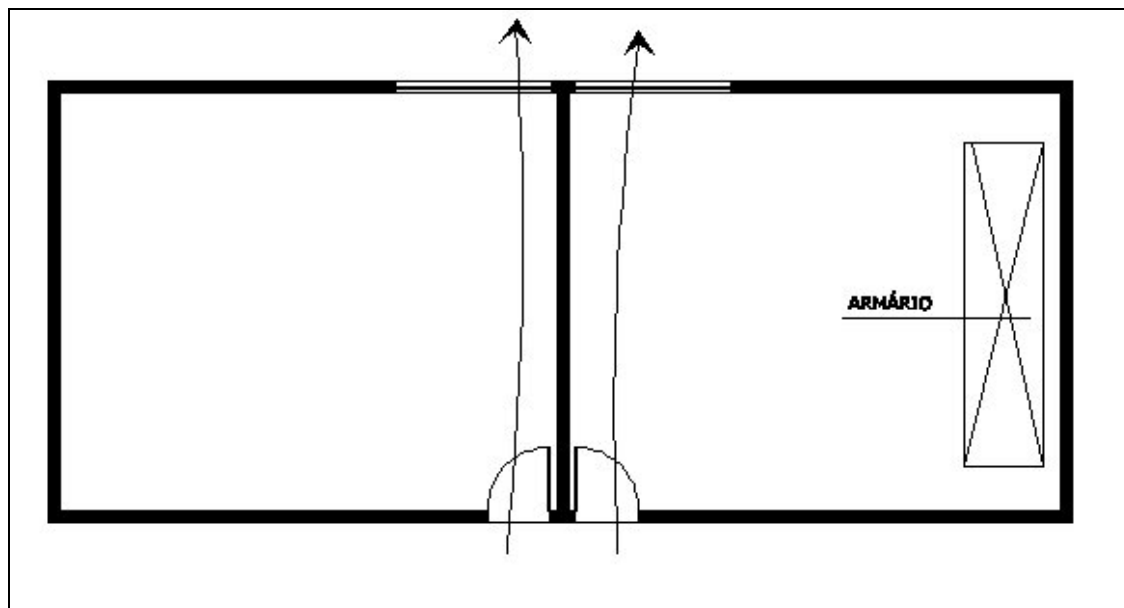


Figura 2.5 – O alinhamento de portas e janelas pode dificultar a circulação do ar pelos ambientes, facilitando o aparecimento e proliferação do bolor. Adaptado de Alucci *et. al.*(1988).

b) Devem ser adequadamente preservadas as paredes internas e externas que estão expostas à ação de água no estado líquido para, assim, minimizar o risco de infiltração, principalmente nos locais citados abaixo:

- juntas de componentes de paredes em alvenaria ou em placas pré-moldadas;
- juntas de componentes de revestimentos de paredes e pisos;
- o encontro parede/janela, parede/piso etc.

c) O risco de condensação de vapor de água na superfície dos componentes é maior em regiões climáticas onde as janelas devem dispor de áreas abertas, como venezianas, que são capazes na eliminação do vapor produzido no interior dos ambientes sem prejudicar o bem estar térmico dos moradores, principalmente no inverno.

d) Deve-se impedir o uso de materiais higroscópicos em locais sujeitos à ação de umidade, como a utilização de painéis de gesso, não protegidos adequadamente em beirais ou banheiros; ou revestimentos a base de gesso na face interna de parede externa em alvenaria aparente.

e) Os materiais utilizados no revestimento de paredes internas ou externas, precisam ser de preferência resistentes ao crescimento de bolor. Em locais onde há um risco maior de incidência de bolor é fundamental o uso de materiais com fungicida.

f) O planejamento das obras da edificação deve favorecer a evaporação de parte significativa da água usada na construção, antes de se iniciar o uso da mesma. Com isso, é preciso impedir, por exemplo, a pintura com tinta à base de resina sintética em paredes construídas ou revestidas recentemente.

Alucci *et al.* (1988) afirma que as **medidas curativas** permitem remediar as edificações prejudicadas pelo crescimento de bolor. Podem incluir modificações no projeto, limpeza de superfícies infectadas, aplicação de soluções fungicidas ou a troca de materiais de construção por outros mais resistentes ao desenvolvimento de bolor.

A identificação da origem que favoreceram condições propícias para a incidência de bolor localizado ou de forma generalizada em uma edificação é fundamental e a primeira prevenção a ser tomada. Quando há infiltração de água ou vazamentos, inicialmente deve-se localizar a fonte de umidade para depois eliminá-la e também adotar em seguida as medidas citadas em (I).

Deve-se averiguar as condições de ventilação da edificação quando não houver vestígio de infiltração ou vazamentos, atentando também para ocorrência de condensação de vapor de água na paredes, tetos etc, principalmente em períodos de inverno, chuvas intensas, etc, sendo que neste caso, devem ser estudadas modificações no projeto original para diminuir o risco de condensação na superfície dos componentes. Essas modificações podem inserir o aumento da taxa de renovação de ar dos ambientes mediante alterações nas janelas, aumento da resistência térmica dos componentes como cobertura e paredes externas.

A limpeza das áreas infectadas é aconselhável mesmo quando não se conhece a causa do crescimento do bolor. Permanecendo as causas, haverá reincidência do problema.

Para o tratamento das áreas afetadas, é recomendado a limpeza das áreas com crescimento de bolor logo no início da infecção, quando é visível a mudança na cor de superfícies de paredes e tetos. As áreas atingidas devem ser tratadas dependendo da intensidade do desenvolvimento e também do nível de degradação que tenha ocorrido no revestimento, como em pintura, papel de parede, etc.

O tratamento das áreas afetadas devem seguir os seguintes passos:

a) Em geral, as superfícies das paredes e tetos podem ser limpas com escova de piaçaba, por exemplo, aplicando-se a solução indicada abaixo até a completa eliminação das manchas de bolor:

- 80 g de fosfato trissódico
- 30 g de detergente
- 90 ml de hipoclorito de sódio
- 2.700 ml de água.

A superfície deve ser enxaguada com água limpa e seca com pano limpo. Deve-se impedir o contato dessa solução com a pele, olhos e com componentes metálicos existentes nas áreas tratadas.

b) Em superfícies muito infectadas é recomendado a remoção do revestimento, como pintura, papel de parede, etc, além da lavagem com solução fungicida adequado. Deve-se aguardar a secagem da superfície após a limpeza, antes da realização do revestimento. Para repintura é preciso utilizar uma tinta resistente ao crescimento de bolor, sendo esta escolhida com base em ensaios de laboratórios, empregando os tipos de fungos existentes na edificação. Em caso de papel de parede o recomendado é a utilização de cola que possua fungicida adequado.

Em 2008 a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas apresentou para o meio técnico a Norma NBR 15575-4 - Desempenho de Edifícios Habitacionais até cinco Pavimentos: Sistemas de Vedações Verticais Externas e Internas. Esta norma será de uso obrigatório a partir de maio de 2010.

Nesta norma, foram estabelecidos os principais critérios relativos a vários quesitos, entre eles:

- Estanqueidade: a verificação da estanqueidade à água nos componentes e elementos das edificações é de suma importância, pois a umidade originada de infiltrações pode vir a ocasionar vários tipos de manifestações patológicas, como desagregação dos materiais, fissuras de movimentações higroscópicas, lixiviação, corrosão de metais, apodrecimento de madeiras, além dos problemas de saúde causados pelos fungos.
- Durabilidade: analisar a durabilidade de uma edificação é tarefa muito complexa, isto implica na dependência de vários fatores que podem ocorrer durante sua vida útil. O meio ambiente pode sofrer alterações passando muitas vezes a ser mais agressivo, com isso, os diversos materiais sofrem transformações que na maioria das vezes não conseguem ser simuladas por ensaios de envelhecimentos e também o uso incorreto da edificação afetará o seu comportamento. Em consequência disso, torna-se difícil a simulação através de ensaios e avaliações para determinar o desempenho da edificação durante a sua vida útil. Entretanto, a vida útil dos componentes da edificação pode ser estimada se forem utilizadas técnicas adequadas para a construção, melhor controle de mão-de-obra e produtos de boa

qualidade que tenham garantia do fabricante. Um exemplo de avaliação prévia dos produtos e componentes é o atendimento às normas técnicas no qual colaboram para a determinação da sua durabilidade na edificação.

Neste projeto de norma, coloca-se que o sistema construtivo deve ser concebido com o objetivo de ter uma habitação segura, com qualidade e durabilidade.

2.7 Métodos de ensaio de penetração de água em revestimentos de argamassa

Para o desenvolvimento do trabalho foi escolhido o Método do Cachimbo e segundo Dias (2003) é um método prático, rápido, simples, de baixo custo e não destrutivo utilizado para averiguar a permeabilidade à água dos revestimentos de parede, podendo ser aplicado em campo ou laboratório. No Brasil, esse ensaio não é normalizado, e portanto, torna-se necessário estabelecer uma metodologia que permita analisar os resultados e permitir comparações entre experimentos, colaborando para o melhoramento dos métodos de controle da qualidade dos revestimentos.

De acordo com Dias (2003), existem duas classificações para Métodos de Ensaio de Penetração de Água, sendo descrito na Tabela 2.2 abaixo:

Tabela 2.2 – Tipos de Métodos de penetração de água.

Métodos de Ensaio de Penetração de Água		
Método usado em Laboratório		Método usado “In Loco”
Método do Centre Scientific et Technique de la Constrution – CSTB – Ensaio da permeabilidade à água de revestimento (1998)		Método preconizado pelo IPT – Ensaio para verificação “in situ”
Método para avaliação da resistência à penetração de água, simulando chuva	ME - 15(1981) – Determinação da estanqueidade à água de paredes externas – Método preconizado pelo IPT	ASTM E 514 modificado para campo
	Método do CSTB – Resistência à penetração de água de chuva (1959)	Método do Cachimbo
	BSI 4315 – “Methods of Test for Resistance to Air and Water Penetration, Part 2. Permeable Walling Construction (Water Penetration)” (1970)	
	ASTM E 514 - “Standard Test Method for Water Penetration and Leakage through Masonry”(1990)	

Método do cachimbo

Para Polisseni (1986), a origem do método teve como objetivo estudar as resinas silicones que existiam no mercado. Em 1977 o Centre Scientifique et Technique de la Constrution – CSTC deu início à pesquisa onde foi analisado, durante treze anos, em edifícios da Bélgica o comportamento de três resinas silicones aplicadas sobre quarenta tipos de pedras calcárias de uso corrente nas fachadas destes edifícios.

As pedras calcárias eram integrantes de uma parede experimental, situada na estação experimental de Limelette, voltada para o sul. Esta parede experimental foi durante anos matéria de estudo para fim de se determinar a durabilidade natural das três resinas silicones que cobriam as pedras calcárias.

Para definir ao longo do tempo a perda da eficácia inicial de um dos três revestimentos hidrófugos (resinas silicones), as pedras calcárias foram divididas em sua maioria em três zonas, sendo que a zona central não era revestida e servia de referência, já nas outras duas partes foram aplicadas uma das resinas silicones. Esta perda de eficácia se dá pela variação da capacidade impermeabilizante ou de repelência à água do revestimento hidrófugo, medida pela propriedade de absorção d'água, sendo que esta medida é obtida através do método do cachimbo.

Para Wittmann *et al.* (2002), este método é empregado para definir em laboratório ou in loco a impermeabilidade de revestimentos verticais devido à característica de absorção d'água.

