

DANIELA MIOTTO

**ESTUDO DE CASO DE PATOLOGIAS OBSERVADAS EM EDIFICAÇÃO
ESCOLAR ESTADUAL NO MUNICÍPIO DE PATO BRANCO-PR.**

Monografia apresentada para a obtenção do Título de Especialista em Construção de Obras Públicas no Curso de Pós Graduação em Construção de Obras Públicas da Universidade Federal do Paraná, vinculado ao Programa Residência Técnica da Secretaria de Estado de Obras Públicas/SEOP.

Orientador: Professor MSc José Valter Monteiro Larcher

PATO BRANCO - PR

2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DANIELA MIOTTO

**ESTUDO DE CASO DE PATOLOGIAS OBSERVADAS EM EDIFICAÇÃO
ESCOLAR ESTADUAL NO MUNICÍPIO DE PATO BRANCO-PR.**

PATO BRANCO - PR

2010

TERMO DE APROVAÇÃO

DANIELA MIOTTO

ESTUDO DE CASO DE PATOLOGIAS OBSERVADAS EM EDIFICAÇÃO ESCOLAR ESTADUAL NO MUNICÍPIO DE PATO BRANCO-PR.

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do Título de Especialista em Construção de Obras Públicas no Curso de Pós-Graduação em Construção de Obras Públicas da Universidade Federal do Paraná (UFPR), vinculado ao Programa de Residência Técnica da Secretaria de Estado de Obras Públicas (SEOP), pela Comissão formada pelos Professores:

MSc José Valter Monteiro Larcher
Profº. ORIENTADOR

MSc José Valter Monteiro Larcher
Profº. TUTOR

Profº. Hamilton Costa Junior
Coord. Curso Res. Tec

Pato Branco, Dezembro de 2010.

Dedico este trabalho a minha família, pelo carinho e apoio dispensados em todos os momentos que precisei.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, porque dele e para ele são todas as coisas. Pela sua imensurável fonte de amor e misericórdia.

Não posso deixar de agradecer aos meus queridos pais, sem os quais não estaria aqui. Por todas as demonstrações de amor, que de certa forma contribuíram para que me tornasse a profissional que sou.

Aos professores do Curso de Especialização em Construção de Obras Públicas da Universidade Federal do Paraná, pela sabedoria e responsabilidade em repassar os conhecimentos a seus alunos.

Assim, de forma muito especial, meu reconhecimento ao orientador professor MSc José Valter Monteiro Larcher, pela oportunidade em compartilhar seus conhecimentos, auxiliando no desenvolvimento das atividades no decorrer do curso e em especial à concretização dessa monografia.

Aos colegas do Curso, foi muito bom ter compartilhado esses anos de companheirismo e troca de experiências.

A todos que direta ou indiretamente participaram dessa conquista. A todos minha sincera gratidão.

Há pessoas que desejam saber só por saber, e isso é curiosidade; outras, para alcançarem fama, e isso é vaidade; outras, para enriquecerem com a sua ciência, e isso é um negócio torpe; outras, para serem edificadas, e isso é prudência; outras, para edificarem os outros, e isso é caridade.

S. Tomás de Aquino

RESUMO

O presente estudo revelou as manifestações patológicas de um Colégio Estadual localizado no município de Pato Branco, PR. Para desenvolvimento do estudo de caso utilizou-se a metodologia proposta por Lichtenstein, que consiste basicamente em três etapas: levantamento de subsídios, através de vistoria do local, identificando a natureza e origem das patologias; diagnóstico da situação, buscando o entendimento dos fenômenos em termos de interpretação das relações de causa e efeito que caracterizaram as manifestações patológicas; e definição de conduta, ou seja, a descrição do trabalho a ser executado para resolver o problema. Optou-se por esse método por ser disponível e conhecido, além de contar com vários exemplos práticos para pesquisa. O Colégio em estudo, que já possui mais de trinta anos, apresentou inúmeros problemas que consistem em: manchas, eflorescências, mofos e bolores, trincas, corrosão em armadura entre outros. A maior parte desses problemas manifestou-se devido à presença de umidade. A definição de conduta para a recuperação definitiva foi planejada levando-se em consideração as causas do problema, objetivando com o reparo cessar ou reduzir as causas detectadas. As formas de recuperação foram fundamentadas em medidas preventivas, uma vez que quanto maior a proximidade entre a medida preventiva e a solução corretiva escolhida, melhor será a qualidade do reparo. Chegou-se ao entendimento que um programa eficiente de inspeção/manutenção constante traz possibilidades de assegurar a durabilidade das edificações, permitindo determinar prioridades para as ações necessárias ao cumprimento da vida útil prevista.

Palavras-chave: Patologias da construção. Manutenção. Método de detecção.

ABSTRACT

This study revealed the pathological manifestations of a State College located in Pato Branco, PR. To develop the case study used the methodology proposed by Lichtenstein, which consists of three basic steps: collection of subsidies through the site survey, identifying the nature and origin of diseases, diagnosis of the situation, seeking to understand the phenomena in the interpretation of cause and effect relationships that characterize the pathological manifestations and definition of conduct, ie the description of the work to be done to solve the problem. We chose this method because it is available and known, in addition to having many practical examples for research. The College study, which already has more than thirty years, presented numerous problems which include: stains, efflorescence, mold, mildew, cracking, corrosion and other armor. Most of these problems manifested by the presence of moisture. The definition of conduct for the final restoration was planned taking into consideration the causes of the problem, aiming to repair cease or reduce the causes identified. The forms of recovery were based on preventive measures, since the greater proximity between the preventive and remedial solution chosen, the better the quality of repair. Came to the understanding that an effective inspection / maintenance constantly brings opportunities to ensure the durability of buildings, allowing priorities to determine the actions necessary to meet its expected lifetime.

Keywords: Building Pathology. Maintenance. Detection Method

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas de processo de construção	18
Figura 2 - Método para levantamento e diagnóstico de manifestações patológicas .	27
Figura 3 - Localização da cidade de Pato Branco em relação ao Paraná.....	30
Figura 4 - Localização do Colégio Estadual de Pato Branco	31
Figura 5 - Fachada do Colégio Estadual de Pato Branco	33
Figura 6 - Planta com localização dos blocos onde as patologias foram detectadas	34
Figura 7 - Planta com localização das patologias encontradas.....	35
Figura 8 - Laje de cobertura do depósito anexo ao laboratório de Química / Física .	36
Figura 9 - Depósito anexo ao laboratório de Química / Física.....	37
Figura 10 - Depósito - parte externa.....	39
Figura 11 - Laboratório de Química / Física (1).....	40
Figura 12 - Laboratório de Química / Física (2).....	41
Figura 13 - Cobertura do laboratório de Química / Física	41
Figura 14 - Viga calha – laboratório de Química / Física.....	42
Figura 15 - Laboratório de Química / Física (3).....	43
Figura 16 - Viga calha - lado externo laboratório de Química / Física.....	44
Figura 17 - Cobertura - Externo bloco 5	45
Figura 18 - Sala de Aula - Bloco 5.....	46
Figura 19 - Portal de entrada do Colégio Estadual de Pato Branco	47
Figura 20 - Montagem de laje de cobertura com impermeabilização	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Infiltrações, manchas, bolor ou mofo, eflorescência.....	19
Quadro 2 - Fatores determinantes da corrosão em concreto	22
Quadro 3 – Reformas realizadas no Colégio Estadual de Pato Branco	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Incidência de Manifestações Patológicas.....	17
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS.....	15
1.1.1 Objetivo geral.....	15
1.1.2 Objetivos Específicos.....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 PATOLOGIAS DAS CONSTRUÇÕES.....	16
2.1.1 Origem das patologias.....	17
2.1.2 Causas das patologias.....	19
2.2 AS FORMAS PATOLÓGICAS ENCONTRADAS COM MAIOR FREQUÊNCIA.....	19
2.2.1 Infiltrações, manchas, bolor ou mofo, eflorescência.....	19
2.2.2 Fissuras e trincas.....	20
2.2.3 Corrosão da armadura.....	21
2.3 DIAGNÓSTICO DAS PATOLOGIAS.....	23
2.4 MANUTENÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS.....	23
3 METODOLOGIA	26
3.1 O MÉTODO DE ESTUDO DE CASO.....	26
3.2 CRITÉRIOS PARA DELIMITAÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....	26
3.3 MÉTODO PARA LEVANTAMENTO E DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	27
3.3.1 Levantamento de subsídios.....	28
3.3.2 Diagnóstico da Situação.....	28
3.3.3 Definição de Conduta.....	29
4 DADOS E ANÁLISE	30
4.1 O LOCAL DO ESTUDO DE CASO.....	30
4.1.1 O Colégio Estadual de Pato Branco – Histórico da Instituição.....	31
4.1.2 Evolução dos ambientes construídos do Colégio.....	33
4.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NO COLÉGIO ESTADUAL DE PATO BRANCO.....	35
4.2.1 Caso 1: Manifestações de umidade na laje de cobertura.....	36
4.2.2 Caso 2 – Trincas horizontais entre a viga e a alvenaria.....	38
4.2.3 Caso 3 – Patologias na laje de cobertura provenientes de umidade.....	40
4.2.4 Caso 4 – Corrosão em armadura de viga calha.....	43
4.2.5 Caso 5 – Manifestação de Infiltrações em laje de cobertura.....	45
4.2.6 – Caso 6 – Manifestação de umidade em fachada.....	47
4.3 DEFINIÇÃO DE CONDUTA PARA OS CASOS ESTUDADOS.....	48
4.3.1 Casos 1 e 2 - Manifestações de umidade na laje de cobertura / Trincas horizontais entre a viga e a alvenaria.....	49
4.3.2 Caso 3 – Patologias na laje de cobertura provenientes de umidade.....	51
4.3.3 Caso 4 – Corrosão em armadura de viga calha.....	51
4.3.4 Caso 5 – Manifestação de Infiltrações em laje de cobertura.....	52
4.3.5 Caso 6 – Manifestação de umidade em fachada.....	52
4.3.6 Corrosão nas armaduras.....	53
4.3.7 Trincas.....	56
4.3.8 Mofo e Bolor.....	57
4.3.9 Eflorescências.....	57
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	58

5.1 RECOMENDAÇÕES	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
APÊNDICE A – Planta Baixa Colégio Estadual de Pato Branco.....	62

1 INTRODUÇÃO

Segundo Fernández (1988), patologia faz parte da engenharia que estuda os mecanismos, os sintomas, as causas e as origens dos defeitos das obras. Em alguns casos, é possível se fazer um diagnóstico das patologias apenas através da visualização. Entretanto, em outros casos o problema é complicado, sendo necessário verificar o projeto; investigar as cargas a que foi submetida à estrutura; analisar detalhadamente a forma como foi executada a obra e, inclusive, como esta patologia reage diante de determinados estímulos. Dessa forma, é possível identificar a causa destes problemas, corrigindo-os para não se manifestem novamente.

Sabe-se que a finalidade da patologia das estruturas é encontrar explicações técnicas e científicas para as irregularidades encontradas no comportamento das estruturas. Isso pode ocorrer na fase de construção, durante a execução dos serviços, assim é possível que se determine as suas conseqüências em relação à segurança e à confiabilidade da obra, analisando qual a decisão mais correta e segura quanto à utilização posterior das estruturas em análise. Levando-se em conta sua duração residual, o objetivo da patologia das estruturas é procurar definir a conveniência da recuperação, do reforço ou mesmo da demolição pura e simples dos elementos ou da estrutura danificada (MACHADO, 2002).

Mesmo com o avanço tecnológico das técnicas construtivas e o emprego de materiais de construção com maior controle de qualidade, ainda se observa um grande número de edificações apresentando patologias das mais variadas espécies. Pesquisas têm apontado que as patologias ocorrem, em praticamente metade dos casos, por erros de projeto e planejamento das edificações. Desta forma, assegura o autor que para que as estruturas tenham qualidade, entre outros aspectos, é necessário melhorar a criação e a representação gráfica dos projetos e instituir um programa de inspeção periódica. Um programa eficiente de inspeção/manutenção periódica assegura a durabilidade das edificações e permite determinar prioridades para as ações necessárias ao cumprimento da vida útil prevista (FIGUEIREDO, 2006).