Segundo Polisseni (1986), o método do cachimbo tem como objetivo a determinação em laboratório ou in loco da avaliação da impermeabilidade de um revestimento de parede, calculada pela sua propriedade de absorção d'água.

De acordo com CSTC (1982), a pressão inicial de 92 mm de coluna d'água, tem a mesma condição da ação estática do vento com velocidade aproximada de 140 km/h.

Para Polisseni (1986), esta medida é calculada pela equação:

$$Q = v^2/16$$

Sendo a altura da coluna d'água corresponde à pressão (Kg/m²) exercida por esta coluna.

Onde:

- Q= pressão estática do vento (kg/m²)
- V= velocidade do vento (m/s)

Dias (2003) define o cachimbo como um tubo de vidro de formato em “L”, graduado em décimos de mililitros, possuindo uma borda plana e em forma de círculo na base a qual é acoplada na face do revestimento, com o uso de massa para calafetar. O tubo deve ser coberto de água até sua referência zero. A água contida neste cachimbo exerce uma pressão inicial sobre a água em proximidade à parede. A vulnerabilidade do material à infiltração de água é indicada pela redução no nível da água ao longo do período de experimentação. A diminuição da altura da água no cachimbo e na pressão exercida se dá quando a água desloca-se do tubo para dentro do revestimento ou da alvenaria.

Polisseni (1986) afirma que para a realização do ensaio é necessária uma aparelhagem como um cachimbo de vidro esquematizada na Figura 2.12.

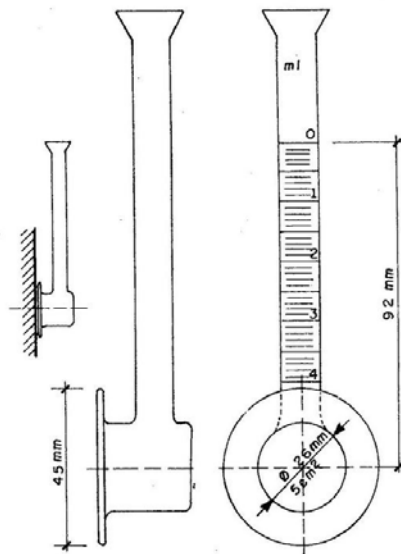


Figura 2.6– Cachimbo de vidro conforme especificação do Centre Scientifique et Technique de la Construction – CSTC. Polisseni (1986)

Para a realização do método deve ser seguido o seguinte procedimento:

- modelar com as mãos uma porção do mastique e cercar a borda do cachimbo;
- fixar o cachimbo na parede comprimindo contra a mesma;
- encher o cachimbo com água potável até a referência nível zero com a ajuda da pisseta;
- com o cronômetro, executar e marcar as leituras quando houver redução do nível de água após os tempos de 5, 10 e 15 minutos;

Ainda segundo Polisseni (1986) as principais aplicações do método são:

- avaliar a capacidade impermeabilizante de um revestimento de parede, comparando resultados de ensaios adquiridos no laboratório e nas obras;
- avaliar a durabilidade dos revestimentos de parede relacionado com a sua capacidade impermeabilizante;
- comparar a eficácia inicial relativa à capacidade impermeabilizante entre produtos de revestimentos de paredes que existem no mercado.

2.8 Incidência de reações alérgicas relacionadas à ocorrência de manifestações patológicas nos revestimentos em habitações de interesse social

Bach e Rangel (2005) afirmam que na composição das tintas existem vários elementos que servem de nutrientes para microorganismos como os fungos que podem ser prejudiciais na sua qualidade de proteção e embelezamento. Com isso, na presença das demais exigências, há o desenvolvimento de colônias, sendo que esse processo causa alterações das funções decorativas e de proteção do produto. Tal fato ocasiona a mudança na sua formulação, sendo adotado, portanto, medidas preventivas, como a aplicação de agentes microbicidas na composição dessas tintas.

Bach e Rangel (2005) realizaram um estudo, onde foram coletadas amostras por raspagens de filmes de tintas em superfícies internas e externas em diversos ambientes residenciais com pintura de idade de oito meses. Com isso, identificaram, de acordo com a classificação dos fungos, o gênero de *Aspergillus*, que possui diversas espécies, podendo uma delas causar a aspergilose, doença que causa alergia que prejudica os pulmões, ocasiona micoses leves e até sistêmicas. Além disso, também é possível que esses fungos atuem como potentes carcinogênicos, que agem como aflatoxicoses. Estes fungos geram em grandes quantidades pequenos conídios, que inalados pelos indivíduos atópicos quase sempre causam reações alérgicas graves aos antígenos dos conídios. Para diminuir o problema, as paredes infectadas deverão ser repintadas com tintas que contenham biocidas, para assim, impedirem a proximidade com conídios.

A incidência de contaminação por conídios vem aumentando, segundo vários autores, e o processo de cura da doença é difícil, manifestando-se no ouvido como otomíose e como alergias pulmonares.

Segundo Carmo e Prado (1999), a pneumonia pode ser originada pela absorção de numerosas quantidades de esporos de fungos, sendo dificilmente causada pela exposição

ao ar interno, pois neste caso é mais provável as reações alérgicas ou asmáticas. Nos esporos, acontece muitas vezes a reunião de alguns bolores que geram micotoxinas, que geralmente são encontrados em edifícios doentes. Ressalta-se a existência de pessoas como pacientes com AIDS ou com câncer que são hipersensíveis à exposição a esses microorganismos.

Os fungos que se desenvolvem em plantas ou folhas são diferentes das espécies que desempenham capacidade de desenvolver e de se acumularem em ambientes internos ou em equipamentos de manipulação de ar. O desenvolvimento de vários fungos se dá pela condensação e a acumulação de água, podendo ocasionar alergias e até mesmo problemas que são de difíceis detecção por procedimentos comuns da medicina.

Para minimizar os problemas com microorganismos é preciso impedir ou ao menos conservar o crescimento deste dentro de um nível mínimo. Para isso, é preciso eliminar fontes de água que ajudam no desenvolvimento dos fungos, não deixar a umidade relativa do ar ser maior que 60%, retirar materiais orgânicos permeáveis visualmente infectados, evitar o uso em escritórios de umidificadores de ar portáteis, devido à maioria das vezes estarem em condições impróprias de uso, tornando-se assim fontes de propagação, e para exercer controle do ingresso de esporos de fungos e outros contaminantes biológicos é necessário o uso de filtros eficientes no sistema de ar externo, sendo que estes devem ser substituídos periodicamente.

Para Carmo e Prado (1999), a ventilação pode ser entendida pelas pessoas como uma movimentação do ar internamente na edificação ou pela entrada do ar do ambiente externo para o ambiente interno. A ventilação pode ser interpretada como uma combinação de processo que não são apenas conseqüências da entrada do ar externo, mas sim na saída do ar contaminado da região interna da edificação, processos esses que podem envolver a introdução do ar externo, mistura e condicionamento do ar interno em todas as regiões da edificação e a retirada de uma parte desse ar interno. Pode ser deteriorada a qualidade do ar interno, quando uma ou mais partes desse processo forem inadequadas. Em algumas partes do edifício, por exemplo, pode reunir dióxido de carbono, quando inseridas e misturadas quantidades insuficientes de ar dentro do mesmo. O CO₂ isoladamente ou em combinação entre si, é um dos vários poluentes gasosos que pode promover efeitos adversos à saúde, como dor de cabeça, mal estar, tontura e até problemas de pele.

3. DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

A metodologia que se adotou nesta pesquisa foi executada conforme o delineamento experimental apresentado na Figura 3.1.

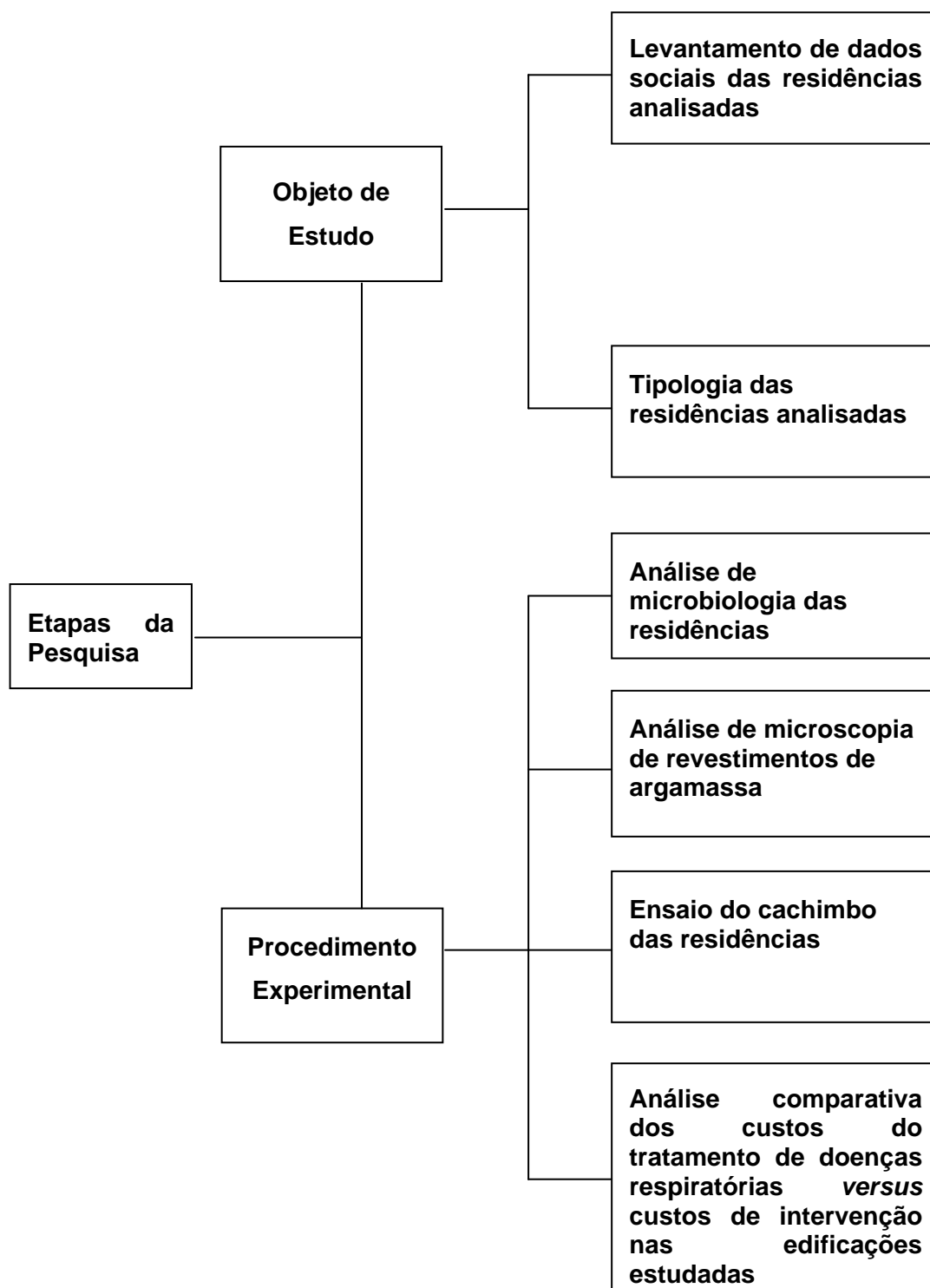


Figura 3.1– Delineamento experimental

3.1 Objeto de Estudo

Para o desenvolvimento da pesquisa optou-se por analisar habitações de interesse social por apresentarem em sua grande maioria deficiências quanto ao seu processo construtivo, tendo como conseqüências as aparições de manifestações patológicas que interferem nas condições de habitabilidade dos seus moradores.

3.1.1 Levantamento de dados sociais das residências analisadas

O estudo foi realizado em Pitangueiras, uma cidade de pequeno porte, localizada no interior do estado de São Paulo, na região de Ribeirão Preto. A cidade possui, segundo fonte do IBGE, cerca de 33. 329 (trinta e três mil trezentos e vinte e nove) habitantes.

As habitações de interesse social estudadas estão localizadas fora da zona central, ou seja, nos bairros periféricos da cidade. Nestes bairros, nota-se que a maioria das casas estavam inacabadas, não possuíam revestimentos e pisos cerâmicos externos.

As entrevistas foram realizadas com os proprietários das residências e inquilinos que possuíam maior conhecimentos sobre os assuntos abordados quanto às questões sociais e as tipologias.

Em relação ao número de habitantes dessas moradias, as famílias eram constituídas em média por 05 (cinco) pessoas, apresentando faixa etária diversas, sendo crianças, adultos e idosos.

Quanto ao grau de escolaridade dos moradores, em sua maioria possuíam o ensino fundamental.

No que se refere à renda familiar mensal, foi constatado que a maioria das famílias possuem renda inferior a 03 (três) salários mínimos, podendo justificar variáveis como edificações sem acompanhamento de profissional habilitado, sem projetos e nem especificações dos materiais utilizados, apresentando assim, maior quantidade de manifestações patológicas.

3.1.2 Tipologias das residências analisadas

Geralmente essas habitações são construídas sem acompanhamento de profissional habilitado, fato esse que pode ser explicado devido ao baixo poder aquisitivo que esses moradores apresentam, e que também não possuem uma cultura de solicitar esses tipos de serviços. Outro fator que foi notado na cidade de Pitangueiras é de que a Prefeitura Municipal local fornece gratuitamente projetos básicos para construções de habitações de

interesse social, mas que são pouco divulgados à população. Apesar do fornecimento desses tipos de projetos, a prefeitura não dispõe de um número suficiente de profissionais para fiscalizar os moradores a seguirem as instruções que foram passadas através do projeto básico de forma correta para execução das moradias, por conta disso essas construções acabam não respeitando o projeto original, por exemplo, não seguem recuos mínimos quanto a suas vizinhanças, dimensões mínimas do sistema de aberturas para ventilação e insolação, tendo como consequência uma deficiente troca de ar com o ambiente externo que acaba tornando o ambiente interno propício a aparição e ploriferação de bolores que se instalam nas paredes que apresentam teores de umidades adequados, contribuindo assim para que o ambiente interno se torne mais insalubre.

Para o objeto de análise foram escolhidas seis habitações de interesse social, sendo três com evidências de bolor, denominadas de casas 1, 2 e 3 (figura 3.2) e três aparentemente sãs, denominadas casas 4, 5 e 6 (figura 3.3). Esses tipos de habitações foram escolhidas por apresentarem manifestações patológicas mais evidentes do que habitações de médio e alto padrão, principalmente no que se diz respeito a umidade nos revestimentos de argamassa.



Figura 3.2– Casas com evidências de bolor – casa 1 (a), casa 2 (b) e casa 3 (c)



Figura 3.3– Casas aparentemente sãs – casa 4 (a), casa 5 (b) e casa 6 (c)

A tipologia das habitações de interesse social analisadas possuem as seguintes características físicas e construtivas:

- Área média das construções: até 80 m²;
- Solo com predominância de material argiloso;
- Localização do terreno: distantes de áreas de várzeas, ou seja, os solos não possuem a presença do lençol freático próximo às fundações das edificações;
- Edificações construídas até 25 anos;
- Fundação constituída por vigas baldrame apoiada em estacas (brocas);
- Impermeabilização da fundação (viga baldrame): quando existente, executada com material betuminoso ou agente hidrofugante;
- Paredes em alvenaria auto portante não armada, com tijolos cerâmicos furados;
- Tipos de cobertura: telhas cerâmicas e/ou fibrocimento, apoiadas sobre estrutura de madeira com sistema de tesouras (treliças) e com beirais (ou não) em estrutura de madeira e/ou laje pré-moldada de aproximadamente 50 cm, sendo que em um caso foi executada laje sem impermeabilização e sem cobertura de telhas;
- Forro em laje pré-moldada apoiada sobre paredes auto portantes, tendo como componente de enchimento lajotas cerâmicas;
- Revestimentos internos constituídos em argamassa mista em todos os compartimentos;
- Revestimentos externos constituídos em argamassa mista (ou sem revestimento);
- Pintura interna constituída com látex PVA;
- Pintura externa constituída com látex (ou sem pintura);
- Piso externo em concreto com acabamento alisado (tipo concreto polido) e/ou com revestimento cerâmico;
- Recuos: a maior parte das casas não obedeciam os recuos mínimos estabelecidos no código de obras do município, sendo que os valores desses recuos situavam-se em torno de 1,0 metro.

3.2 Procedimento Experimental

O procedimento experimental foi realizado em três fases, sendo que a análise de microbiologia e microscopia evidenciam a presença ou não de fungos filamentosos nas habitações estudadas. Já o ensaio do método do cachimbo verificou a permeabilidade dos revestimentos de argamassa através da absorção de água.

3.2.1 Roteiro para análise de microbiologia dos revestimentos de argamassa nas habitações analisadas

O trabalho experimental foi realizado através de método de microbiologia básica segundo modelo adotado por SHIRAKAWA *et al.* (1995), que inclui no seu procedimento as etapas de coleta, transporte, semeadura, isolamento e identificação dos microrganismos. Vale lembrar que em todas essas etapas os materiais para coleta e recipientes para transporte devem estar totalmente esterilizados. O laboratório responsável pela análise do ensaio foi o Laboratório Centro de Diagnósticos - Controle, situado na cidade de Ribeirão Preto-SP.

A realização da coleta foi feita nas paredes à altura de 1,50 metros nos dormitórios nas habitações de interesse social, sendo três com evidências de bolor, denominadas de casas 1, 2 e 3 e três aparentemente sãs, denominadas casas 4, 5 e 6, seguindo a seguinte metodologia:

a) Coleta e transporte

Foi feita utilizando o “swab” estéril (cotonete), passando-o sobre a região do revestimento de argamassa que apresentavam ou não sinais de bolores, sendo a figura 3.4 a habitação de interesse social denominada de casa 6, classificada como casa aparentemente sãs. Em seguida, o swab é inserido em recipiente estéril, sendo fechado e levado ao laboratório para que fossem feitos a semeadura, isolamento e identificação dos fungos.



Figura 3.4– Coleta utilizando “swab” na casa 6, denominada casa aparentemente sã

A etapa de coleta é de extrema importância para que se possa chegar aos agentes etiológicos envolvidos no método de biodeteriorização (Figura 3.5).

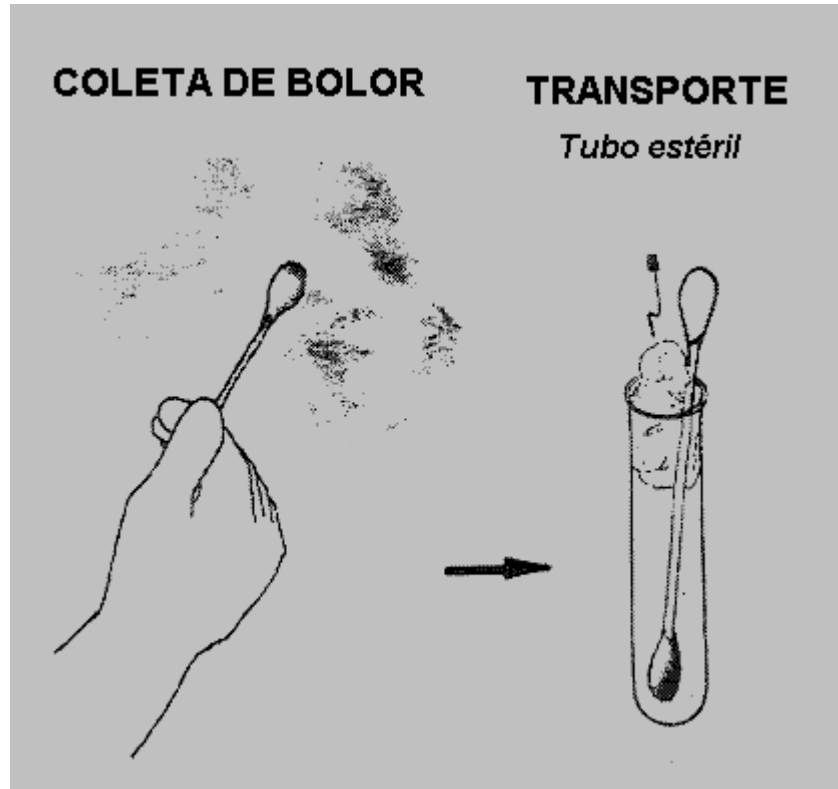


Figura 3.5- Coleta do material analisado. Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente. Shirakawa *et al.* (1995)

Para que se tenha a garantia de que os microrganismos desenvolvidos no processo de isolamento não sejam provenientes de contaminações do meio ambiente durante a etapa de coleta e transporte, é fundamental que as condições de esterilização, assepsia, e o não contato manual sejam feitos de maneira correta.

Recomenda-se que a amostra coletada seja enviada ao laboratório no prazo máximo de 24 horas.

b) Semeadura dos fungos provenientes dos bolores

A semeadura é definida como a maneira de inoculação da amostra em um meio de cultura adequado para que o microrganismo atinja seu crescimento (figura 3.6). Para o desenvolvimento de muitos gêneros como fungos, algas e bactérias existem meios de cultura exclusivos, sendo esses meios seletivos para cada um destes microrganismos, pois devem considerar as suas necessidades nutricionais peculiares.

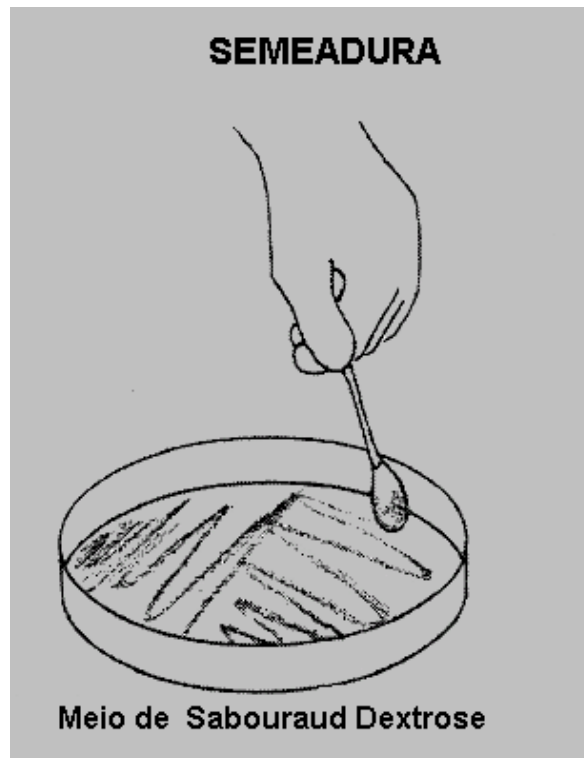


Figura 3.6– Semeadura do material analisado. Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente. Shirakawa *et al.* (1995)

Neste estudo, os swabs que continham esporos dos fungos provenientes da coleta de bolores dos revestimentos de argamassa foram semeados por meio de cultura sólida não seletivo do tipo Sabouraud Dextrose.

c) Isolamento das colônias de fungos

Para ocorrer a germinação dos esporos é necessário que se tenha condições de nutrição, umidade e temperatura adequadas, formando assim hifas e corpos de frutificação que conseqüentemente dão origem a colônias de fungos que se diferenciam de alguns gêneros de fungos através de suas características macroscópicas, tais como: cor, textura, forma, etc (figura 3.7).