Conforme Antoniazzi (2009), qualquer edificação tem uma determinada vida útil que pode ser maior ou menor, dependendo de vários fatores como, por exemplo,

a qualidade dos materiais empregados na construção, as condições a que as mesmas estão expostas e a existência de uma manutenção periódica.

Para uma completa análise das patologias, Machado (2002, p. 5) afirma que é necessário verificar e interpretar “as manifestações patológicas; os vícios construtivos; as origens dos problemas; os agentes causadores dos problemas; o prognóstico para a terapia, os erros de projeto”. Considerando a importância do tema, foi realizado um estudo das patologias encontradas nas edificações do Colégio Estadual de Pato Branco, procurando conhecer minuciosamente essas manifestações para determinar quais os fatores influenciadores de patologias nessas edificações. Posteriormente, foi realizada a definição de conduta, a partir da escolha da alternativa de intervenção mais conveniente. A problemática do presente estudo gerou o objetivo geral da pesquisa e para dar sustentabilidade ao estudo foram delineados os objetivos específicos.

Justifica-se a escolha do tema pela importância que o mesmo abrange em relação aos gastos para os cofres públicos, Já que, a falta de manutenção nas obras públicas faz com que pequenos problemas – que a princípio teriam baixo custo de recuperação, evoluam para situações de desempenho insatisfatório com ambientes insalubres, de deficiente aspecto estético, de possível insegurança estrutural e de alto custo de recuperação (ANTONIAZZI, 2009).

Sendo assim, a relevância da realização deste trabalho se deve à necessidade de se fazer um levantamento das patologias detectadas, a qual a partir desta, se poderá realizar um estudo para determinar as causas desses problemas e propor alternativas de intervenção.

Tendo em vista que a edificação em estudo foi construída há mais de 30 anos e que desde o momento de sua implantação foram efetuadas poucas manutenções, a edificação adquiriu inúmeros problemas em suas estruturas, paredes internas e externas, laje, entre outros.

A concretização do trabalho se deu a partir de cinco etapas consecutivas: na primeira parte, contextualiza-se a introdução, onde foram apresentados o tema, problema, justificativa e objetivos, geral e específicos do estudo. Na segunda parte, apresenta-se a fundamentação teórica, com o tema referente a patologias das construções. Na terceira parte, está contextualizado o procedimento metodológico, ou seja, estão descritos os passos seguidos para a consecução do estudo. Na

quarta parte, estão expostos os resultados alcançados e as análises realizadas na pesquisa, seguido das considerações finais e referências bibliográficas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo estudar as manifestações patológicas em um Colégio Estadual no município de Pato Branco, PR. A realização deste estudo consiste basicamente em levantar o maior número de subsídios possível para entendimento do problema, fazer um diagnóstico das patologias encontradas e, posteriormente descrever a definição de conduta a partir da escolha da alternativa de intervenção mais conveniente.

1.1.2 Objetivos Específicos

Apresentam-se os seguintes objetivos específicos: primeiramente realizar vistoria do local, com levantamento do histórico e problema do edifício. Em seguida, identificar a natureza e origem das patologias detectadas. Posteriormente, realizar um diagnóstico da situação, buscando interpretar relações de causa e efeito que caracterizam as manifestações patológicas. Por fim, o último objetivo parcial será apontar a definição de conduta para cada caso em estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PATOLOGIAS DAS CONSTRUÇÕES

A patologia nas construções é semelhante à Ciência Médica, já que estuda os sintomas, formas de manifestação, origens e causas das doenças ou falhas que ocorrem nas edificações (RIPPER et al., 1998; HELENE, 2002).

Segundo Helene (2002), as patologias normalmente apresentam características externas a partir das quais se pode conhecer sua origem, natureza e os mecanismos dos acontecimentos envolvidos. Certos problemas têm maior incidência, devido a necessidade de cuidados que geralmente são ignorados, seja no projeto, na execução ou até mesmo na utilização. Pode-se dizer que os problemas de maior importância nas estruturas em concreto armado, que requer atenção pelo seu evidente risco à integridade da estrutura, são a corrosão da armadura do concreto, as flechas excessivas das peças estruturais e as fissuras patológicas nestas.

Ainda de acordo com o mesmo autor, é importante salientar que uma análise correta dos problemas, é aquela que nos permite definir claramente a origem, causas, conseqüências, a intervenção mais adequada e o método de intervir. Mais adiante, alguns problemas serão apresentados e tratados individualmente.

Helene e Pereira (2007) destacam que os problemas comuns, de maior efeito no concreto, são as eflorescências, as fissuras, as flechas excessivas, a corrosão da armadura, as manchas no concreto aparente, os defeitos de aterro e compactação e problemas devido à segregação dos componentes do concreto. Geralmente, as manifestações patológicas aparecem de forma bastante característica e com ocorrência bem estabelecida estatisticamente.

Depois de se conhecer as patologias, é possível identificar a origem e natureza dos problemas, bem como suas conseqüências. Na Tabela 1 a seguir, Machado (2002) relaciona as principais manifestações patológicas, em ordem crescente de ocorrência estatística:

Tabela 1 – Incidência de Manifestações Patológicas

Manifestações Patológicas	Ocorrência %
Deterioração e degradação química da construção	7%
Deformações (flechas e rotações) excessivas	10%
Segregação dos materiais componentes do concreto	20%
Corrosão das armaduras do concreto armado	20%
Fissuras e trincas ativas ou passivas nas peças de concreto armado	21%
Manchas na superfície do concreto armado	22%

Fonte: Machado (2002, p. 06)

2.1.1 Origem das patologias

De acordo com Pedro *et al.* (2002), a origem das patologias pode ser classificada em: congênicas, construtivas, adquiridas e acidentais.

- Congênicas – São aquelas que surgem ainda na fase de projeto, e ocorrem pela falta de observação das Normas Técnicas, também por falhas e descuidos dos profissionais, que acabam tendo como consequência falhas no detalhamento e execução inadequada das construções (PEDRO *et al.*, 2002).
- Construtivas – Conforme Pedro *et al.* (2002), o surgimento dessas patologias está relacionado na etapa de execução da obra, e tem ocorrência no emprego de mão-de-obra desqualificada, materiais não certificados e ausência de metodologia para execução dos serviços.
- Adquiridas – Segundo Pedro *et al.* (2002), essas patologias aparecem durante a vida útil da edificação e são causadas pela exposição ao meio em que se inserem.
- Acidentais – São as patologias causadas pela ocorrência de algum fenômeno atípico, resultado de uma solicitação incomum (PEDRO *et al.*, 2002).

As manifestações patológicas referentes às fases de planejamento, projeto, fabricação e construção surgem no período inferior a dois anos, porém durante a utilização os problemas podem aparecer depois de muitos anos. Por isso, é muito importante identificar em qual etapa surgiram os vícios construtivos, até mesmo para a atribuição de responsabilidades civis (MACHADO, 2002).

Helene e Pereira (2007) afirmam que os processos de construção e uso podem ser divididos em até cinco etapas, sendo elas: planejamento, projeto, fabricação de materiais e elementos fora da obra, execução propriamente dita e uso. Grande parte dos problemas tem origem nas fases de planejamento e projeto, conforme mostra a Figura 1. As falhas de planejamento e projetos são, em geral, mais graves que as falhas da qualidade dos materiais e de má execução. Por isso, recomenda-se dedicar mais tempo em fazer projetos mais detalhados e completos.

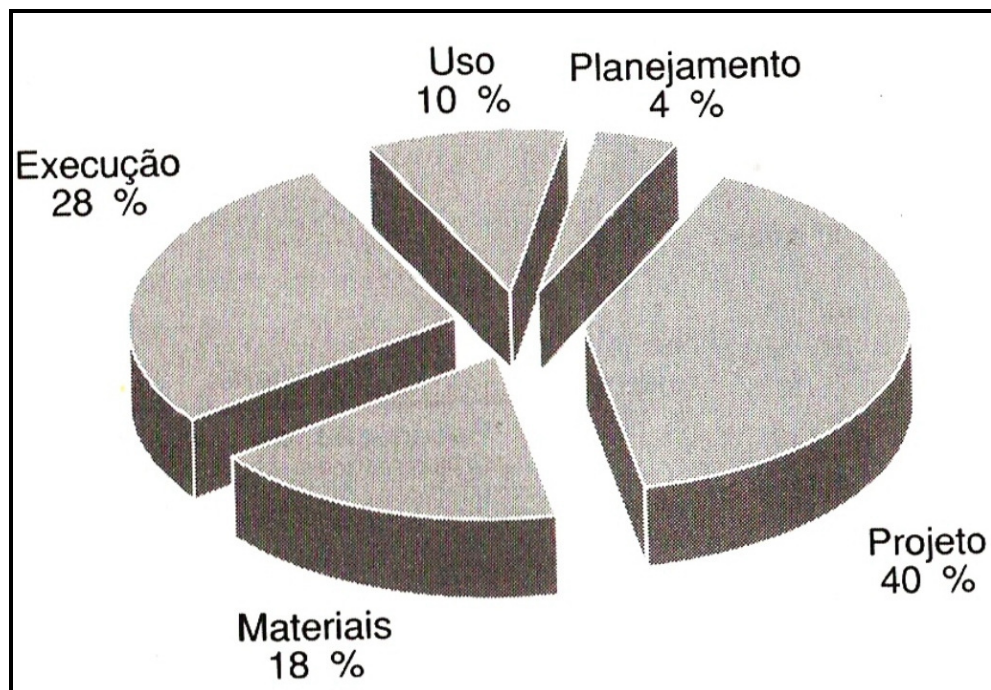


Figura 1 - Etapas de processo de construção
Fonte: Helene (1992, p. 22)

Ainda em relação à Figura acima, Souza e Ripper (1998) chamam a atenção para algo importante nesta questão. São várias as causas que dão origem a problemas patológicos, portanto, tem-se o desejo de se procurar determinar qual fase tem sido responsável, ao longo dos tempos, pela maior quantidade de erros. Ou seja, o surgimento de problemas patológicos geralmente está associado a uma ou mais falhas durante a execução de um dos processos da construção. Sendo assim, é importante que se defina qual desses processos é responsável pela maior quantidade de erros, para que sejam realizadas alterações no mesmo, a fim de evitar a incidência de novos problemas.

2.1.2 Causas das patologias

São vários os fatores que resultam em manifestações patológicas nas construções. Machado (2002) descreve as principais causas:

- Deficiência na execução dos projetos no que se refere às cargas atuantes, dimensionamento incorreto das estruturas, e ainda materiais e processos com descrições inadequadas;
- Ações térmicas internas (gradientes térmicos originados pelo calor de hidratação) e externas (variação sazonal de temperatura) atuando nas estruturas de concreto armado;
- Intemperismo, tais como variação de umidade, agentes atmosféricos diversos, agressões ambientais, entre outros.
- Utilização inadequada da construção (alteração da destinação, acréscimo das solicitações).

Como se sabe, os problemas patológicos surgem na maior parte das edificações, porém, em algumas com maior intensidade do que em outras, além de apresentarem diferentes formas de manifestação.

Segundo Lichtenstein (1985), estes problemas podem manifestar-se de forma simplificada, sendo de fácil identificação e reparo evidente. Ou podem apresentar-se também de forma complexa, requerendo uma análise individualizada. As patologias que ocorrem com maior frequência são infiltrações, manchas, bolor ou mofo, eflorescência, fissuras e trincas, corrosão da armadura, entre outros.

2.2 AS FORMAS PATOLÓGICAS ENCONTRADAS COM MAIOR FREQUÊNCIA

2.2.1 Infiltrações, manchas, bolor ou mofo, eflorescência

As formas patológicas encontradas com maior frequência são: infiltração, manchas, bolor ou mofo e eflorescência:

Infiltrações, manchas, bolor ou mofo, eflorescência	
Infiltração	Infiltração ocorre quando a quantidade de água é maior ela pode pingar, ou até fluir resultando numa infiltração.
Manchas	A água ao atravessar uma barreira fica aderente, resultando daí uma mancha.