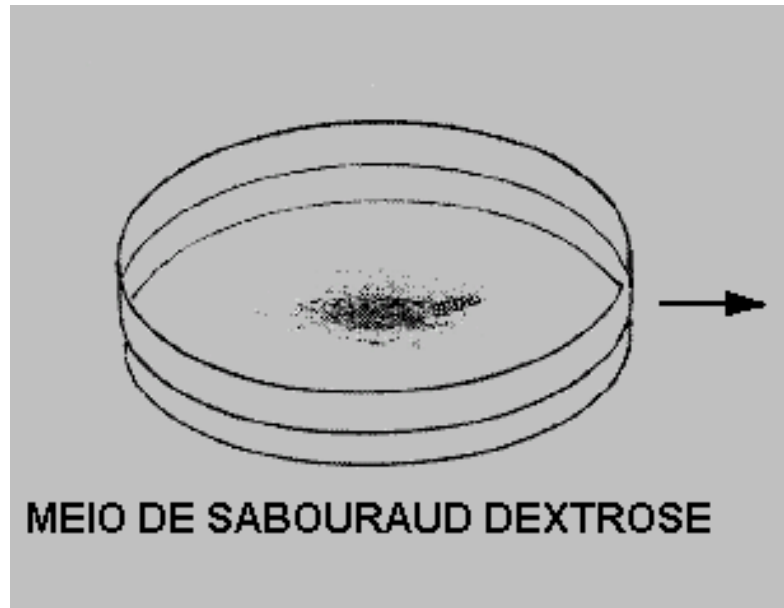


Figura 3.7– Isolamento das colônias. Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente. Shirakawa *et al.* (1995)

Para ocorrer uma só espécie de fungo, ou seja, cultura pura, as colônias que surgem isoladas são levadas para um meio de cultura novo, e da mesma forma, sendo examinadas por meio de características macroscópicas.

d) Identificação dos fungos

A identificação do fungo a nível de gênero foi realizada após a cultura pura, sendo feita uma análise microscópica de uma cultura crescida sobre um pequeno pedaço de meio sólido (Sabouraud Dextrose) colocado sobre uma lâmina de vidro e abaixo de uma lamínula. Este método é chamado de microcultivo e é utilizado para identificar o fungo a nível de gênero. O corpo de frutificação do fungo fixa na superfície da lamínula depois de 10 dias de incubação à temperatura de 25° C a 28° C, sendo essa lamínula retirada e depositada em uma nova lâmina com uma gota de corante (lactofenol - azul de algodão) - (Figura 3.8).

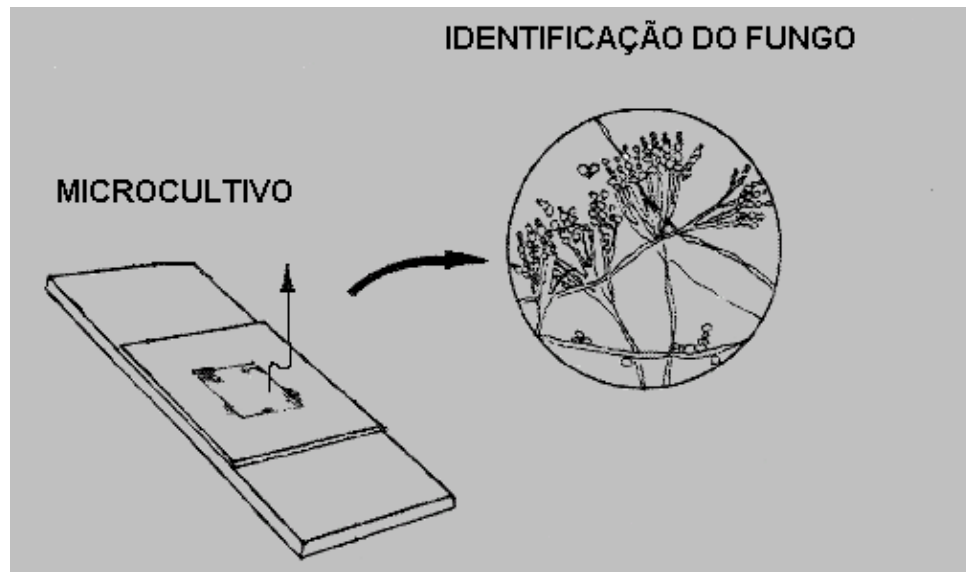


Figura 3.8– Identificação dos fungos. Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente. Shirakawa *et al.* (1995)

3.2.2 Análise de Microscopia de Revestimento

Foi analisada uma amostra do revestimento de argamassa (Figura 3.9) do revestimento de uma parede da casa 1, denominada casa com evidência de bolor, onde também foi realizado a análise de microscopia (item 3.2.1). Para coleta da amostra do revestimento em questão foi utilizado ferramentas convencionais como talhadeira e marreta para extração da amostra. Esta amostra foi levada a um microscópio óptico com aumento de 400 vezes, o qual permitiu a visualização da ocorrência do fungo identificado.



Figura 3.9– Amostra do revestimento de argamassa da casa 1, denominada casa com evidência de bolor.

As imagens da superfície das amostras de revestimento de argamassa com presença de fungos, foram feitas com o auxílio de um Microscópio Triocular Metalográfico Invertido Marca Opton - mod. TNM-07T-PL, conectado a um microcomputador para aquisição e tratamento de imagens digitais com o programa Scope Photo, versão 1.0, como pode ser observado na Figura 3.10. A análise foi realizada no laboratório de físico-química da Ufscar.

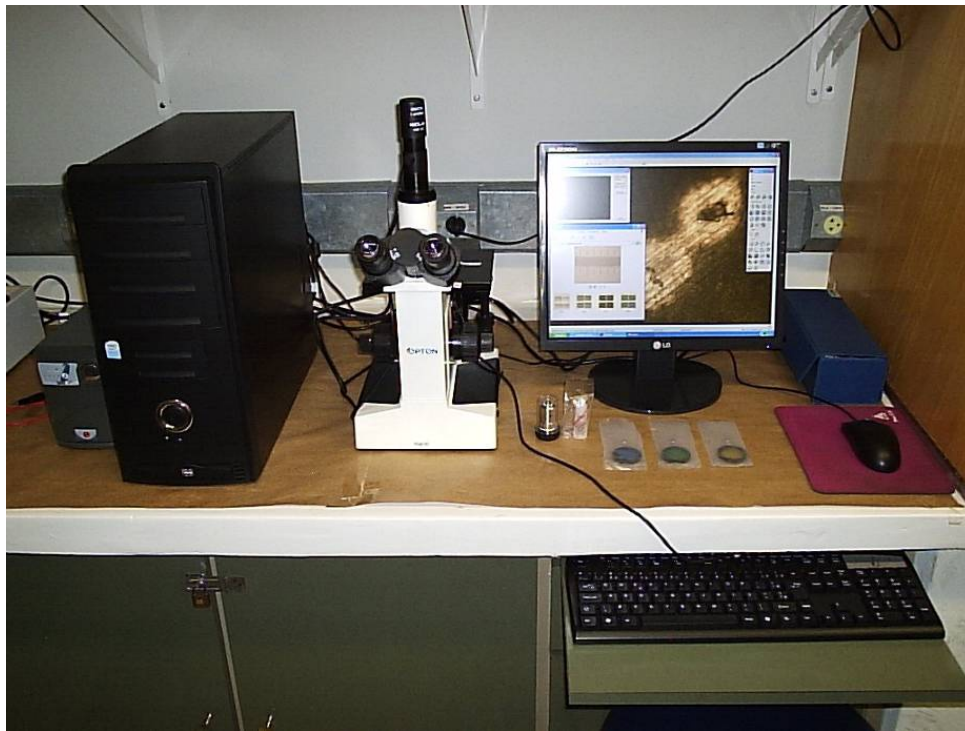


Figura 3.10– Microscópio óptico invertido com sistema digital de captura e processamento de imagem fotografadas ou filmadas.

Na determinação da fração volumétrica das fases presentes no material, utilizou-se os programas:

Gwyddion versão 2.7 e Image J, versão 1.40g .

As micrografias foram analisadas em campo claro com resolução de 1280 x 1024 pixels com aumentos de 100, 200, 400 e 1000x e, para cada amostra, serão capturados 20 campos de observação na figura, procedimento que está de acordo com a norma ASTM E-1382.

3.2.3 Execução do ensaio do método do cachimbo

Este ensaio já descrito no item 2.7 permitiu a avaliação da permeabilidade dos revestimentos de argamassa das casas analisadas.

Os materiais e equipamentos necessários para execução e procedimentos do método do cachimbo (Figura 3.11), foram adaptados às condições das casas analisadas e conforme definido pelo CSTC (1982) são definidos como segue:

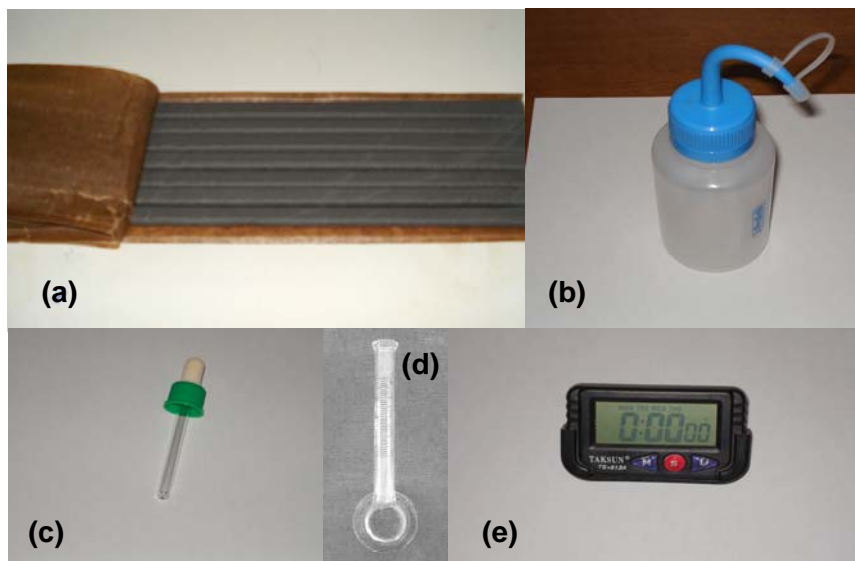


Figura 3.11– Materiais e equipamentos para execução do método do cachimbo.

- Massa para calafetar (tipo mastique) (Figura 3.11 a);
- Pisseta com capacidade de 500 ml (Figura 3.11 b);
- Conta gotas (Figura 3.11 c);
- Cachimbo de vidro, conforme recomendações do CSTC (Figura 3.11 d);
- Cronômetro para monitorar as leituras (Figura 3.11 e).

A realização do ensaio foi executada nas paredes à altura de 1,50 e 0,40 metros em todas as habitações de interesse social estudadas, ou seja, sendo três com evidências de bolor, denominadas de casas 1, 2 e 3 e três aparentemente sãs, denominadas casas 4, 5 e 6. Todos os ensaios foram executados na face interna das paredes externas das habitações.