Quadro 1 – Infiltrações, manchas, bolor ou mofo, eflorescência
Fonte: (Shirakawa, 1995)

(continua)

Bolor ou mofo	O termo bolor ou mofo é entendido como a colonização por diversas populações de fungos filamentosos sobre vários tipos de substrato, citando-se inclusive as argamassas inorgânicas. O termo emboloramento, de acordo com Allucci (1988) constitui-se numa “alteração observável macroscopicamente na superfície de diferentes materiais, sendo uma consequência do desenvolvimento de microorganismos pertencentes ao grupo dos fungos”. O desenvolvimento de fungos em revestimentos internos ou de fachadas causa alteração estética de tetos e paredes, formando manchas escuras indesejáveis em tonalidades preta, marrom e verde, ou ocasionalmente, manchas claras esbranquiçadas ou amareladas.
Eflorescência	Formações salinas nas superfícies das paredes, trazidas de seu interior pela umidade. Apresenta-se com aspecto esbranquiçado à superfície da pintura ou reboco; Criptoflorescência: Formação de cristais no interior da parede ou estrutura pela ação de sais. Causam rachaduras e até a queda da parede; Gelividade: Ação da água depositada nos poros e canais capilares dos materiais que ao se congelar podem causar a desagregação dos mesmos devido ao seu aumento de volume.

Quadro 1 - Infiltrações, manchas, bolo ou mofo, eflorescência

(conclusão)

Fonte: (Shirakawa, 1995)

2.2.2 Fissuras e trincas

Adverte Fernândes Cánovas (1988) que, no caso das estruturas de concreto armado, a fissuração e trincas é um dos mais importantes sintomas patológicos. No entendimento de Souza (1998), as fissuras podem ser consideradas como a manifestação patológica característica das estruturas de concreto, sendo o dano de ocorrência mais comum aquele que, a par das deformações muito acentuadas, mais chama a atenção dos leigos, proprietários e usuários aí incluídos, para o fato de que algo de anormal está para acontecer. Destaca-se que as fissuras são ocorrências muito comuns em qualquer edificação e são, portanto, as manifestações que mais chamam a atenção dos usuários. Elas surgem por diversas causas, e é muito importante que antes de “tampar” uma fissura ou trinca, se descubra à causa do problema para que ela seja eliminada. Já que a fissura ou trinca é apenas uma consequência de algum problema que está ocorrendo.

As fissuras de flexão são verticais, têm início na zona de tração máxima ou na zona de momento fletor máximo e prosseguem até a zona de compressão; eventualmente, quando é grande a deficiência de armadura, as fissuras de flexão podem se estender além do início da zona de compressão. Em vigas, nas proximidades dos centros dos vãos, as fissuras de flexão podem ser encontradas nas faces inferiores, prolongando-se pelas faces laterais; nos apoios podem ser encontradas nas faces superiores, prolongando-se pelas faces laterais (HELENE; PEREIRA, 2007).

Há muito que se houve falar sobre trincas e fissuras, todavia o mais importante é que todo concreto desenvolve trincas e fissuras. Frequentemente verificam-se trincas verticais em paredes de concreto que retraem sem qualquer impedimento, tendo abertura máxima na parte superior e, naturalmente restrições em sua base. Fissuras representam ligação direta de eletrólitos com as armaduras e os cabos de protensão, que são feitos de aço reativo ou altamente corrosivo. Deverás que quanto mais resistente é o concreto, mais trincas e fissuras irão aparecer, exatamente porque haverá mais pasta de cimento, ou propriamente matriz cimentícia, responsável pelo fenômeno da retração (BARBOSA, 2010).

2.2.3 Corrosão da armadura

Helene (2002) define a corrosão das armaduras de concreto como um fenômeno de natureza eletroquímica que pode ser acelerado pela presença de agentes químicos externos ou internos ao concreto. No concreto armado, o aço encontra-se no interior de um meio altamente alcalino no qual estaria protegido do processo de corrosão devido à presença de uma película protetora de caráter passivo, explica Cascudo (1997).

Os danos causados pela corrosão de armadura geralmente são manifestados por fissuras no concreto paralelas à direção da armadura, delimitando e ou desprendendo o recobrimento. Em componentes estruturais que apresentam uma elevada quantidade de umidade, os primeiros sintomas de corrosão evidenciam-se por meio de manchas de óxido nas superfícies do concreto. Ao produzir-se por efeito da corrosão óxido expansivo, com aumento de volume de aproximadamente oito a dez vezes do volume original, criam-se fortes tensões no concreto, que levam a que este se rompa por tração, apresentando fissuras que seguem as linhas das armaduras principais e, inclusive, dos estribos, se a corrosão foi muito intensa (FERNÁNDES CÁNOVAS, 1988).

Os fatores que influenciam na corrosão da armadura estão integrados às características do concreto, ao meio ambiente e à disposição das armaduras nos componentes estruturais afetados.

As estruturas de concreto armado não podem ser consideradas obras eternas, devendo, por isso, passar por inspeções periódicas para que as anomalias que possam apresentar sejam diagnosticadas e corrigidas a tempo, mediante um tratamento adequado. Isso é especialmente importante em complexos industriais,

estruturas portuárias, centrais térmicas e nucleares, construções marítimas, represas, pontes e em todas as obras nas quais o meio possa atuar desfavoravelmente, provocando a corrosão do concreto (FERNÁNDEZ CÁNOVAS, 1998).

Uma adequada durabilidade do concreto das estruturas “depende de sua fabricação com materiais não expansivos e de sua capacidade de resistir às agressões provenientes do meio externo” (FUSCO, 2008, p. 48).

A corrosão do concreto provoca a sua deterioração, afetando a estabilidade e a durabilidade das estruturas. A armadura não é suscetível de sofrer corrosão, a não ser que ocorram contaminação e deterioração do concreto. Os constituintes do concreto impedem a corrosão do material metálico resistindo à entrada de contaminantes. Dessa forma, quanto mais o concreto se mantiver inalterado, mais protegida estará a armadura.

Gentil (2003) leva em consideração que a corrosão e a deterioração observadas em concreto podem estar associadas a fatores mecânicos, físicos, biológicos ou químicos. O Quadro 2 descreve os fatores determinantes da corrosão de concreto.

Fatores determinantes da corrosão em concreto	
Fatores mecânicos	Entre os fatores mecânicos, as vibrações podem ocasionar fissuras no concreto, possibilitando o contato da armadura com o meio corrosivo. Líquidos em movimento, principalmente contendo partículas em suspensão, podem ocasionar erosão no concreto, com o seu conseqüente desgaste. A erosão é mais acentuada quando o fluido em movimento contém partículas em suspensão na forma de sólidos, que funcionam como abrasivos, ou mesmo na forma de vapor, como no caso de cavitação.
Fatores físicos	Os fatores físicos, como variações de temperatura, podem ocasionar choques térmicos com reflexos na integridade das estruturas. Variações de temperatura entre os diferentes componentes do concreto (pasta de cimento, agregados e armadura), com características térmicas diferentes, podem ocasionar microfissuras na massa do concreto que possibilitam a penetração de agentes agressivos.
Fatores biológicos	Os fatores biológicos, como microrganismos, podem criar meios corrosivos para a massa do concreto e armadura, como aqueles criados pelas bactérias oxidantes de enxofre ou de sulfetos, que aceleram a oxidação dessas substâncias por ácido sulfúrico.
Fatores químicos	Os fatores químicos estão relacionados com a presença de substâncias químicas nos diferentes ambientes, normalmente água, solo e atmosfera. Entre as substâncias químicas mais agressivas devem ser citados os ácidos, como sulfúrico e clorídrico. Os fatores químicos podem agir na pasta de cimento, no agregado e na armadura de aço-carbono.

Quadro 2 - Fatores determinantes da corrosão em concreto

Fonte: Gentil (2003) adaptado

2.3 DIAGNÓSTICO DAS PATOLOGIAS

É muito importante que as patologias sejam diagnosticadas o mais precocemente possível, assim, quanto antes elas forem tratadas, menor será a perda do desempenho da edificação e mais barato será a intervenção. Além de que, as patologias comprometem a durabilidade e a conseqüente previsão de vida útil da edificação.

Para se obter um adequado diagnóstico fazem-se necessárias algumas ponderações sobre as conseqüências do problema e o comportamento geral da estrutura. De maneira geral, costuma-se separar as considerações em dois tipos: aquelas que comprometem as condições de segurança da estrutura e aquelas chamadas de condições de serviço e funcionamento da obra, ou seja, que abrangem a higiene e estética.

Envelhecimento e alterações são processos inevitáveis nas edificações, no entanto, elas devem ser projetadas e construídas de forma que mantenham sua segurança e aparência aceitável durante toda vida útil da edificação. Para isso, deve-se providenciar as devidas manutenções, para prorrogar ao máximo a vida útil e buscar a ausência de patologias.

A NBR 14037/198 também tem bastante importância dentro do tema estudado, pois “determina o conteúdo a ser incluído no manual de operação, uso e manutenção de edificações, com recomendações para sua elaboração e apresentação”, tendo como objetivo orientar o proprietário e o usuário para a correta realização das atividades de manutenção. Esta norma prevê que a elaboração do manual fica a cargo do responsável pela produção da edificação.

2.4 MANUTENÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS

De forma geral, manutenção em construção civil é um conjunto de ações utilizadas para prevenir danos ao longo da existência de uma edificação.

A diferença entre a manutenção preventiva e preditiva, como destaca Resende (2004), é que a primeira é realizada de maneira rotineira, obedecendo a uma periodicidade estabelecida previamente conforme as características de cada componente, enquanto a preditiva possui um caráter mais ativo, dinâmico, pois as ações são tomadas a partir do monitoramento contínuo do estado de conservação, tal como uma manutenção preventiva baseada em condições.

Em conformidade com Perez (1988), manutenção preventiva é realizada em intervalos de tempo periódicos pré-definidos a partir de aspectos técnicos, com a função detectar e corrigir defeitos, evitando a ocorrência de falhas. Já a manutenção corretiva é motivada por uma exigência funcional do bem, cujas funções não mais oferecem condições de uso em sua normalidade.

O Manual de Obras Públicas Edificações (2004, p. 06) enumera questões a serem consideradas para a manutenção de obras públicas, dentre elas citam-se:

- A área responsável pelas atividades de conservação/manutenção deverá implementar um Sistema de Manutenção, de modo a preservar o desempenho, a segurança e a confiabilidade dos componentes e sistemas da edificação, prolongar a sua vida útil e reduzir os custos de manutenção;
- O Sistema de Manutenção (SM) será conFigurado pelos seguintes pontos essenciais: organização da área de manutenção, arquivo técnico da edificação, cadastro dos componentes e sistemas da edificação e programa ou plano de manutenção.
- O arquivo técnico da edificação será constituído por todos os documentos de projeto e construção, incluindo memoriais descritivos, memoriais de cálculo, desenhos, especificações técnicas. Serão integrados ainda pelos catálogos, desenhos de fabricação e instruções de montagem, manuais de manutenção e de operação e termos de garantia fornecidos pelos fabricantes e fornecedores dos componentes e sistemas da edificação;
- O plano ou programa de manutenção será fundamentado nos procedimentos e rotinas de manutenção preventiva recomendados pelas práticas de Projeto, Construção e Manutenção de Edifícios Públicos Federais e manuais de manutenção dos fabricantes e fornecedores dos componentes e sistemas da edificação, assim como na experiência adquirida pelo Contratante.
- Todos os procedimentos e rotinas de manutenção preventiva utilizados deverão ser continuamente avaliados, ajustados e complementados pelo Contratante, de modo a permanecerem sempre atualizados ao longo da evolução tecnológica e consistentes com as necessidades e experiência adquirida na gestão do Sistema de Manutenção.

A execução de Serviços de Conservação e Manutenção deverá atender também às seguintes Normas e Práticas Complementares:

- Práticas de Projeto, Construção e Manutenção de Edifícios Públicos Federais;
- Normas da ABNT e do INMETRO.

Normas Estrangeiras:

- Norma VDMA 24.186 - "*Programme of Service for the Maintenance of Air Handling and other Technical Equipament in Building*", de setembro de 1988;
- Códigos, Leis, Decretos, Portarias e Normas Federais,
- Estaduais e Municipais, inclusive normas de concessionárias de serviços públicos;
- Instruções e Resoluções dos Órgãos do Sistema CREA/CONFEA.

3 METODOLOGIA

O presente capítulo pretende apresentar os procedimentos, ferramentas e estratégias metodológicas para o desenvolvimento do trabalho. Serão descritos o método de estudo, os instrumentos de coleta e de análise de dados, assim como oferecida uma visão geral do desenvolvimento.

Fachim (2005), afirma que toda pesquisa científica tem início com o método observacional. Este método baseia-se em processos de natureza sensorial, como produto do processo em que se empenha o pesquisador no mundo dos fenômenos empíricos.

3.1 O MÉTODO DE ESTUDO DE CASO

Para desenvolvimento do presente trabalho, foi realizado um estudo de caso em um Colégio Estadual no Município de Pato Branco, PR.

O estudo de caso é uma pesquisa detalhada que estuda um fenômeno dentro do seu contexto real, na qual se fundamenta em fontes de evidências para que favoreçam o desenvolvimento das suposições teóricas conduzindo-as para a coleta e análise de dados e que para se realizar um estudo de caso de qualidade são fundamentais seis fontes de evidências: a) a documentação, b) os registros em arquivos, c) as entrevistas, d) a observação direta, e) a observação participante e os f) artefatos físicos (YIN, 2001).

3.2 CRITÉRIOS PARA DELIMITAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O trabalho foi realizado no Colégio Estadual de Pato Branco, no município de Pato Branco, PR. Optou-se por esse Colégio devido ao número expressivo de patologias encontradas, se comparado a outras edificações escolares com aproximadamente a mesma idade. Além disso, por ele estar localizado na cidade de Pato Branco, PR, tornou-se fácil o acesso para realização de vistorias e outros levantamentos.

O critério de escolha de ambientes para estudo foi o da presença evidente de manifestações de patologias e também por meio de relatos iniciais de pessoas ligadas aos ambientes. Foram vistoriados cada um dos ambientes isoladamente, porém apenas em alguns deles as patologias foram detectadas. A partir daí, os

ambientes que apresentaram as patologias mais significativas, fazem parte do presente estudo.

3.3 MÉTODO PARA LEVANTAMENTO E DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Para diagnosticar os problemas patológicos no presente estudo de caso foi utilizado o método de Lichtenstein. Foi escolhido esse método porque é disponível e conhecido, além de possuir vários exemplos práticos para pesquisa. Ele tem seu desenvolvimento explicado na Figura 2.

A identificação das patologias e a vinculação de suas causas têm o objetivo de aplicar o método em estudo e possivelmente contribuir para uma correção na trajetória de busca de durabilidade nas construções.

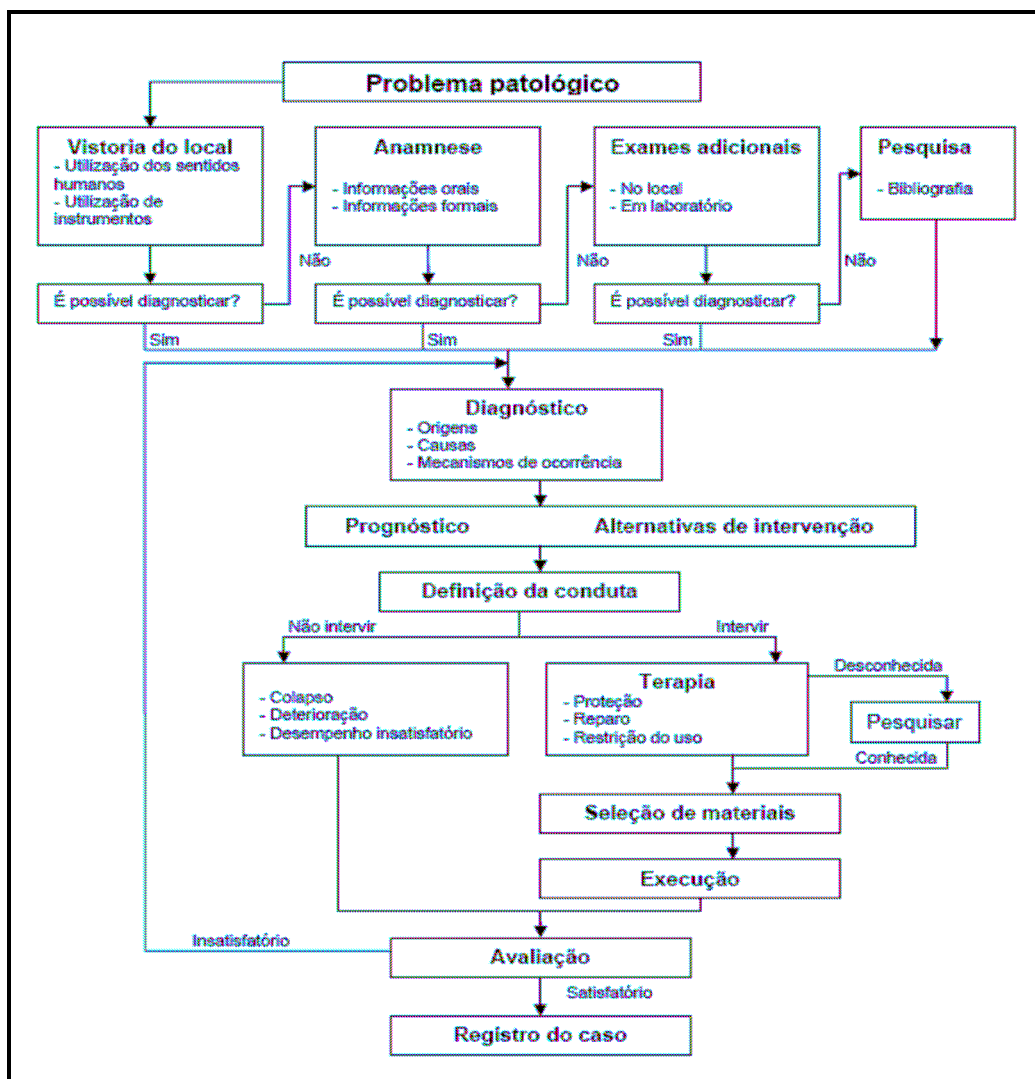


Figura 2 - Método para levantamento e diagnóstico de manifestações patológicas

Fonte: Lichtenstein (1985)

A metodologia proposta por Lichtenstein (1985) compreende três partes distintas: i) o levantamento de subsídios; ii) o diagnóstico da situação e iii) a definição de conduta.

3.3.1 Levantamento de subsídios

O levantamento de subsídios é a etapa onde as informações essenciais e suficientes para o entendimento completo das manifestações patológicas são organizadas. Estas informações são obtidas através de três formas: vistoria do local, levantamento do histórico do problema e do edifício e o resultado das análises (LICHTENSTEIN, 1985).

Para atender os objetivos propostos, realizou-se o levantamento através de vistoria no Colégio Estadual de Pato Branco, no dia 17 de setembro de 2010, buscando observar minuciosamente cada uma das manifestações patológicas, para levantamento do maior número de dados possível. Também foram efetuados registros fotográficos das patologias detectadas, pesquisa bibliográfica relacionada a cada um dos problemas encontrados e pesquisa documental para verificação do histórico de intervenções realizadas na edificação.

3.3.2 Diagnóstico da Situação

O diagnóstico da situação, segundo Lichtenstein (1985), é a compreensão dos fenômenos, buscando identificar as relações de causa e efeito que normalmente caracterizam uma patologia. Cada subsídio, segundo este autor, obtido na vistoria do local, na anamnese ou nos exames complementares deve ser interpretado no sentido de compor um quadro de entendimento de como trabalha o edifício, como reage à ação dos agentes agressivos, porque surgiu e como se desenvolveu o problema patológico.

Neste diagnóstico, o processo de entendimento de um problema patológico pode ser descrito como o de geração de hipóteses ou modelos e o seu respectivo teste. Portanto, Lichtenstein (1985) afirma que o processo de diagnóstico constitui na contínua redução da incerteza inicial pelo progressivo levantamento de dados. Esta progressiva redução da incerteza é acompanhada por uma redução do número possível de hipóteses, até que se chegue numa correlação satisfatória entre o problema observado e um diagnóstico para este problema.

3.3.3 Definição de Conduta

A definição de conduta, segundo Lichtenstein (1985), é a etapa que tem como objetivo prescrever o trabalho a ser executado para resolver o problema, incluindo a definição sobre os meios (material, mão-de-obra e equipamentos) e a previsão das conseqüências em termos do desempenho final.

Desta forma, adotando este método, pretende-se que o estudo das patologias possa ser desenvolvido até a fase desta definição, com a sugestão de soluções possíveis para as patologias analisadas.

4 DADOS E ANÁLISE

Neste capítulo será apresentado o local de estudo das patologias, com informações sobre o histórico das edificações e, também, as ocorrências analisadas dentro da estrutura proposta, com descrição e análise de seis casos conforme a metodologia de Lichtenstein (1985), detalhada para cada ocorrência.

4.1 O LOCAL DO ESTUDO DE CASO

O município de Pato Branco o qual está situado o Colégio em estudo, está localizado no sudoeste do Estado do Paraná, distante 433 km da capital, Curitiba, conforme mostra a Figura (3) a seguir. Tem altitude de 760 metros e área de 562,30 km², sendo 16,22 km² na área urbana. As principais atividades econômicas desenvolvidas são a produção de soja e milho e atividade leiteira. Possui 72.260 habitantes e uma densidade demográfica de 128,89 hab/Km². É a 34ª cidade brasileira no Índice de Desenvolvimento Humano e a 3º do Paraná (PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO, 2010).



Figura 3 - Localização da cidade de Pato Branco em relação ao Paraná
Fonte: <http://www.pampasonline.com.br>

Foi então, no ano de 1976 que iniciaram as obras de construção do PREMEN, Programa de Expansão e Melhoria do Ensino. Esse programa foi criado pelo Decreto 70.067/72, com o objetivo de administrar os recursos oriundos da USAID, uma agência da ONU, para elaborar projetos arquitetônicos, equipar as unidades escolares com todo o mobiliário e equipamento didático necessário; treinar o pessoal docente e técnico-administrativo e dar todo o apoio administrativo pedagógico para a implantação das habilitações básicas programadas para as mesmas (COLÉGIO ESTADUAL DE PATO BRANCO, 2010).

A nova escola criada para ocupar as instalações construídas pelo PREMEN recebeu a denominação de Colégio de Pato Branco, resultante da reorganização do antigo Colégio Estadual de Pato Branco e assumiu, até a sua extinção, o curso de segundo grau Científico, mantido pelo mesmo. O Colégio de Pato Branco iniciou suas atividades letivas no dia 20 de fevereiro de 1978 e foi autorizado seu funcionamento pelo Decreto nº 5326/78, de 02/07/78. A sua inauguração deu-se no dia 08 de julho de 1978, com a presença do Governador do Estado, Jayme Canet Junior; do Secretário da Educação, Francisco Borsari Netto; Gerente do Premen, Coronel Rodolfo da Paixão Netto; do Deputado Estadual, Ivo Thomazoni e do Prefeito Municipal, Engenheiro Roberto Zamberlan (COLÉGIO ESTADUAL DE PATO BRANCO, 2010).

No dia 23 de junho de 1983, pela Resolução 2358/83, o Colégio de Pato Branco passou a denominar-se Colégio Estadual de Pato Branco – Ensino de 2º Grau, conforme mostra a fotografia na Figura 5 (COLÉGIO ESTADUAL DE PATO BRANCO, 2010).



Figura 5 - Fachada do Colégio Estadual de Pato Branco
Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

4.1.2 Evolução dos ambientes construídos do Colégio

Ao longo de sua existência, o Colégio Estadual de Pato Branco sofreu várias intervenções construtivas, as quais estão mencionadas no Quadro 3 a seguir. Algumas destas intervenções foram apenas de manutenção e outras consistiram em ampliações de sua área, com importantes conseqüências para sua história e também para o aparecimento de problemas patológicos.