Foi modelada uma porção da massa de calafetar e com as mãos envolveu-se toda a borda do cachimbo de vidro, para assim comprimir o mesmo sobre o revestimento de argamassa para melhor fixação (Figura 3.12).



Figura 3.12– Fixação do cachimbo de vidro sobre o revestimento de argamassa

Utilizando a pisseta preencheu-se o cachimbo de vidro com água potável até bem próximo a referência que é graduada ao nível zero (Figura 3.13 a), depois com um conta gotas ajustou-se o nível de água (Figura 3.13 b) e em seguida iniciou-se a leitura no cronômetro.

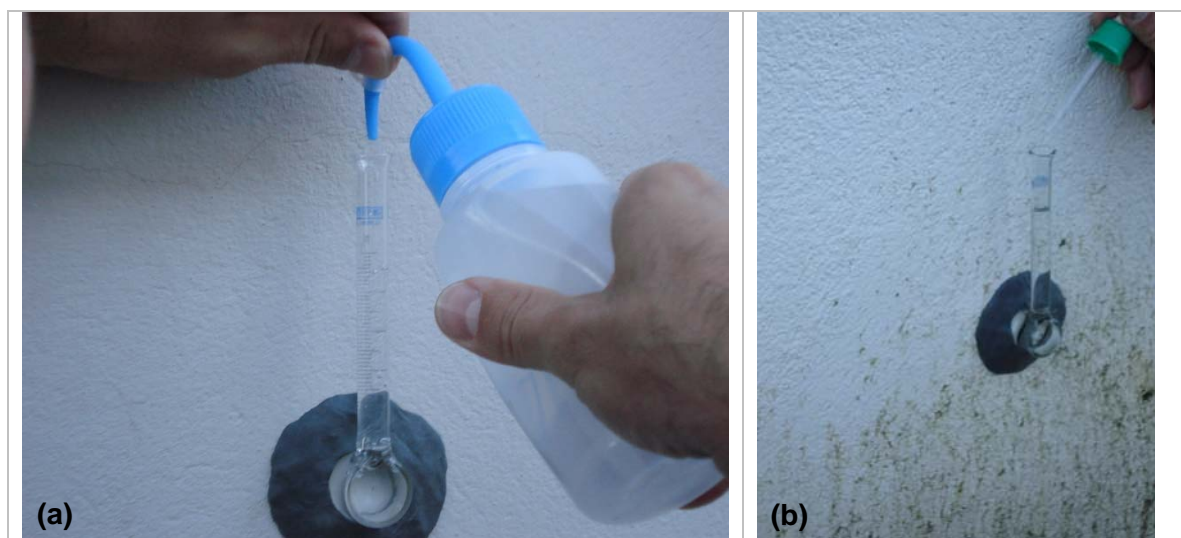


Figura 3.13– Preenchimento com água no cachimbo utilizando: pisseta (a); conta gotas (b).

A utilização do conta gotas para ajustar o nível de água foi necessário pelo fato de não conseguir com a pisseta o ajuste correto com água do nível zero do cachimbo de vidro, uma vez que se ultrapassasse o nível de referência seria necessário iniciar todo o processo de ensaio, ou seja, retirar o aparelho de vidro (cachimbo), esgotar a água contida, modelar

novamente a massa para fixa-lo no revestimento de argamassa para posteriormente preenchê-lo com água até conseguir calibrá-lo até o nível de referência zero .

Em seguida, foram efetuadas leituras a cada 5 minutos, observando a diminuição do nível d'água em cm^3 até que se atingiu o tempo de 15 minutos de ensaio.

Um fato que foi notado no decorrer do experimento é que quando se analisou um revestimento de argamassa feito recentemente e que não possuísse qualquer tipo de proteção com pintura em látex, ou mesmo com base seladora, o cachimbo de vidro não se fixou totalmente a base do revestimento, mesmo sendo trocado a massa de fixação e até mesmo em posições diferentes na superfície do revestimento de argamassa. Sendo assim a superfície foi limpa com um pano para que fossem retirados os grãos de areia que estavam soltos na superfície do revestimento de argamassa e assim o ensaio era realizado sem problemas quanto à aderência do tubo de vidro (cachimbo) no revestimento de argamassa.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo estão discutidos os resultados da análise de microbiologia dos revestimentos de argamassa, dos ensaios do método do cachimbo e a comparação dos custos do tratamento de doenças respiratórias versus custos de intervenção nas edificações estudadas.

4.1 Análise de microbiologia dos revestimentos de argamassa

Das amostras coletadas nos revestimentos de argamassa das habitações de interesse social, após a sementeira e o isolamento, foram identificados os seguintes tipos de fungos:

- Fungos filamentosos: *Penicillium sp*, *Aspergillus sp*, *Acremonium sp*, *Cândida*;

Os resultados laboratoriais encontram-se no Anexo 1- itens 1.1 e 1.2.

As figuras apresentadas a seguir ilustram a verificação da presença de fungos nos revestimentos estudados e a cultura realizada após a retirada de amostras.

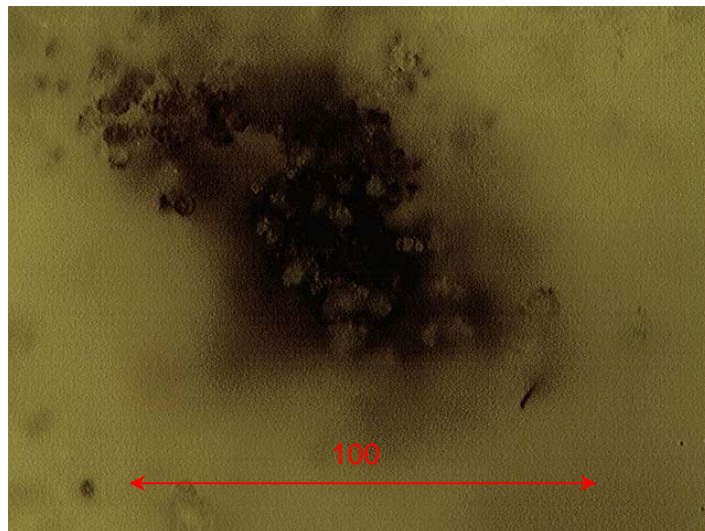


Figura 4.1– Presença de fungos no revestimento de argamassa das habitações estudadas
microscopia ótica (400 x) de revestimento com evidência de bolor

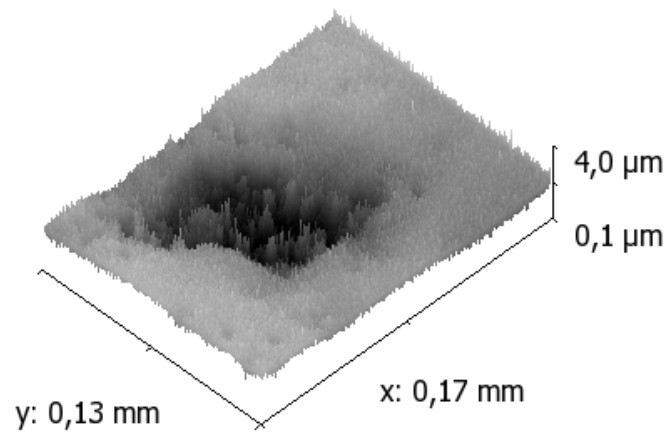


Figura 4.2– Presença de fungos no revestimento de argamassa das habitações estudadas representação em 3D da microscopia.



Figura 4.3– Presença de fungos no revestimento de argamassa das habitações estudadas em tubo de ensaio após semeadura realizada na análise microbiológica

A análise microbiológica realizada pelo Laboratório Centro de Diagnósticos - Controle, permitiu identificar em nível de gênero, fungos filamentosos e levedura que podem se tornar nocivos para a saúde dos habitantes das casas de interesse social estudadas nesta pesquisa. Esses resultados podem vistos no Anexo 1-itens 1.1 e 1.2.

4.2 Análise do ensaio do método do cachimbo

Os resultados do ensaio do cachimbo realizado nas habitações estão apresentados na forma de tabelas e gráficos, os quais permitem avaliar e comparar a permeabilidade dos revestimentos de argamassa.

A Tabela 4.1 está exemplificando uma coleta de dados referentes aos valores da permeabilidade/absorção de água nos revestimentos de argamassa da casa 1, classificada como casa com evidência de bolor.

Tabela 4.1 – Resultados dos ensaios de permeabilidade da casa 1

PLANILHA DE COLETA DE DADOS DO ENSAIO DO CACHIMBO							
Casa n°: 01							
Local: Rua Sebastião Adriano n° 63 – Pitangueiras/SP							
Data: 22/08/2007							
Horário inicial:	Horário final:	Tmi inicial:	Tme inicial:	RH inicial:	Tme final:	Tme final:	RH final:
15h05	16h	27,7°C	32,1°C	40%	32,1°C	32,8°C	37%
Leituras	Posição dos cachimbos fixados na parede						
	h= 0,40 m			h= 1,50 m			
5 min	0,35			0,52			
10 min	0,85			1,10			
15 min	1,25			1,50			

Tmi: temperatura média interna

Tme: temperatura média externa

RH: umidade relativa do ar

A Tabela 4.1 também contém dados referentes ao horário, temperaturas médias do ambiente interno e externo, umidade relativa do ar tanto no início quanto no término do experimento.

No Apêndice 1-itens 1.1 e 1.2 deste texto estão apresentados as demais tabelas com os dados coletados para todas as habitações estudadas.

4.2.1 Casas com evidências de bolores

Os dados apresentados nas tabelas 01, 02 e 03 (Apêndice1-item 1.1), correspondentes as casas 1, 2 e 3 foram colocados na forma de um gráfico de barras (Figura 4.4) que facilita visualização da magnitude dos valores obtidos para a permeabilidade em cada uma das casas doentes investigadas.