REFORMAS REALIZADAS NO COLÉGIO ESTADUAL DE PATO BRANCO	
De 1988 a 1989	<ul style="list-style-type: none"> • Início da construção do Ginásio de Esportes (Fundamentos, estrutura metálica, telhado e contra-piso); • Construção de seis salas de aula na ala leste;
De 1990 a 1995:	<ul style="list-style-type: none"> • Término da construção do Ginásio de esportes; • Construção dos banheiros externos; • Construção da sala do Laboratório de Enfermagem; • Colocação de lajotas na área coberta, no hall de entrada e nos corredores.
De 1995 a 2001:	<ul style="list-style-type: none"> • Construção e aquisição dos equipamentos do Laboratório de Informática • Reforma do prédio pelo Proen; • Reforma completa do refeitório e da cozinha, inclusive piso; • Reforma dos banheiros internos dos alunos; • Reforma do Ginásio de Esportes e pintura das quadras. • Pintura das salas de aulas.

Quadro 3 – Reformas realizadas no Colégio Estadual de Pato Branco
Fonte: Colégio Estadual de Pato Branco

(continua)

De 2003 a 2005	<ul style="list-style-type: none"> • Construção do barracão para depósito; • Instalação da rede de internet no Laboratório de Informática, Biblioteca; Sala dos Professores e Secretaria; • Projeto de recuperação de carteiras e salas, através de mutirão com alunos e professores; • Recuperação de pisos; • Pintura do prédio; • Instalação de poste de iluminação no quiosque; • Construção de passarela de acesso à Biblioteca.
-----------------------	--

Quadro 3 - Reformas realizadas no Colégio Estadual de Pato Branco
 Fonte: Colégio Estadual de Pato Branco

(conclusão)

Conforme o histórico levantado do conjunto de edificações e levando-se em conta que o Colégio em estudo já possui mais de trinta anos, existem vários problemas observados, os quais serão objeto de análise neste trabalho, que deverá deter-se nas patologias mais significativas encontradas.

A Figura 6 apresenta a planta geral do Colégio em estudo, evidenciando os blocos 04 e 05, onde foram detectadas as patologias.



Figura 6 - Planta com localização dos blocos onde as patologias foram detectadas
 Fonte: Google Earth

A Figura 07 a seguir, apresenta os ambientes onde foram encontradas as patologias

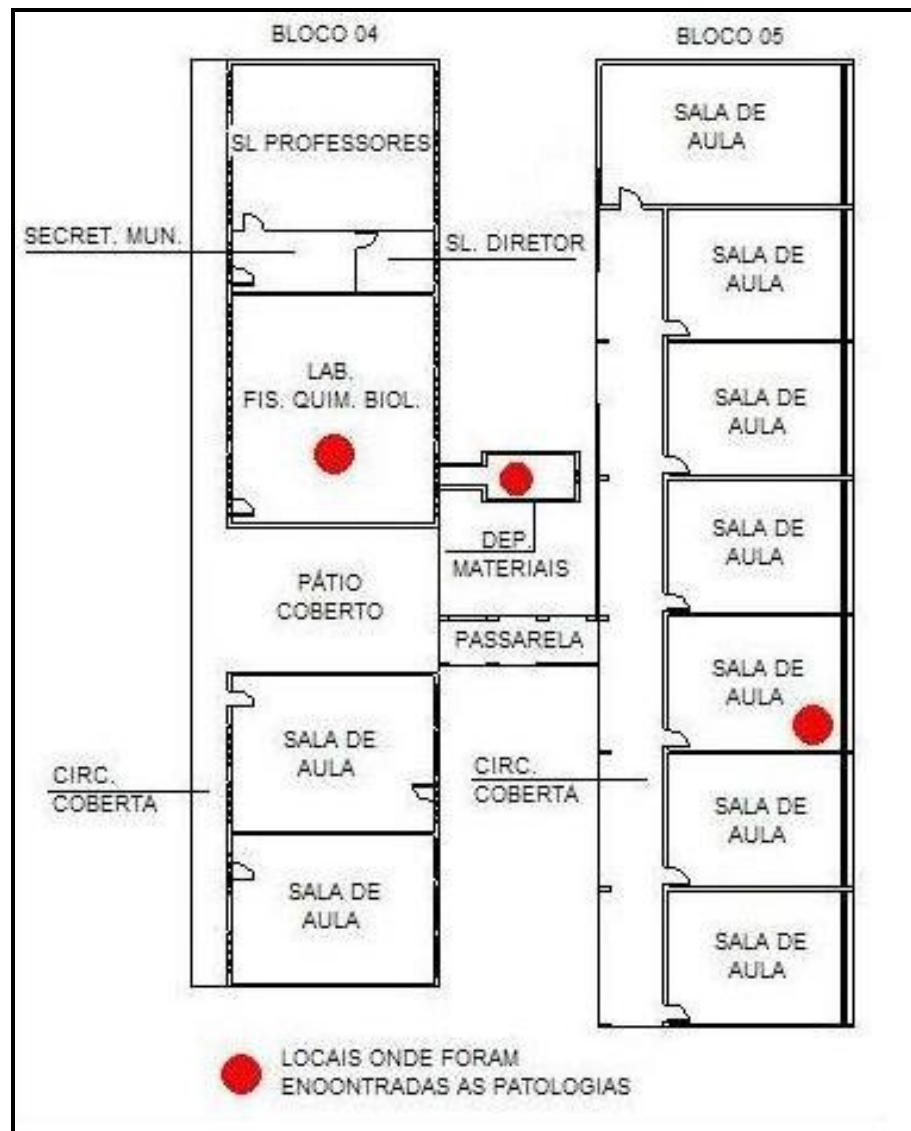


Figura 7 - Planta com localização das patologias encontradas
Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

4.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NO COLÉGIO ESTADUAL DE PATO BRANCO

A maior parte dos problemas foi detectada no laboratório de química / física e no depósito anexo ao laboratório. Algumas manifestações também foram localizadas em salas de aula construídas entre 1988 e 1989 e também no portal de entrada do Colégio. De maneira geral, apresentam-se manchas, eflorescências,

mofos e bolores, trincas, corrosão na armadura entre outras. A maior parte desses problemas manifestou-se devido à presença de umidade.

4.2.1 Caso 1: Manifestações de umidade na laje de cobertura

I. Levantamento de Subsídios

Pode-se observar, na Figura 8, que a cobertura do depósito anexo ao laboratório de química / física, possui forma plana com vigas de bordo; nesta fotografia observa-se também uma trinca na parte exterior da laje de cobertura.



Figura 8 - Laje de cobertura do depósito anexo ao laboratório de Química / Física
Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

Internamente, há manifestação de eflorescências sob a laje de cobertura do depósito, como se pode perceber pelos depósitos salinos de cor branca na Figura 9; há também a presença de estalactites, que nesse caso apresentam-se em pequenas proporções; observam-se também sinais de corrosão na armadura da laje e a presença de trincas horizontais acompanhando a viga de cinto. Dado que ocorreu uma natural substituição do corpo diretivo e docente, além do pessoal de apoio, não houve possibilidade de obtenção de informações adicionais sobre o problema, que teriam sido de grande valia para seu entendimento, tanto para este quanto para os demais casos aqui apresentados.



Figura 9 - Depósito anexo ao laboratório de Química / Física
Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

II. Diagnóstico

As patologias existentes nesse ambiente, originadas pela umidade, são decorrentes da pouca inclinação do caimento na cobertura, aliado a problemas na impermeabilização. Note-se também sua forma arquitetônica de laje plana com vigas de bordo onde há apenas uma pequena saída de água, o que faz com que a água permaneça muito tempo parada, aumentando a possibilidade de infiltração na laje e ocasionado dessa forma as patologias que podem ser vistas na Figura 9.

De acordo com Santos Filho (2008), a umidade é uma das principais causas de patologias nas edificações, sendo responsável por aproximadamente 50% dos casos, conforme pesquisas realizadas no Brasil.

Verifica-se nesse caso que a umidade oriunda da infiltração na laje de cobertura ocasionou eflorescências, como se pode perceber pelos depósitos salinos de cor branca. Santos Filho (2008) relata que, quimicamente, a eflorescência é constituída de sais de sódio e potássio (metais alcalinos) ou de cálcio e magnésio (metais alcalino-terrosos), que são solúveis ou parcialmente solúveis em água.

As eflorescências surgiram porque a água procedente da infiltração que passou através dos poros dos componentes do revestimento transportou os sais

presentes nesses componentes. Esses sais, quando entram em contato com o ar se solidificam, formando os depósitos. As eflorescências, pelo gotejamento constante, ocasionam as estalactites que, neste caso, apresentam-se em pequenas proporções. Além disso, elas são também manifestações indicativas de lixiviação (carreamento de material calcáreo, como sais de cálcio) integrante do concreto – no cimento e nos agregados. É esta lixiviação que ocasiona as manchas escuras.

Pela presença de corrosão pode-se perceber que a umidade está presente junto às armaduras por tempo suficiente para oxidá-las, ocasionando perda de seção do aço e do concreto, o que pode estar levando ao aparecimento de fissuras e trincas, que colaboram para a aceleração do problema, conforme mostra a Figura 9, que apresenta a face superior da laje, com aparecimento de trincas comprometendo o revestimento e impermeabilização.

4.2.2 Caso 2 – Trincas horizontais entre a viga e a alvenaria

I. Levantamento de Subsídios

Como mostra a fotografia na Figura 10, observam-se trincas horizontais na linha da viga de cintamento que sustenta a laje de cobertura do depósito anexo ao laboratório de química / física. Na laje de cobertura, há a pintura preta da emulsão asfáltica utilizada como camada de impermeabilização da laje.



Figura 10 - Depósito - parte externa
Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

II. Diagnóstico

As trincas na linha da viga mostram que ocorre movimentação na estrutura em razão da expansão e retração térmica da laje, que “empurra” a viga, com a separação da alvenaria ficando aparente na forma de trinca. Percebe-se, pela figura apresentada, que há impermeabilização na laje, como pode ser vista na pintura preta de emulsão asfáltica ou produto similar, na cobertura, provavelmente sobre uma camada de argamassa impermeabilizada. É um procedimento que não oferece isolamento do calor do sol, grande responsável pela movimentação da laje.

Segundo Thomaz (1989), qualquer componente de uma construção está sujeito a variações de temperatura, seja em determinada estação do ano ou até mesmo diárias. Essas variações acabam dilatando ou contraindo os materiais de construção. Esses movimentos de dilatação e contração são limitados pela relação

que envolve os materiais e componentes, por isso acabam sendo geradas tensões nos materiais que poderão provocar o aparecimento de trincas e fissuras.

4.2.3 Caso 3 – Patologias na laje de cobertura provenientes de umidade

I. Levantamento de Subsídios

No laboratório de química / física, a laje de teto apresenta oxidação das armaduras, com trincas em sentido paralelo às mesmas, como mostra a Figura 11; manifestação de bolores acompanhando as trincas, que se apresentam somente nessa extensão da laje de cobertura.

As janelas existentes situam-se junto à laje e, neste ponto, há sinais de acúmulo umidade, com manchas e bolores, como mostra a Figura 12.

A Figura 13 evidencia que não há telhas de cumeeira na cobertura, além de que há uma parte mais elevada da cobertura, onde se tem uma alvenaria que não possui nenhum rufo e contra-rufo.



Figura 11 - Laboratório de Química / Física (1)
Fonte: Elaborado pelo autor, 2010



Figura 12 - Laboratório de Química / Física (2)
Fonte: Elaborado pelo autor, 2010



Figura 13 - Cobertura do laboratório de Química / Física
Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

II. Diagnóstico

As manifestações encontradas nas Figuras 11 e 12 também são provenientes da umidade, mas com nenhuma causa completamente evidente e, neste caso, a origem do problema pode ter mais de uma hipótese.

Numa primeira análise, o problema pode ter surgido devido a falhas não observadas na cobertura, causando infiltração de águas pluviais. Uma evidência desta possibilidade é a ausência de telhas de cumeeira, onde a incidência de chuva é recebida por uma viga-calha, conforme mostra a Figura 14 a seguir.



Figura 14 - Viga calha – laboratório de Química / Física
Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

Outra hipótese é a presença de uma viga “U” de aço, também observada na Figura 14. Este elemento pode agir como retentor de umidade junto ao encontro das esquadrias com a laje de teto, conforme também mostraram as Figuras 11 e 12, que apresentam as manchas de umidade junto à região das janelas. Mesmo agindo como pingadeira, o elemento de aço pode estar, ao mesmo tempo, colaborando para a infiltração de umidade para o interior do ambiente.

Neste caso, o problema da corrosão observada também é importante. A evolução no processo de umidade leva a oxidação das armaduras, causando trincas em sentido paralelo as mesmas. De acordo com Helene (1986, p. 1), “pode-se definir corrosão como a interação destrutiva de um material com o ambiente, seja

por reação química, ou eletroquímica”. As trincas e fissuras que surgem com a corrosão favorecem ainda mais o aumento da umidade no local.

O bolor aparente é decorrente do alto teor de umidade na laje de cobertura. Nesse caso, o aumento da umidade gerou uma expansão no revestimento da laje, causando as trincas. Segundo Santos Filho (2008, p. 45), “o emboloramento é uma alteração na superfície de diferentes materiais, como consequência do desenvolvimento de microorganismos pertencentes ao grupo dos fungos”.

Os problemas existentes nesse ambiente são agravados ainda mais devido à baixa capacidade de renovação do ar, já que as janelas são pequenas e permanecem a maior parte do tempo fechadas, por se tratar de um laboratório o qual sua utilização não é freqüente.

4.2.4 Caso 4 – Corrosão em armadura de viga calha

I. Levantamento de Subsídios

Observa-se corrosão na armadura de viga calha no laboratório de química / física, como apresenta a Figura 15. No mesmo ponto de interface entre viga-calha e parede, observa-se uma fissura na parede, que vai do vértice da janela ao canto inferior da viga-calha. Este problema se observa apenas neste ponto da viga.



Figura 15 - Laboratório de Química / Física (3)
Fonte: Elaborado pelo autor, 2010



Figura 16 - Viga calha - lado externo laboratório de Química / Física
Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

II. Diagnóstico

A patologia evidente nesse caso é decorrente da umidade presente na viga calha, sobretudo na sua extremidade, junto à parede externa e às janelas. A umidade ali incidente, discutida anteriormente no Caso 3, provocou a corrosão da armadura apenas nesta porção da viga, não atuando no restante desta. A expansão do material do aço, decorrente da corrosão, expulsa o recobrimento.

Helene (1986) afirma que a finalidade do cobrimento de concreto é a de proteger a capa ou película protetora da armadura contra danos mecânicos, ao mesmo tempo em que mantém sua estabilidade.

Segundo Santos Filho (2008), para que haja corrosão é necessário a presença de oxigênio (ar), umidade (água) e a existência de uma célula de corrosão eletroquímica (diferencial de potencial), que só ocorre após a despassivação da armadura. O cobrimento inadequado da armadura favorece a reação de oxidação.

4.2.5 Caso 5 – Manifestação de Infiltrações em laje de cobertura

I. Levantamento de Subsídios

Este bloco de salas de aula localiza-se na ala leste do Colégio e foi construído entre 1988 a 1989. Embora de tipologia distinta, a edificação deste caso apresenta patologias semelhantes ao do Caso 3. Enquanto que a edificação naquele caso não apresenta beirais, estes problemas se mostram em uma edificação com beirais, platibanda e calhas de periferia, conforme mostra a Figura 17. Não é possível saber com exatidão, que tipo de calha existe por detrás da platibanda, se há uma calha metálica, ou se são os beirais em concreto que fazem o escoamento da água.



Figura 17 - Cobertura - Externo bloco 5
Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

Como no caso mencionado, as trincas existentes localizam-se próximas as janelas. Há também a manifestação de bolor, com manchamento mais evidente junto às janelas, que estão posicionadas no alto das paredes, sem nenhuma verga, imediatamente sob a laje de forro, conforme a Figura 18.



Figura 18 - Sala de Aula - Bloco 5
Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

II. Diagnóstico

As manifestações existentes nesse ambiente são decorrentes de problemas construtivos, no entanto, assim como no Caso 3, podem ter mais de uma hipótese para sua origem. Numa primeira observação, as patologias podem ter surgido devido à impermeabilização inadequada na calha, caso esta seja em concreto; outra hipótese seria também, o sub dimensionamento da calha. Ou ainda, o problema pode ser originário de infiltrações causadas por alguns problemas, como obstruções e entupimentos que ocasionam seu enchimento. Quando a água chega à borda, se não houver proteção entre a cobertura e a laje, a água irá respingar na laje de forro, pelo vão existente na diferença de altura. Permanecendo ali parada por algum tempo, acabará infiltrando-se. Da mesma forma, se não houver o devido fechamento nas ondas das telhas da cobertura fibrocimento, quando a água na calha transbordar ela retornará pelo vão nas ondas das telhas, dando origem às patologias.

A umidade presente no local se manifesta em trincas na laje de forro, o que contribuem para a aceleração do problema, pois com a umidade, aparece também manchamento de fungos e bolores.

Santos Filho (2008), afirma que para se desenvolverem os fungos necessitam de alto teor de umidade no material onde se desenvolvem, ou de

elevada umidade no ambiente (acima de 75%). A temperatura também é muito importante: os fungos desenvolvem-se bem em temperaturas entre 10°C e 35°C.

4.2.6 – Caso 6 – Manifestação de umidade em fachada

I. Levantamento de Subsídios

Pode-se visualizar na Figura 19, a incidência de eflorescências com aspecto de escorrimento, caracterizadas pela cor branca, na superfície do portal de entrada do Colégio Estadual de Pato Branco; notam-se também manchas desbotadas que se apresentam com maior intensidade junto aos frisos e na parte superior do portal.

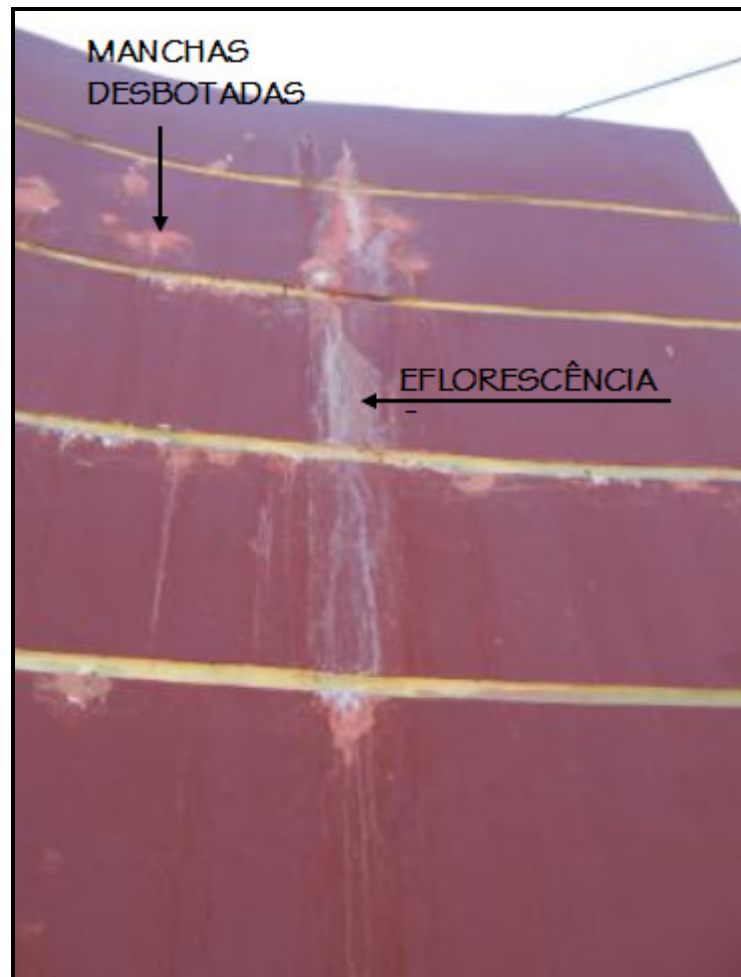


Figura 19 - Portal de entrada do Colégio Estadual de Pato Branco
Fonte: Elaborado pelo autor, 2010

II. Diagnóstico

O problema aparente no portal de entrada do Colégio é decorrente de erros de projeto. Percebem-se eflorescências oriundas das águas das chuvas, como mostrou a Figura 19. Devido à falta de pingadeira ou rufo no topo da parede, a água acaba se acumulando na parte superior da alvenaria do portal, migrando sob o revestimento. No caso das manchas “desbotadas” na pintura, que se apresentam em maior intensidade perto do topo da fachada, há a percolação da água pelos poros dos materiais e ocorre uma saturação na argamassa de revestimento, onde a água acaba saindo em algum ponto da superfície. O material salino carregado reage com os componentes da pintura, acarretando a aparência de desbotamento na cor original.

No caso das manchas brancas, a água que se acumula na parte superior da alvenaria escorre pela parede, deposita-se nos frisos e ali permanece com maior saturação, ocasionando a manifestação de manchas brancas na linha dos frisos. Como a fachada é escura, há um grande contraste entre a manifestação salina e o substrato sobre as quais se deposita.

Segundo Santos Filho (2008), a eflorescência é causada por três agentes: o teor de sais presentes em materiais ou componentes, a presença de água, e a evaporação que faz com que a solução resultante desloque-se até a superfície. De modo geral, a eflorescência não passa de problema estético, já que ela está por trás de um problema maior, que é a umidade agindo na degradação dos materiais.

4.3 DEFINIÇÃO DE CONDUTA PARA OS CASOS ESTUDADOS

Este capítulo descreverá as possíveis soluções, para eliminar as causas dos problemas que deram origem às manifestações apresentadas anteriormente, bem como alguns procedimentos para corrigir as patologias, a fim de garantir sua completa eliminação.

Conforme Andrade (1992), a escolha de um sistema ou método para reparo depende de alguns fatores, tais como: a possibilidade de acesso ao local a ser consertado, além de fatores técnicos e econômicos. É amplo o número de bibliografias relacionadas ao reparo, assim como é grande a oferta de materiais e sistemas.

Como lembra Thomaz (1989), a recuperação definitiva deve ser planejada levando-se em consideração as causas do problema. Todo processo de reparo deve cessar ou reduzir essas causas. Portanto, as formas de recuperação devem ser fundamentadas em medidas preventivas, pois quanto maior a proximidade entre a medida preventiva e a solução corretiva escolhida, melhor será a qualidade do reparo.

4.3.1 Casos 1 e 2 - Manifestações de umidade na laje de cobertura / Trincas horizontais entre a viga e a alvenaria.

Em relação às patologias resultantes do caimento incorreto da cobertura no depósito anexo ao laboratório (Caso 1), uma opção para solucionar o problema seria primeiramente retirar a camada de argamassa existente. Em seguida, executar regularização na laje de cobertura, com o devido caimento. Posteriormente, proceder à execução da nova impermeabilização da laje, conforme esquema apresentado na Figura 20.

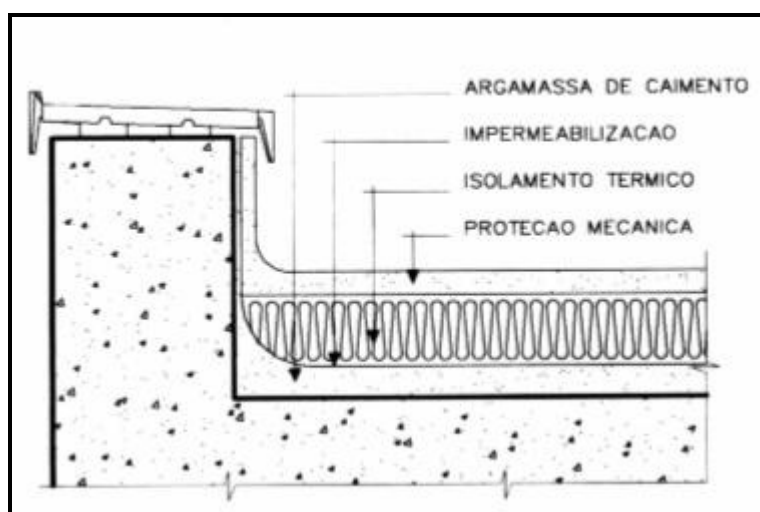


Figura 20 - Montagem de laje de cobertura com impermeabilização
Fonte: Caderno de Encargos Banco do Brasil, 1995

Conforme a NBR 12190/01 (ABNT, 2001), a impermeabilização é definida “como sendo a proteção das construções contra a passagem de fluídos”.