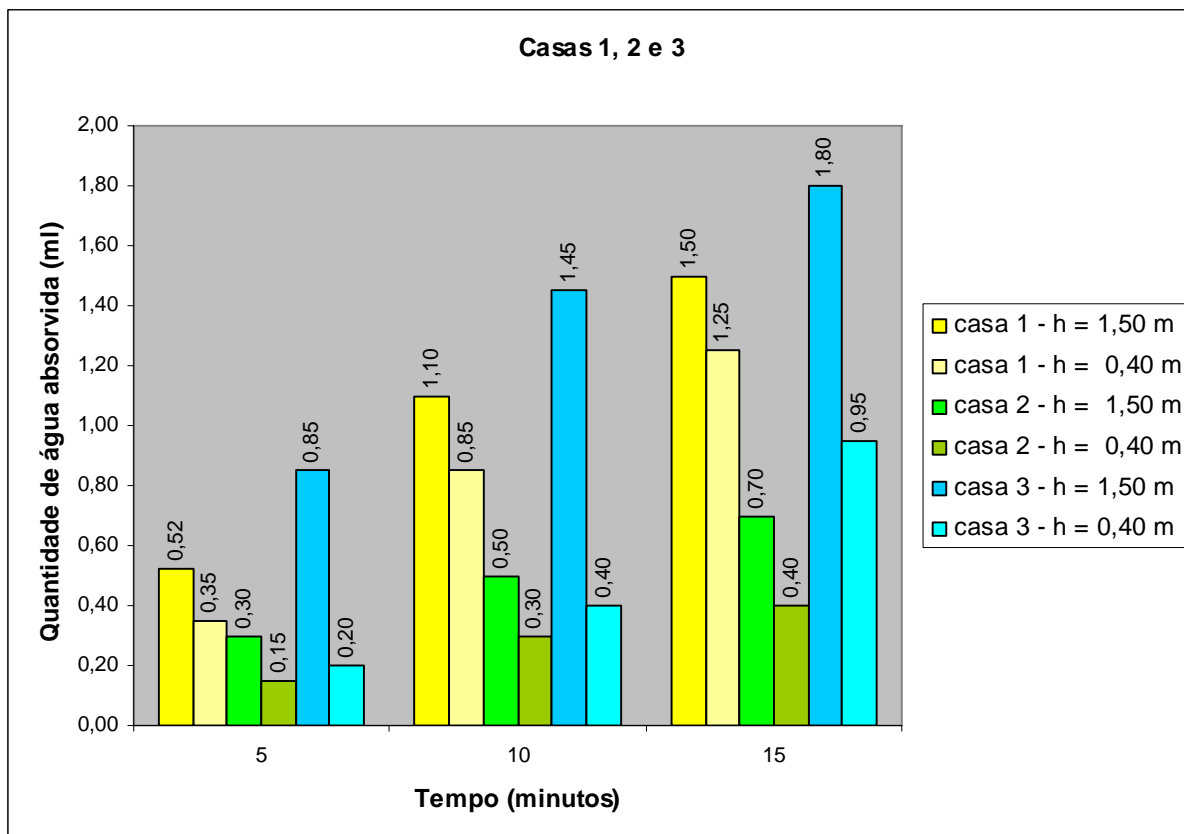


Figura 4.4– Resultados do ensaio do cachimbo das casas com evidencias de bolores

Nota-se que os resultados foram diferentes para cada uma das casas analisadas.

Verificou que os valores de permeabilidade dos ensaios realizados à altura de 1,50 metros foram maiores do que os obtidos na experimentação feita na altura de 0,40 metros. Segundo Shirakawa *et al.* (1998), tal fato pode ser explicado devido a altura de 0,40 metros apresentar bolores mais evidentes, formando assim uma possível quantidade de biofilme maior nessa região, e conseqüentemente uma barreira que dificulta a infiltração da água.

4.2.2 Casas aparentemente sãs

Os locais nos quais foram executados os ensaios do cachimbo das casas 4, 5 e 6 não apresentavam sinais evidentes de bolores, sendo que na Figura 4.5 estão apresentados

os valores da permeabilidade obtidos pelo Método do Cachimbo para estes três casos, os quais encontram-se demonstrados nas tabelas 04, 05 e 06 (Apêndice 1-item 1.2).

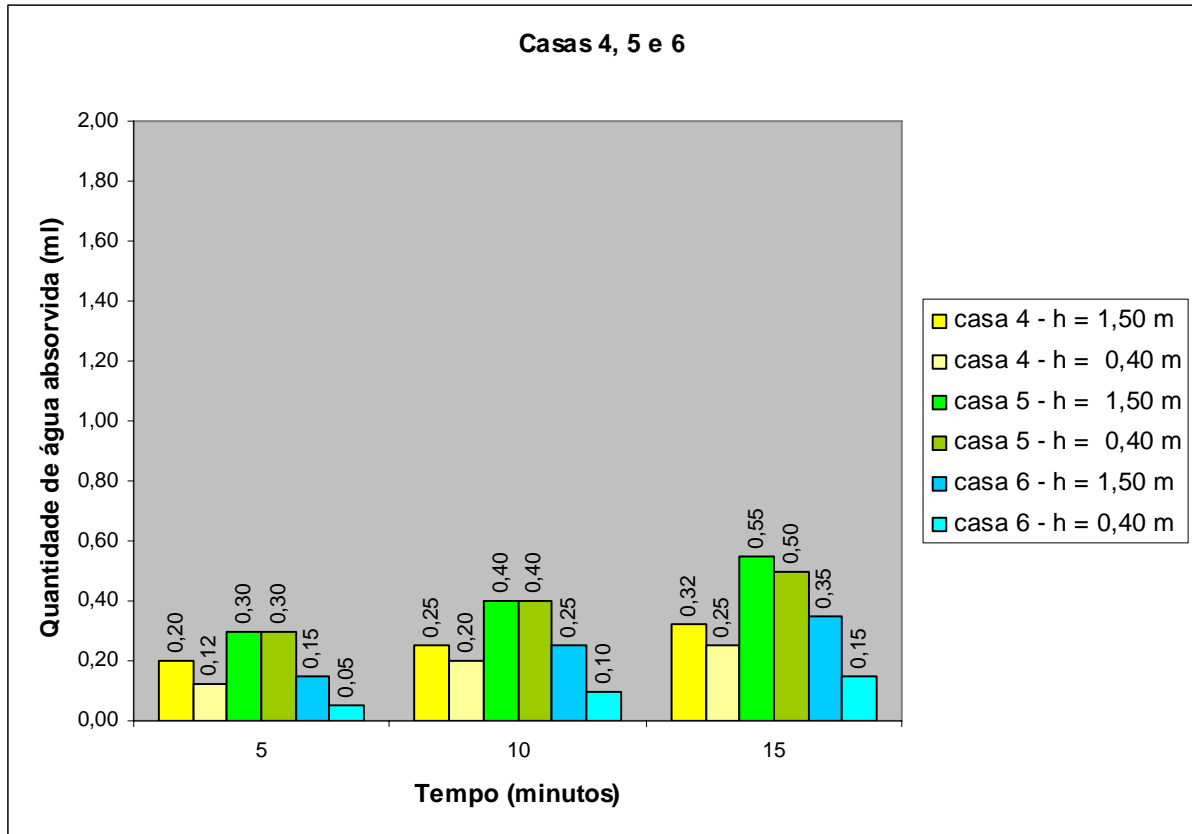


Figura 4.5– Resultados do ensaio do cachimbo das casas aparentemente sãs

Os valores de permeabilidade apresentados na Figura 4.5 são significativamente inferiores aos valores obtidos nos ensaios realizados nas casas com evidências de bolores (Figura 4.4). Todavia, pode-se constatar que em todos os casos analisados, os valores da permeabilidade é menor para a altura de 0,40 metros comparativamente à altura de 1,50 metros. Isto pode ser explicado pela possibilidade de existência de uma camada de biofilme formada na região de menor altura.

Na cota inferior normalmente existe menor permeabilidade em função da saturação do revestimento, dificultando a absorção de água pelo cachimbo.

4.3 Análise comparativa dos custos do tratamento de doenças respiratórias versus custos de intervenção nas edificações estudadas

De forma geral buscou-se procurar qual o custo que do tratamento da doença respiratória para o município.

São apresentados a seguir dados resultantes da pesquisa realizada junto à Prefeitura Municipal de Pitangueiras, na Secretaria da Saúde. Esses dados referem-se ao levantamento de custos relativos ao tratamento de doenças respiratórias, como Internações no SUS dos residentes em Pitangueiras no ano de 2007.

O objetivo deste item foi comparar os custos citados anteriormente com os custos relativos ao serviços de impermeabilização das fundações e pintura dos revestimentos de argamassa das habitações de interesse social estudadas.

Conforme documento apresentado pela Secretaria Municipal da Saúde (ver Anexo 2-item 2.1), foi quantificado o valor da internação de 141 pacientes que apresentaram diversos tipos de doenças respiratórias sendo que valor total gasto com o tratamento de todas essas doenças foram de R\$ 85.073,02. Avaliando o custo do tratamento dessas doenças por paciente chega-se ao valor de R\$ 603,35.

A maior frequência destas internações foi a pneumonia em adulto cerca de 57,45% equivalente a 81 doentes, que custou aproximadamente R\$ 51.704,83 seguido de 26 casos, ou seja, 18,44%, de pneumonia em crianças, que originou custos de R\$ 15.201,54.

Quanto ao levantamento de materiais para executar a impermeabilização das fundações e pintura dos revestimentos de argamassa, foi escolhida como parâmetro a casa 2 (casa com evidência de bolor), conforme Figura 4.6 e chegou-se aos custos dos materiais (Tabela 4.2), observando-se que não foi levado em conta o custo da mão de obra para a realização dos serviços descritos a seguir :

- Aplicação de duas demãos de impermeabilizante betuminoso tipo neutro em toda fundação;
- Pintura em tinta látex PVA (duas demãos) aplicada sobre selador (duas demãos) nos dormitórios, hall, sala, parte da cozinha, parte do banheiro e toda área externa;
- Pintura em esmalte sintético (duas demãos) até altura de 1,50 metros aplicada sobre selador (duas demãos) em todo o perímetro do banheiro e na cozinha em uma das paredes de maior extensão (parede externa);

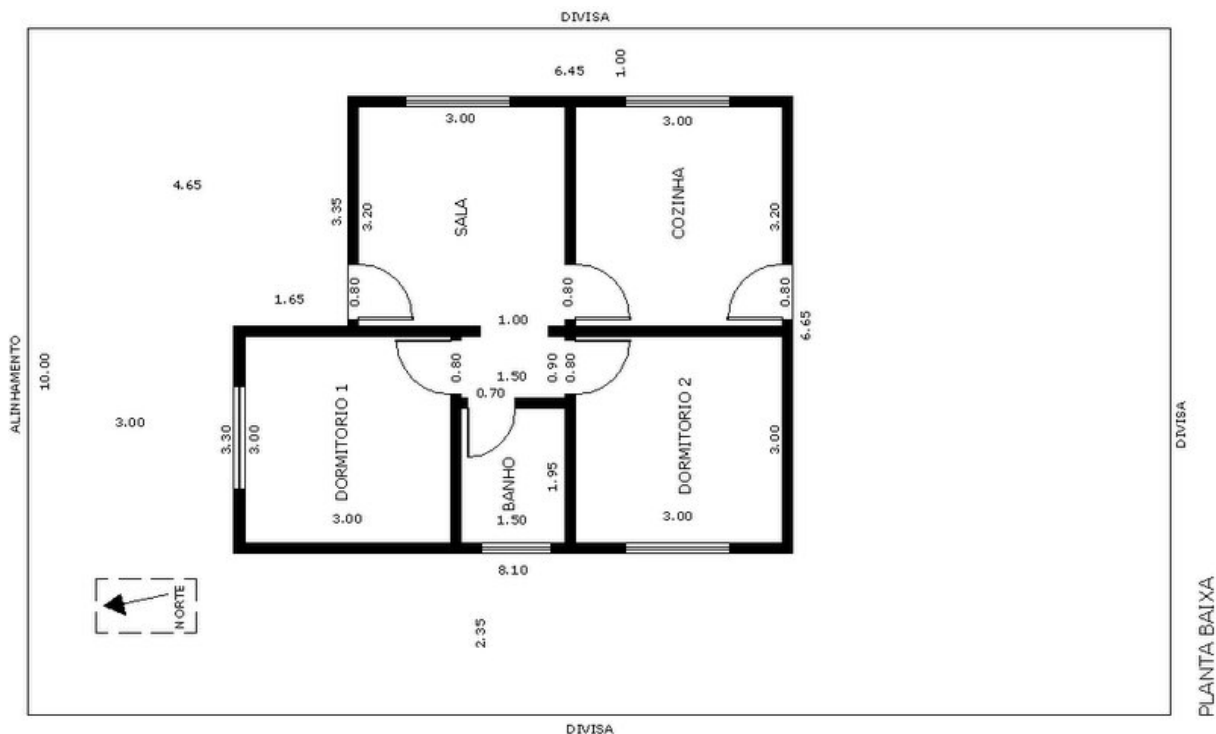


Figura 4.6 – Planta Baixa da casa 2 (casa com evidencia de bolor)

Tabela 4.2 – Planilha de custos de materiais utilizado na casa 2.