Segundo SCHMITT (1990), a escolha do sistema de impermeabilização deve levar em consideração alguns fatores, como por exemplo: tipo de água que atua no local, comportamento da peça em relação à movimentação térmica a que está submetida, desempenho do material escolhido, análise da relação custo benefício do material escolhido.

A sugestão para esse caso é a utilização de membranas, que é um sistema flexível. PIRONDI (1979) orienta que as membranas são produtos impermeabilizantes moldados no local da aplicação, com ou sem armadura. Oferecem impermeabilizações seguras e de baixo custo e podem ser aplicadas pelo próprio pessoal da obra. O procedimento para aplicação é simples e não requer ferramentas especiais.

As membranas devem ser aplicadas em diversas camadas. Existem tipos para aplicação a quente (asfaltos oxidados) e a frio (base água, base solvente ou isento de solvente). De acordo com Banco do Brasil (1995), para aplicação da membrana a frio, deve-se utilizar vassoura de pelo macio ou trincha. A primeira demão deve ser aplicada depois de seca à camada de impregnação. Depois de seca a primeira demão, após cerca de 8 horas, coloca-se sobre o asfalto modificado um véu de poliéster, e sobre ele, aplica-se à segunda demão. Após 8 horas, aplica-se a terceira demão, utilizando o mesmo procedimento das demãos anteriores. E assim sucessivamente, aplicam-se quantas demãos forem necessárias.

Depois de aplicada a impermeabilização, deve-se executar o isolamento térmico, que contribuirá também para a solução do problema aparente no Caso 2. Uma opção nesse caso seria a utilização do poliestireno expandido, sendo mais conhecido no Brasil como isopor, sendo está a marca comercial, pois tecnicamente ele se identifica como EPS, que é a sigla de *Expanded PolyStirene*, isto é, Poliestireno Expandido.

O último passo é a execução da proteção mecânica. O Banco do Brasil (1995), recomenda que seja aplicado o microchapisco ou mordente, sobre as superfícies que foram impermeabilizadas. Em seguida, deve ser executado um capeamento composto de argamassa no traço 1:4 de cimento e areia, amassada com água e emulsão adesiva, na proporção de 5%, sendo vedado o emprego de cal.

No entanto, para eliminar a origem do problema, deve-se proceder à execução de uma nova cobertura com o devido caimento (cada tipo de telha pede uma inclinação mínima da cobertura). Um bom caimento não permite a permanência de água, impedindo sua infiltração pela superfície e nem em concentração suficiente para que haja a percolação no meio da laje, carreando sais solúveis dos materiais como concreto e argamassas.

4.3.2 Caso 3 – Patologias na laje de cobertura provenientes de umidade

Para o caso 3, deve-se necessariamente executar uma revisão na cobertura. No entanto, o mais adequado seria primeiramente retirar as telhas, para melhor visualização dos problemas. Verificar se não há falhas que não foram observadas numa primeira análise, como por exemplo, telhas quebradas ou movimentação nas telhas que provoquem goteiras. Devem ser revisadas também, as interfaces entre a parede e a telha, verificando a existência de contra-rufo. Caso não haja, providenciar a colocação do mesmo.

As calhas também devem ser revisadas, verificando possíveis obstruções e entupimentos, que acabam impedindo uma vazão adequada e ocasionam problemas como os aparentes no Caso 3. Caso for necessário, providenciar o redimensionamento das calhas.

É importante também, realizar a proteção nas interfaces onde há janelas encostadas na laje de cobertura. Além disso, executar pingadeira na platibanda, objetivando afastar as águas das chuvas, a fim de que não escorram e retornem para a laje de forro, causando infiltração. Um simples filete de argamassa colante ou um perfilado de alumínio já resolveria o problema.

Se a origem das patologias for devido à infiltração na viga “U”, uma opção seria a execução de proteção entre a viga e a alvenaria da platibanda, evitando dessa forma que a água passe por esse espaço. Essa proteção pode ser feita através de um contra-rufo, ou argamassa.

Não há motivo aparente para a inexistência de cumeeira, portanto, para proteger o ambiente ainda mais da infiltração de água, deve-se proceder à colocação de telhas de cumeeira. Conforme Banco do Brasil (1995), a cumeeira é o elemento mais alto da cobertura, formado por duas águas com direções opostas.

4.3.3 Caso 4 – Corrosão em armadura de viga calha

Para a patologia mencionada no Caso 4, é essencial providenciar uma revisão na impermeabilização, em toda extensão da viga calha. Posteriormente, executar nova impermeabilização. Também deve ser realizada vistoria nos caimentos da viga, analisando possíveis obstruções que favoreçam a infiltração de água.

A corrosão propriamente dita, deve ser corrigida através da realização das etapas mencionadas abaixo, no subitem corrosão nas armaduras.

4.3.4 Caso 5 – Manifestação de Infiltrações em laje de cobertura

No Caso 5, onde as manifestações podem ser decorrentes do transbordamento da calha, realizar vistoria, verificando a união da calha com a estrutura de cobertura. Na diferença de altura entre ambas, deve ser executada proteção metálica, a fim de se evitar respingos na laje de cobertura.

Analisar ainda, possíveis obstruções e entupimentos, providenciando a limpeza das calhas. Caso for necessário, redimensionar a calha para garantir adequado escoamento das águas.

A execução de pingadeira no beiral, também evita que a água escorra para dentro do ambiente, já que as janelas são encostadas na laje de forro sem nenhuma verga ou proteção aparente.

4.3.5 Caso 6 – Manifestação de umidade em fachada

No caso 6, manifestação de umidade no portal de entrada do Colégio, a opção mais eficiente para evitar que a água da chuva escorra pela fachada é o emprego de pingadeira ou rufo no topo da alvenaria. O rufo impede que a água incida diretamente no topo da parede, evitando dessa forma sua percolação pelos poros dos materiais.

Segundo Thomaz (2008), existem alguns recursos que dissipam a água das fachadas: o ressalto, a bunha e o friso. O ressalto funciona como uma espécie de tobogã, que cria seguidas descontinuidades, impedindo o acúmulo de água. Como opção mais simples e barata existe a bunha e o friso. Ambos são reentrâncias, que tem a função de interromper o vento que empurra a água da chuva contra a parede, auxiliando na dispersão da água. A principal diferença entre os dois está na largura: reentrâncias de 5 cm de largura são chamadas de bunhas, e quando mais estreitas, entre 1,5 cm e 2 cm recebem a denominação de frisos.

De acordo com o mesmo autor, existem estudos que comprovam que pequenas saliências no plano da parede, já conseguem reduzir em mais de 50% a água que escorre sobre ela. Os benefícios contra a umidade só aumentam com o emprego de pingadeiras.

É recomendável também, a execução de arredondamento nos frisos existentes, permitindo dessa forma um melhor escoamento da água. Além disso, quando for executada nova pintura na fachada, uma opção seria a aplicação de impermeabilizante.

Depois que estiverem solucionadas as causas dos problemas é necessário reparar as patologias. Abaixo estão descritas as soluções para cada uma das patologias mencionadas neste trabalho.

4.3.6 Corrosão nas armaduras

A função básica do reparo em estruturas deterioradas pela corrosão é a de restabelecer a proteção das armaduras e reconstruir o componente de concreto, garantindo que sejam mantidas as condições físicas e as qualidades estéticas e geométricas (ANDRADE, 1992).

4.3.6.1 Eliminação do concreto deteriorado

Segundo Andrade (1992), o primeiro passo para reparação é a eliminação do concreto contaminado ou deteriorado. Ele deve ser removido até que se encontre o concreto em bom estado. Além disso, é preciso eliminar o concreto 1 a 2 cm por detrás das armaduras corroídas com o objetivo de permitir um bom acesso para a limpeza adequada dos produtos de corrosão. Esse espaço permite também o correto preenchimento dos vazios ao redor das barras pelo material de reparo.

4.3.6.2 Limpeza das armaduras

De acordo com Andrade (1992), todo produto resultante da corrosão aderido à superfície das armaduras, deverá ser devidamente removido antes da aplicação de novo material. Geralmente utiliza-se limpeza com jato de areia. Esse método é importante principalmente quando a corrosão for devida a cloretos ou quando se utiliza resina epóxi ou polimérica para execução do reparo. Ainda de acordo com o mesmo autor, neste último caso é preciso garantir uma perfeita aderência, já que a proteção desses materiais está baseada no efeito “barreira”, sendo preciso assegurar uma perfeita vedação / ligação entre a armadura e o material de reparo.

Andrade (1992) também argumenta, em relação a casos em que a corrosão tenha acarretado uma redução superior a 15 a 25% da área de armadura é

recomendado que após a completa limpeza sejam colocadas novas armaduras, garantindo que os comprimentos de ancoragem estejam de acordo com a norma EH-88¹. Sempre que as armaduras receberem a primeira demão de resina, os comprimentos de ancoragem devem ser maiores.

“Outra alternativa é utilizar o recurso da solda, evitando com isso grandes comprimentos de emenda e ancoragem.” (ANDRADE, 1992, p. 98).

4.3.6.3 Tratamento da superfície do concreto original

Como lembra Andrade (1992), é muito importante preparar adequadamente a superfície para garantir perfeita aderência com o material de reparo. Molhar a superfície do concreto original ou empregar resinas chamadas de ponte de aderência dependerá do tipo do material de reparo.

Caso o concreto esteja contaminado por cloretos é importante empregar uma resina que tenha a função de ponte de aderência, ao mesmo tempo em que funcione como barreira contra os cloretos ainda existentes no concreto velho. Esses cloretos tendem a deslocar-se para o material de reparo contaminando-o, isso acontece devido à diferença de concentração dos materiais. Por isso, é muito importante garantir que esses cloretos não alcancem a armadura durante esse percurso (ANDRADE, 1992).

4.3.6.4 Tipos de materiais de reparo de corrosão

“Os materiais que se destinam à colocação manual ou com auxílio de fôrmas são fundamentalmente de três tipos: materiais de base cimento, materiais de base polimérica ou de resina, materiais mistos.” (ANDRADE, 1992, p.99). Ainda de acordo com o mesmo autor, poderiam ser incluídos nessa relação os aditivos protetores da corrosão, que são misturados as argamassas de reparo a base de cimento, além dos revestimentos de proteção da armadura, tipo resina base epóxi impregnada de zinco, que forma uma barreira protetora no trecho reparado e nos demais trechos oferece uma proteção catódica galvânica.

¹ Comisión Permanente del Hormigón. Instrucción para El proyecto y la ejecución de obras de hormigón em masa o armado EH-88. Madrid, Ministério de Obras Públicas y Urbanismo, Espanha, 1988. No Brasil deve atender às recomendações das secções 4.1.6 e 6.3.5 da “NBR 6118 Projeto e execução de obras de concreto armado. Procedimento” (ANDRADE, 1992, p.98).

Segundo Andrade (1992), há materiais dos quais a base é o cimento Portland e outros onde a base é um cimento expansivo de alto teor de etringita². Quase todos têm aditivos que melhoram as características como retração, tempo de pega, consistência entre outras. Ainda de acordo com o mesmo autor, os materiais com base de natureza orgânica apresentam composições variadas. Os mais comuns são à base de resinas epóxi, resinas poliéster, base poliuretano, base acrílica e outros. Alguns deles são utilizados dissolvidos na água de amassamento da argamassa de cimento, originando dessa forma os materiais mistos.

Em ambos os casos os materiais devem assegurar à armadura uma ou as duas seguintes características: reparar o meio alcalino que permita a passivação do aço das armaduras; servir como barreira contra a transposição de oxigênio, umidade, cloretos ou dióxido de carbono (ANDRADE 1992).

Assegura Andrade (1992), que no caso de proteção através da formação de barreira, é fundamental garantir adequada aderência e cobertura do produto às armaduras nos locais onde os materiais serão aplicados. Quando o reparo for executado à base de argamassa projetada o material base é sempre o cimento Portland, com emprego de aditivos que melhorem o sistema de projeção e endurecimento.

4.3.6.5 Revestimentos e pinturas

Se a intenção for utilizar a pintura ou o revestimento para evitar a entrada de agentes agressivos, porém sem antes eliminar as causas da corrosão, o resultado não será satisfatório, pelo contrário, o problema da corrosão pode se intensificar. Aplicar o revestimento protetor em estruturas que já apresentam o problema da corrosão, só é possível após o concreto secar completamente, o que é praticamente impossível em profundidades superiores a 15 a 20cm. Se o concreto estiver contaminado seu interior estará úmido, portanto, o processo de corrosão continuará. Se nesse caso for aplicada pintura, o problema se agravará, principalmente se a pintura for permeável, pois a água terá mais facilidade para entrar (ANDRADE 1992).

² Etringita é a denominação do composto químico trissulfoaluminato de cálcio hidratado com até 32 moléculas de água resultante das reações do sulfato, SO₄, com o aluminato tricálcico, C₃A, do cimento Portland. Sendo essa reação expansiva e desde que bem controlada, pode servir ao propósito de compensar a natural retração dos concretos. Não há no Brasil cimentos com essa característica (ANDRADE, 1992, p.99).

Conforme Andrade (1992), Quando se utilizar pinturas ou revestimentos após o reparo, deve-se considerar que aquelas chamadas de pintura “anticarbonatação” não são essencialmente impermeáveis aos cloretos, também grande parte daquelas presentes no mercado são permeáveis ao vapor de água. Portanto, não são úteis para serem usadas em peças de concreto que não necessitam respirar. Para impedir o avanço da deterioração da estrutura, é muito importante levar em consideração a propriedade da impermeabilidade.

4.3.6.6 Acompanhamento de uma estrutura reparada

É grande o risco de retorno da corrosão, portanto, quando uma estrutura danificada por cloretos for reparada, é importante um acompanhamento da evolução e do comportamento da mesma. A corrosão pode reincidir tanto pela penetração de novos cloretos, quanto pelo desenvolvimento da corrosão em zonas que não foram reparadas (ANDRADE 1992).

De acordo com Andrade (1992), o acompanhamento das estruturas reparadas pode ser através da observação visual periódica, ou no caso de estruturas onde seja viável, recomenda-se um controle sistemático, cuja evolução ao longo do tempo tem sido referência da condição das armaduras.

4.3.7 Trincas

Afirma Thomaz (1989), que a recuperação dos elementos trincados só deverá ser executada após um diagnóstico estável, e somente depois da certificação de que as trincas não influenciarão no comportamento do edifício como um todo.

4.3.7.1 Recuperação de componentes de concreto armado

Podemos analisar que em alguns dos casos descritos no decorrer do trabalho há a manifestação de trincas. Nesse caso, a recuperação pode ser executada da seguinte forma: depois de se eliminar a causa do problema conforme descrição mencionada no item 4.2 (definição de conduta), deve-se segundo Thomaz (1989), aplicar uma argamassa de cimento e areia na proporção 1:2 ou 1:3 bem seca, contra as armaduras e a cavidade do concreto onde há a presença de trincas.

4.3.8 Mofo e Bolor

Segundo Santos Filho (2008), as recomendações curativas quanto a mofos e bolores são:

- Executar limpeza das superfícies contaminadas;
- Emprego de soluções fungicidas;
- Utilizar durante o reparo materiais de construção mais resistentes ao bolor, como os materiais fungicidas.

Para prevenir a manifestação de bolores, alguns autores recomendam cuidados desde a fase de projeto, como por exemplo: disposição adequada dos espaços internos, projetar janelas e vãos que favoreçam a ventilação, proteção interna e externa das paredes que estão sujeitas a infiltração de água (ALUCCI *et al.*, 1988, *apud* RESENDE, 2001).

4.3.9 Eflorescências

Depois de solucionada a causa do problema deve-se remover a patologia existente. No caso das eflorescências as manchas devem ser retiradas lavando o local com produtos especiais recomendados para esse tipo de problema ou com solução ácida (por exemplo, uma solução de 10% de ácido clorídrico) (AGENCE POUR LA PRÉVENTION DES DÉSDRES ET L'AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE LA QUALITÉ DE LA CONSTRUCTION, 1995, *apud* RESENDE, 2001).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo revelou as manifestações patológicas de um Colégio Estadual localizado no município de Pato Branco – PR. Para tanto, considerou-se as seguintes etapas: foi realizada vistoria do local, com levantamento do histórico dos edifícios, a fim de identificar a natureza e origem das patologias. A próxima etapa foi a execução do diagnóstico da situação, que consiste em entender os fenômenos, identificando as relações de causa e efeito que caracterizam as manifestações patológicas. Por fim, foi apontada a definição de conduta para cada caso em estudo.

A pesquisa atingiu os objetivos propostos na medida em que se mostrou adequada à aplicação do método de Lichtenstein. A escolha do método deu-se por ser disponível e conhecido, além de possuir vários exemplos práticos para pesquisa.

Conforme vistoria do local com levantamento do histórico do conjunto de edificações e levando-se em conta que o Colégio em estudo já possui mais de trinta anos, foram identificadas algumas patologias, que consistem basicamente em: manchas, eflorescências, mofos e bolores, trincas e corrosão na armadura. A maior parte desses problemas manifestou-se devido à presença de umidade.

Verificou-se que a umidade oriunda da infiltração em laje e da incidência de água das chuvas em fachada, ocasionou eflorescências, que são perceptíveis através dos depósitos salinos de cor branca. Observou-se também, que em alguns ambientes o bolor causou alteração estética em lajes, formando manchas escuras indesejáveis. Já a evolução no processo de umidade levou a oxidação das armaduras e em alguns casos originou trincas.

A etapa de identificação das manifestações patológicas de acordo com a origem evidenciou, em alguns casos, a negligência dos usuários quanto à realização de procedimentos de manutenção preventiva e/ou conservação. Em outros casos como, por exemplo, no portal de entrada do Colégio e no depósito anexo ao laboratório de química / física, foi possível observar que o problema originou-se devido a erros no processo de execução.

A definição de conduta para a recuperação definitiva foi planejada levando-se em consideração as causas do problema, objetivando com o reparo cessar ou reduzir as causas detectadas. As formas de recuperação foram fundamentadas em medidas preventivas, uma vez que quanto maior a proximidade entre a medida preventiva e a solução corretiva escolhida, melhor será a qualidade do reparo.

É importante lembrar que a realização de estudos que buscam avaliar, caracterizar e diagnosticar a ocorrência de danos em edificações são fundamentais para o processo de produção e uso das edificações. Permitem conhecer ações eficientes para atenuar a ocorrência de falhas e problemas, o que tende a melhorar a qualidade geral das edificações e otimizar a aplicações dos recursos, principalmente em obras públicas.

Por fim, cabe salientar, que mesmo ocorrendo melhorias tecnológicas das técnicas construtivas e o emprego de materiais de construção com maior controle de qualidade, ainda se observa um grande número de edificações apresentando patologias das mais variadas espécies. Porém, um programa eficiente de inspeção/manutenção constante assegura a durabilidade das edificações, permitindo determinar prioridades para as ações necessárias ao cumprimento da vida útil prevista.

5.1 RECOMENDAÇÕES

A pesquisa, que ora se conclui, mostrou-se bastante satisfatória. Algumas considerações importantes se destacam sobre as necessidades de intervenções para eliminar as causas das manifestações patológicas no Colégio Estadual de Pato Branco, uma vez que identificando a origem e fazendo um diagnóstico das patologias encontradas é possível evitar que o mesmo problema se repita em outras edificações.

Fica clara a importância em se continuar às pesquisas para atingir qualidade nas edificações, uma vez que a patologias das construções está intimamente ligada à qualidade e embora esta última tenha avançado muito, os casos patológicos não diminuiram na mesma proporção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, C. **Manual para Diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras**. São Paulo, Pini 1992.

ANTONIAZZI, J. P. **Patologia da construção: abordagem e diagnóstico**. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) – Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: <[tp://www.ufsm.br/engcivil/TCC/PROJETO_TCC_JULIANA.pdf](http://www.ufsm.br/engcivil/TCC/PROJETO_TCC_JULIANA.pdf)>. Acesso em 13 set. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Edificações – Conteúdo e recomendações para a elaboração e apresentação**: NBR 14037/98. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Seleção de Impermeabilização**: NBR 12190/01. Rio de Janeiro, 2001.

BANCO DO BRASIL. **Caderno de Encargos**. Brasília, 1995.

BARBOZA, C. B. T. **Todo concreto sofre do mal “trincas e fissuras”?** Disponível em: <<http://www.recuperar.com.br/meuproblema/meuproblema68.pdf>>. Acesso em: out. 2010.

BRASIL. NBR-6118/NB1-2001. **Projeto de estruturas de concreto**. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

CASCUDO, O. **O controle da corrosão de armaduras de concreto: inspeção e técnicas eletroquímicas**. São Paulo, Pini, 1997.

FACHIM, O. **Fundamentos de Metodologia**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

FERNÁNDES CÁNOVAS, M. **Patologia e terapia do concreto armado**. Tradução de M. Celeste Marcondes, Carlos Wagner Fernandes dos Santos, Beatriz Cannabrava. São Paulo: Pini, 1988.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. São Paulo, Pini, 1992.

HELENE, P. R. L. **Corrosão em armaduras para concreto armado**. São Paulo, Pini, 1986.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das Construções: procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações**: São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1985. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, 1985.

MACHADO, A. de P. **Reforço de estruturas de concreto armado com fibras de carbono**. São Paulo: Pini, 2002.

MARCONI, M. de. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia do trabalho científico**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

PEDRO, E. G.; MAIA, L. E. F. C. ; ROCHA, M. O.; CHAVES, M. V. . **Patologia em Revestimento Cerâmico de Fachada**. Curso de Pós-Graduação do CECON, Especialização em Engenharia de Avaliações e Perícias. Síntese de Monografia. Belo Horizonte, 2002.

PEREZ, A. R. **Manutenção dos edifícios**. Tecnologia das Edificações. PINI, São Paulo. 1988. p. 611-614.

PIRONDI, Z. **Manual prático da impermeabilização e de isolamento térmica**. SBR, São Paulo: Artes Gráficas, Ltda., 1979.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PATO BRANCO. Informações Gerais. Disponível em: <<http://www.patobranco.pr.gov.br/municipio4.aspx>>. Acesso em: 29 nov. 2010.

RESENDE, M. M. **Manutenção preventiva de revestimentos de fachada de edifícios**: limpeza de revestimentos cerâmicos. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.

RESENDE, M. M. **Apostila patologia dos revestimentos de argamassa**. São Paulo, maio de 2001.

RIPPER, T; MOREIRA DE SOUZA, V. C. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo, Pini, 1998.

SANTOS FILHO, L. M. **Apostila patologia das construções**. Curitiba, outubro de 2008.

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.

THOMAZ, Ercio. Fachadas: Beirada seca. **Revista Técnica**, São Paulo, v. 1, n. 137, p. 5-6, ago. 2008. Entrevista concedida a T. Oliveira.

SCHMITT, Carin Maria. **Impermeabilizações de coberturas**. Porto Alegre, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1990.

SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO DO PARANÁ. Apresentação. Disponível em: <<http://www.pbpatobranco.seed.pr.gov.br/modules/conteudo.php>>. Acesso em 11 nov. 2010.

APÊNDICE A – Planta Baixa Colégio Estadual de Pato Branco