Descrição do serviços realizados	Área (m ²)	Material (L/ m ²)	Valor / L (R\$)	Valor total do material (R\$)
Impermeabilização da fundação (2 demãos)	25	0,50	4,33	54,13
Pintura Seladora (2 demãos)	322	0,20	2,41	155,20
Pintura com Látex PVA (2 demãos)	306	0,20	3,07	187,90
Pintura em esmalte sintético (2 demãos)	16	0,15	8,24	19,78
kit pintura (pincel, rolos, brocha e solvente)				22,84
Total geral				439,85

A Tabela 4.2 apresenta valores que realmente foram utilizados nos serviços mencionados. Porém, para a compra desses materiais o valor foi maior chegando à R\$ 485,62 (ver Anexo 3-item 3.1), pois a quantidade comprada não é vendida a granel, ou seja, para o impermeabilizante, selador, tinta latex PVA e tinta esmalte sintético, as embalagens são fornecidas em latas (Lt) de 18 litros e galões (Gl) de 3,60 litros.

Verificou-se que o valor de R\$ 603,35 (custo do tratamento de um paciente) que o município disponibilizou com o tratamento de doenças respiratórias de uma pessoa foi maior

quando comparado com a intervenção na casa 2 (casa com evidência de bolor) em seu sistema de impermeabilização das fundações e pintura dos revestimentos de argamassa, atingindo o valor de R\$ 485,62. Portanto, o custo do investimento da intervenção para a melhoria dos sistemas de impermeabilização e revestimentos/pintura é cerca de 20% menor do que os possíveis gastos com o tratamento de doenças respiratórias com um único morador por habitação. Deve-se agregar ainda o fato de que não foi computado o custo social relativo aos dias de trabalho perdidos pelo morador, seja para tratar da doença ou para o acompanhamento de um familiar enfermo em decorrência de doença respiratória oriunda do bolor dos revestimentos.

Tabulados esses dados, foi possível verificar que é viável para o município fornecer um *kit* contendo material impermeabilizante e materiais para pintura para as habitações de interesse social, do que ter um gasto maior com o tratamento de doenças respiratórias relacionadas aos agentes causadores. Este *kit* ajudaria na prevenção da ocorrência de manifestações patológicas relacionados com a umidade e possíveis ploriferações de microorganismos (bolor) nos revestimentos de argamassa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise microbiológica permitiu a identificação dos seguintes fungos filamentosos:

- *Penicillium sp*;
- *Aspergillus sp*;
- *Acremonium sp*;
- *Cândida*.

Esses fungos foram encontrados e identificados nas casas estudadas e os mesmos podem contribuir para a insalubridade das habitações. Com um maior controle das variáveis será possível quantificar de maneira mais efetiva a ocorrência de fungos em revestimentos de argamassa em habitações de interesse social.

O método do cachimbo permitiu avaliar a permeabilidade dos revestimentos de argamassa das habitações estudadas.

Na análise comparativa realizada entre os custos do tratamento de doenças respiratórias *versus* custos de intervenção nas edificações estudadas foi possível identificar que existe vantagem econômica na prevenção de doenças respiratórias. Uma das intervenções que pode contribuir para esta prevenção é a melhoria da qualidade de habitações de interesse social no quesito impermeabilização das fundações e pintura dos revestimentos de argamassa.

6. REFERÊNCIAS

ALLUCI, M. P.; FLAUZINO, W. D.; MILANO, S. Bolor em edifícios: causas e recomendações. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Tecnologia de edificações**. São Paulo: Pini, 1988. p. 565-70. (Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT).

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard test method for water permeance of masonry**: E-514. Philadelphia, 1974.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard test methods for determining average grain size using semiautomatic and automatic image analysis**: E-1382. EUA, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575-4**: edifícios habitacionais até cinco pavimentos – Desempenho – Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas. Rio de Janeiro, 2008.

ARAUJO, A. B. Humidade e degradação nos edifícios: considerações sobre o projeto, os materiais, a execução, a utilização, a manutenção e deterioração. **Revista Internacional Construlink**, v. 3, n. 8, p. 1-10, 2003.

BACH, E. E.; RANGEL, A. R. Biodeterioração de tintas à base de água por fungos. **Exacta**, Centro Universitário Nove de Julho (UNINOVE), v. 3, p. 79-84, 2005.

BARROS, M. M. B.; TANIGUTI, E. K.; RUIZ, L. B.; SABBATINI, F. H. **Tecnologia construtiva racionalizada para produção de revestimentos verticais**. São Paulo: Escola Politécnica da USP/PCC, 1997. Notas de aula: Problemas patológicos em Revestimentos Verticais.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **Methods of test for resistance to air and water penetration**: BSI-4315. Part 2: Permeable walling construction (water penetration). London, 1970.

CARMO, A. D.; PRADO, R. T. A.. Qualidade do ar interno. **Texto Técnico da Escola Politécnica da USP. TT/PCC / Departamento de Engenharia de Construção Civil**, 23., 35 p., 1999.

CENTRE SCIENTIFIQUE DU BÂTIMENT.CSTB Certificats CSTBat – Enduis monocouches d'imperméabilisation. Reglement technique. Paris, 1998. 16p.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION. **Hydrofuges de surface**: choix et mise em oeuvre. Bruxelles, 1982. 24p. Note D'Information Technique – NIT n.140.

CORTELASSI, E. M. **Biodeterioração de revestimentos em habitação de interesse social**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina/Engenharia Civil, 2002. 107 p. Trabalho de Conclusão do Curso.

DAFICO, D. A.; CAVALCANTE, M. C. O.; ALMEIDA, A. F. Estudo da eficiência de aditivos impermeabilizantes para argamassas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 6., 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: editora, 2005. p.307-315.

DIAS, C. M. R.; JONH, V. M. Efeitos do envelhecimento na microestrutura e no comportamento mecânico dos fibrocimentos. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. BT/PCC / Departamento de Engenharia de Construção Civil**. 418, 12 p., 2005.

DIAS, L. A. **Avaliação da permeabilidade e da absorção da água em revestimentos de argamassa**. 2003. 169 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2003.

DUAILIBE, G. J. **Avaliação de propriedades hidrodinâmicas em materiais granulares e argamassas com cinza pesada e agregado reciclado**. 2008. 141 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2008.

FLAUZINO, W. D.; UEMOTO, K. L. Durabilidade de materiais e componentes das edificações. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE RACIONALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E SUA APLICAÇÃO ÀS HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL, 1., 1981, São Paulo. **Anais....** São Paulo: IPT, 1981. p. 203-220.

HENRIQUES, F. Fenômenos de higroscopicidade devidos à presença de sais solúveis. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1., 2003, Porto. **Anais...** Porto: FEUP, 2003, p. 5-18.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em 18 out. 2008.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Determinação da estanqueidade à água de paredes externas: ME-15. In: **Normalização de interesse da construção de habitações**. São Paulo, 1981. v.2.

IOSHIMOTO, E. Incidência de manifestações patológicas em edificações habitacionais. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Tecnologia de edificações**. São Paulo: Pini, 1988. p. 545-48. (Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT).

IOPPI, P. R.; ARRUDA, H. A. C. Patologia da alvenaria estrutural de tijolo cerâmico aparente e manifestações identificadas: diagnóstico, terapia e prevenção. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ALVENARIA ESTRUTURAL PARA PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO. 5., 1994, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1994, p. 553-573.

LICHTENSTEIN, N. B. Patologia das construções. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. BT/PCC / Departamento de Engenharia de Construção Civil**, 6., 35 p. 1986.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das construções**: procedimento para formulação do diagnósticos de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações. 1985. 191 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1985.

LORDSLEEM, A. C. J.; FRANCO, L. S.. Sistemas de recuperação de fissuras da alvenaria de vedação: avaliação da capacidade de deformação. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. BT/PCC / Departamento de Engenharia de Construção Civil**, 195., 22 p. 1998.

MACIEL, L. L. **O projeto e a tecnologia construtiva na produção dos revestimentos de argamassa de fachada**. 1997. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

MARTINS, A. A. N.; DJANIKIAN, J. G.. Aspectos de desempenho da argamassa dosada em central. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. BT/PCC / Departamento de Engenharia de Construção Civil**, 235., 27 p. 1999.

MENDONÇA, L. V. Condesações em edifícios. **Arquitectura & Vida**, Lisboa, n. 63, p. 71-74, 2005.

MENEZES, R. R.; FERREIRA, H. S.; NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C. Sais solúveis e eflorescência em blocos cerâmicos e outros materiais de construção. **Revista Cerâmica**, São Carlos, nº 52, p. 37-49, 2006.

NAPPI, S. C. B. Umidade em paredes. In: CONGRESSO TÉCNICO-CIENTÍFICO DE ENGENHARIA CIVIL, 4., 1995, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1995. p. 537-547.

PADILHA JUNIOR, M.; AYRES, G.; LIRA, R.; JORGE, D.; MEIRA, GILASON. Levantamento quantitativo das problemas patológicos em revestimentos cerâmicos em fachadas de edificações verticais na cidade de João Pessoa - PB. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLOGIA JOÃO PESSOA, 2., 2007, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: CEFET, 2007. p. 1-10.

PINHEIRO, S. M. M. **Impacto da colonização fungo cladosporium sphaerospermum sobre a argamassa do concreto**. 2003. 134 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2003.

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

ROCHA, A. M.; KILPP, R.; KOHLER, R. **Identificação de problemas patológicos e suas conseqüências em edificações na cidade de Ijuí, RS**. Rio Grande do Sul: Universidade regional do Nordeste do estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI, 2006.

SATO, N. M. N.; VITTORINO, F.; AGOPYAN, V.; UEMOTO, K. L.; JOHN, V. M. Umidade e crescimento de microorganismos em fachadas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE DURABILIDADE DOS MATERIAIS, COMPONENTES E ESTRUTURAS. 3., 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EPUSP, 1997. p. 63-8.

SHIRAKAWA, M. A.; MONTEIRO, M. B. B.; SELMO, S. M. S.; CINCOTTO, M. A. Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 1., 1995, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG, 1995. p. 402-410.

SHIRAKAWA, M. A.; JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A.; GAMBALE, W. **A biodeterioração de materiais de construção civil**. Revista de tecnologia da construção - Técnica, v.5, n.33, p. 36-39. São Paulo. 1998.

SHIRAKAWA, M. A. **Biodeterioração de argamassas por fungos – desenvolvimento de teste acelerado para avaliação da bio-receptividade**. 1999. 131 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

SILVA, A. F. **Manifestações patológicas em fachadas com revestimentos de argamassa** - estudo de caso em edifício em Florianópolis. 2007. 192 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro Tecnológico em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2007.

SOUZA, R. H. F.; ALMEIDA, I. R.; VERÇOSA, D. K. **Fachadas prediais** – considerações sobre o projeto, os materiais, a execução, a utilização, a manutenção e deterioração. Revista Internacional Construlink, v. 3, n. 8, p. 1-8. 2005.

THOMAZ, E. Patologia das alvenarias. In: TAUIL, Carlos Alberto. **Manual técnico de alvenarias**. São Paulo: Projeto editores associados, 1990. p. 97-117.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo. Pini, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo 1989.

UEMOTO, K. L. Patologia: danos causados por eflorescência. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Tecnologia de edificações**. São Paulo: Pini, 1988. P. 561-64. (Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT).

WITTMANN, R.; CORTELESSI, E.; CARBONARI, B. T. Avaliação da permeabilidade do revestimento de parede, através do ensaio do cachimbo, em habitações de interesse social. In: ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11., 2002, Maringá. **Anais...** Londrina: UEL, 2002. p. 1-1.

ANEXO 1 - RESULTADOS DA ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DOS REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA

Neste anexo são apresentadas maiores informações sobre os resultados da análise microbiológica dos revestimentos de argamassa. A análise dos resultados e comentário sobre os ensaios de microbiologia são apresentados no Capítulo 4 – Análise dos Resultados.

1.1 Resultados das casas 1, 2 e 3 – evidências de bolor

**CENTRO DE DIAGNÓSTICOS
CONTROLE**
ANÁLISES CLÍNICAS • CITOPATOLOGIA • ULTRA-SONOGRAFIA

Resultados da Análise Microbiológica dos Revestimentos Argamassados

Aluno PPGCiv: Mario Marques Beato Sobrinho
Orientador: Prof. Dr. Almir Sales

Das amostras coletadas nos revestimentos argamassados das habitações de interesse social após a semeadura e o isolamento, foram identificados os seguintes tipos de fungos filamentosos:

Cultura pra fungos
Material: raspado de parede

Data da coleta das amostras 1, 2 e 3: 23/09/07

- Amostra – casa 1
Microorganismo isolado: Penicillium sp
Aspergillus sp
- Amostra – casa 2
Microorganismo isolado: Penicillium sp
- Amostra – casa 3
Microorganismo isolado: Penicillium sp


Dra. Rosilene de Fátima Oliveira Maciel
CRBM:5597

1.2 Resultados das casas 4, 5 e 6 – aparentemente sãs

**CENTRO DE DIAGNÓSTICOS
CONTROLE**
ANÁLISES CLÍNICAS • CITOPATOLOGIA • ULTRA-SONOGRAFIA

Resultados da Análise Microbiológica dos Revestimentos Argamassados

Aluno PPGCiv: Mario Marques Beato Sobrinho
Orientador: Prof. Dr. Almir Sales

Das amostras coletadas nos revestimentos argamassados das habitações de interesse social após a semeadura e o isolamento, foram identificados os seguintes tipos de fungos filamentosos:

Cultura pra fungos
Material: raspado de parede

Data da coleta das amostras 4, 5 e 6: 10/11/07



- Amostra – casa 4
Microorganismo isolado: Penicillium sp
Aspergillus sp
- Amostra – casa 5
Microorganismo isolado: Penicillium sp
Cândida sp
- Amostra – casa 6
Microorganismo isolado: Penicillium sp
Aspergillus sp
Acromonium sp


Dra. Rosilene de Fátima Oliveira Maciel
CRBM: 5597

R. João Penteado, 820 - Jardim Sumaré - Cep 14025-010 - Ribeirão Preto SP - Fone/Fax: (16) 3832-2300 - e-mail: controle@convex.com.br

ANEXO 2 – CUSTOS COM INTERNAÇÕES DO TRATAMENTO DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS

2.1 Internações SUS dos residentes em Pitangueiras – São Paulo

 Prefeitura do Município de Pitangueiras Rua Dr. Euclides Zanini Caldas, 66 CNPJ: 45.370.707/0001-28 - Fone/Fax: (16) 3952-9121 CEP 14.750-000 - Pitangueiras - Estado de São Paulo		
Internações SUS dos Residentes em Pitangueiras - São Paulo		
Autorização de Internações Hospitalar (AIH) Pagas, Frequência e Valor Total, por Procedimento no Ano de 2007.		
Procedimento	Frequência	Valor Total (R\$) (*)
71300066 PNEUMOPATIAS AGUDAS	2	2.206,82
76300056 BRONQUIOLITE AGUDA	5	850,11
76300072 PNEUMONIA EM CRIANÇA	26	15.201,54
76300102 CRISE ASMÁTICA	11	3.868,40
76300188 INSUFICIÊNCIA RESPIRATORIA AGUDA	1	863,66
76400077 PNEUMONIA DO LACTENTE	6	5.754,00
76500012 LARINGOTRAQUEOBRONquite	1	1.432,36
76500063 PNEUMONIA EM ADULTO	81	51.704,83
76500128 CRISE ASMÁTICA	7	2.636,63
76500179 MICOSES PULMONARES	1	554,67
Total	141	85.073,02
Fonte: Datasus - Tabnet http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sih/cnv/prsp.def Acesso: 25/09/2008 às 13hs 30 min		
(*) Valor pago correspondente aos Serviços Hospitalar, Profissionais e SADT (Exames).		
		 Rubens Maria de Oliveira Secretário Municipal da Saúde

ANEXO 3 – ORÇAMENTO DE MATERIAS

3.1 Orçamento de materiais utilizados na execução da impermeabilização da fundação e pintura dos revestimentos de argamassa da casa 2.

Materiais para Impermeabilização e Pintura					
Código	Descrição	unidade	Quantidade	Preço unitário	Preço total
4794	Selador (Duv.)	Lt	3,00	43,31	129,93
4303	Selador (Duv.)	Gl	2,00	13,50	27,00
9613	Latex (Duv.) PVA	Lt	3,00	55,31	165,93
10157	Latex (Duv.) PVA	Gl	2,00	16,12	32,24
2448	Igol S (Sika)	Lt	1,00	78,00	78,00
9139	Esmalte Cintético (Duv.)	Gl	1,00	29,68	29,68
2247	Thinner Tozan	L	1,00	5,14	5,14
190	Rolo 23 cm Lã Carneiro	Pç	1,00	8,98	8,98
1084	Garfo P/ Rolo C/Buc	Pç	1,00	2,17	2,17
2546	Rolo Poliéster 9 cm	Pç	1,00	2,00	2,00
2292	Broxa Quadr. 945	Pç	1,00	1,47	1,47
3626	Tricha 519 2 ½"	Pç	1,00	3,08	3,08
				Total	485,62
Data do Orçamento: 11/12/2008					

APÊNDICE 1 – TRABALHO EXPERIMENTAL (PLANILHAS)

Neste apêndice são apresentadas maiores informações (planilhas completas) sobre os resultados do trabalho experimental. A análise dos resultados e comentário sobre os ensaios são apresentados no Capítulo 4 – Análise dos Resultados.

1.1 Planilha de coleta de dados utilizado nas casas analisadas – casas com evidências de bolores

Tabela A.1 – Resultados dos ensaios de permeabilidade da casa 1

PLANILHA DE COLETA DE DADOS DO ENSAIO DO CACHIMBO							
Casa n°: 01							
Local: Rua Sebastião Adriano n° 63 – Pitangueiras/SP							
Data: 22/08/2007							
Horário inicial:	Horário final:	Tmi inicial:	Tme inicial:	RH inicial:	Tme final:	Tme final:	RH final:
15h05	16h	27,7°C	32,1°C	40%	32,1°C	32,8°C	37%
Leituras	Posição dos cachimbos fixados na parede						
	h= 0,40 m			h= 1,50 m			
5 min	0,35			0,52			
10 min	0,85			1,10			
15 min	1,25			1,50			

Tmi: temperatura média interna

Tme: temperatura média externa

RH: umidade relativa do ar

Tabela A.2 – Resultados dos ensaios de permeabilidade da casa 2

PLANILHA DE COLETA DE DADOS DO ENSAIO DO CACHIMBO							
Casa nº: 02							
Local: Rua Hideraldo Ramiro Guimarães nº 247 - Pitangueiras/SP							
Data: 28/08/2007							
Horário inicial:	Horário final:	Tmi inicial:	Tme inicial:	RH inicial:	Tmi final:	Tme final:	RH final:
14h05	14h50	27,06°C	39°C	42%	27°C	38,7°C	40%
Leituras	Posição dos cachimbos fixados na parede						
	h= 0,40 m			h= 1,50 m			
5 min	0,15			0,30			
10 min	0,30			0,50			
15 min	0,40			0,70			

Tmi: temperatura média interna

Tme: temperatura média externa

RH: umidade relativa do ar

Tabela A.3 – Resultados dos ensaios de permeabilidade da casa 3

PLANILHA DE COLETA DE DADOS DO ENSAIO DO CACHIMBO							
Casa nº: 03							
Local: Rua João Risk nº 174 – Pitangueiras/SP							
Data: 17/09/2007							
Horário inicial:	Horário final:	Tmi inicial:	Tme inicial:	RH inicial:	Tmi final:	Tme final:	RH final:
15h40	16h45	29,4°C	34,7°C	40%	30,1°C	33,3°C	37%
Leituras	Posição dos cachimbos fixados na parede						
	h= 0,40 m			h= 1,50 m			
5 min	0,20			0,85			
10 min	0,40			1,45			
15 min	0,95			1,80			

Tmi: temperatura média interna

Tme: temperatura média externa

RH: umidade relativa do ar

1.2 Planilha de coleta de dados utilizado nas casas analisadas – casas aparentemente sãs

Tabela A.4 – Resultados dos ensaios de permeabilidade da casa 4

PLANILHA DE COLETA DE DADOS DO ENSAIO DO CACHIMBO							
Casa nº: 04							
Local: Rua João Risk nº 176 - Pitangueiras/SP							
Data: 19/09/2007							
Horário Inicial:	Horário Final:	Tmi inicial:	Tme inicial:	RH inicial:	Tmi final:	Tme final:	RH final:
15h15	16h	36,5°C	31,7°C	66%	36,5°C	31,8°C	66%
Leituras	Posição dos cachimbos fixados na parede						
	h= 0,40 m			h= 1,50 m			
5 min	0,12			0,20			
10 min	0,20			0,25			
15 min	0,25			0,32			

Tmi: temperatura média interna

Tme: temperatura média externa

RH: umidade relativa do ar

Tabela A.5 – Resultados dos ensaios de permeabilidade da casa 5

PLANILHA DE COLETA DE DADOS DO ENSAIO DO CACHIMBO							
Casa nº: 05							
Local: Rua Elias Chain nº 102 - Pitangueiras/SP							
Data: 01/11/2007							
Horário inicial:	Horário final:	Tmi inicial:	Tme inicial:	RH inicial:	Tmi final:	Tme final:	RH final:
10h15	11h30	28,8°C	38,3°C	42%	31,1°C	39,7°C	38%
Leituras	Posição dos cachimbos fixados na parede						
	h= 0,40 m			h= 1,50 m			
5 min	0,30			0,30			
10 min	0,40			0,40			
15 min	0,50			0,55			

Tmi: temperatura média interna

Tme: temperatura média externa

RH: umidade relativa do ar

Tabela A.6 – Resultados dos ensaios de permeabilidade da casa 6

PLANILHA DE COLETA DE DADOS DO ENSAIO DO CACHIMBO							
Casa nº: 06							
Local: Rua Waldemar Bertoni nº 355 – Pitangueiras/SP							
Data: 01/11/2007							
Horário inicial:	Horário final:	Tmi inicial:	Tme inicial:	RH inicial:	Tmi final:	Tme final:	RH final:
17h30	18h20	34,2°C	32,8°C	38%	33,1°C	32,8°C	41%
Leituras	Posição dos cachimbos fixados na parede						
	h= 0,40 m			h= 1,50 m			
5 min	0,05			0,15			
10 min	0,10			0,25			
15 min	0,15			0,35			

Tmi: temperatura média interna

Tme: temperatura média externa

RH: umidade relativa do ar