Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM REVESTIMENTO CERÂMICO DE FACHADA - O CASO DO EDIFÍCIO FONTANE BLUE EM FOZ DO IGUAÇU - PR

C. WINTER DE MELLO
Professor
Universidade Federal da Integração Latino Americana
Paraná; Brasil
cesar.mello@unila.edu.br

F. FONTOURA
Engenheiro Civil
Construtora Jota Ele Construções Civis Ltda.
Paraná; Brasil
e-mail: fernandofontoura_9@hotmail.com

C. ESCOBAR
Professor
Centro Universitário Dinâmica das Cataratas - UDC
Paraná; Brasil
engenharia@escobar.eng.br

RESUMO

Atualmente os revestimentos cerâmicos são os mais escolhidos para finalizar os acabamentos externos de edifícios, entretanto a escolha incorreta de materiais tem por fim gerado diversos transtornos, tanto para a construtora quanto para os moradores de condomínios. Esses problemas, aqui denominados de patologias, podem algumas vezes, apenas diminuir o efeito estético tão buscado pela sua utilização, todavia, pode por em risco a vida de transeuntes naquela região, ou ainda por em risco a estrutura das edificações. Neste trabalho, procura-se discriminar as diversas patologias e as suas origens, bem como as diversas especificações de revestimentos cerâmicos e sistemas construtivos, para que quando forem executados obtenham-se os melhores resultados. Também, através de ensaios normalizados executados tanto em laboratório quanto em canteiro de obra, foi evidenciado se a origem das patologias, especificas do Edifício Fontane Blue, são originadas devido a escolha incorreta de materiais ou métodos inadequados de execução, ou ainda a não existência de projetos específicos para execução de revestimento cerâmico externamente.

Palavras-chave: Patologia nas construções, Revestimento cerâmico

ABSTRACT

Today's ceramic tiles are the most chosen to finish the external finishes of buildings, however incorrect choices of materials have finally resulted in several disorders, both for construction and for the residents of condominiums.These problems, here called pathologies can sometimes diminish the aesthetic effect only so sought after for its use, every way may endanger the lives of passers by in the region, or endangering the structure of buildings. In this paper, we attempt to discriminate between various diseases and their origins, as well as various specification of ceramic tiles and building systems, for when they are carried out to obtain the best results. Also, through standardized tests performed both in laboratory and in the construction site, will be evident if the source of pathology, the specific Fontane Blue Building, originate due to incorrect choice of materials or inadequate methods of implementation or the lack of execution of specific projects to external ceramic coating.
Keywords: Building Pathology

1. INTRODUÇÃO

As fachadas são responsáveis pela preservação da edificação. A partir da década de 50 as pastilhas cerâmicas começaram a ser introduzidas nas edificações brasileiras com o intuito de preservação dessas áreas expostas às intempéries. A grande facilidade de combinação das cores garante ótimos resultados e grande aceitação pelo publico.

Os revestimentos cerâmicos são utilizados como primeira opção quando se pensa em qualidade e sofisticação em fachadas, apesar de seu elevado custo se comparado com métodos tradicionais.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Mesmo com boa aceitação, o que tem mais chamado a atenção são as diversas ocorrências de manifestações patológicas que vem ocorrendo nas fachadas, atribuindo incertezas de sua eficiência com o passar do tempo. Os efeitos traumáticos de uma fachada manchada ou com vazios cerâmicos levam os engenheiros e construtores a buscar outras soluções, sem ao menos entender o que gerou tal patologia.

Além disso, o descolamento de revestimento cerâmico de fachadas gera a perda da eficiência do conjunto vedação além de perdas financeiras e, principalmente, riscos de perdas materiais e de vida.

Diante do exposto, o presente artigo tem como objetivo apresentar, através de um estudo de caso, os principais fatores que geraram as manifestações patológicas na fachada do Edifício Fontane Blue, localizado na cidade de Foz do Iguaçu, Paraná. Para tanto, propõem-se investigar, através de ensaios de resistência mecânica in loco e em laboratório, as prováveis causas e as devidas recomendações de execução da recomposição da fachada do referido edifício.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Definição de revestimentos cerâmicos

A NBR 13816:1997 classifica o revestimento cerâmico como sendo um conjunto formado pelas placas cerâmicas, pela argamassa de assentamento e pelo rejunte [1]. As placas cerâmicas são materiais compostos por argila e outras matérias primas inorgânicas que podem ser conformadas por extrusão ou por prensagem. Além disso, o revestimento cerâmico é um dos elementos que compõem o edifício, juntamente com a estrutura, as vedações verticais e horizontais, demais revestimentos e os sistemas prediais [2].

O sistema de revestimento é composto por uma base ligada a uma camada de argamassa de emboço, seguida por uma fina camada de argamassa colante e, por fim, às peças cerâmicas e ao rejunte [3].

A função do revestimento cerâmico é proteger os elementos de vedação do edifício, auxiliar as vedações no cumprimento das suas funções no que tange a isolamentos térmicos e acústicos e proporcionar acabamento final aos revestimentos de pisos e paredes [2]. Além disso, pode-se considerar também como função a regularização da superfície dos elementos de vedação (conforto tátil e visual), durabilidade e, por final, custo versus benefício compatível [4].

E por fim, a estanqueidade é a característica mais marcante do revestimento cerâmico, pois se não for mantida, a passagem da água ou outros agente agressivos nas camadas internas podem comprometer o desempenho do revestimento [4].

2.2 Classificação das cerâmicas

Segundo a Associação Brasileira de Cerâmicas as cerâmicas são classificadas em: cerâmica vermelha que compreende aqueles materiais com coloração avermelhada empregados na construção civil; materiais de revestimento (placas cerâmicas) que são os azulejos, pastilhas, porcelanatos, grês, lajotas, etc.; cerâmica branca: compreendendo materiais constituídos por um corpo branco e em geral recobertos por uma camada vítrea transparente e incolor e que são assim agrupados pela cor branca da massa, necessária por razões estéticas e/ou técnicas [5].

Já a NBR 13817:1997 classifica as placas cerâmicas segundo os seguintes critérios a saber: esmaltadas e não esmaltadas, pelo métodos de fabricação, por grupos de absorção de água, pela classe de resistência à abrasão superficial, pelas classes de resistência ao manchamento, pelas classes de resistência ao ataque de agentes químicos segundo diferentes níveis de concentração e pelo aspecto superficial ou análise visual [6].

O método de fabricação das placas cerâmicas podem ser realizadas por extrusão por precisão, a qual cumpre exigências maiores com menores tolerâncias em relação ao tipo artesanal. Também podem ser fabricadas a partir de prensagem e por outros processos NBR 13817 [6]

A classificação por grupo de absorção de água é uma das principais características dos revestimentos cerâmicos. Ela indica sua porosidade sendo expressa pelo percentual de absorção de água calculado sobre o peso total da placa. Quanto menor a porosidade do revestimento, menor a quantidade de água que ele poderá absorver e melhores serão as suas características técnicas e resistência [7].

A NBR 13817 correlaciona as especificações de fabricação das placas cerâmicas com o grupo de absorção as quais são apresentadas na tabela 1 a seguir:

Tabela 1 - Codificação dos grupos de absorção de água em função dos métodos de fabricação NBR 13817 [6]

Absorção de água (%)	**Métodos de Fabricação**		
	Extrudado (A)	Prensado (B)	Outros (C)
Abs ≤ 0,5	AI	BIa	CI
0,5 < Abs ≤ 3		BIb	
3 < Abs ≤ 6	AIIa	BIIa	CIIa
6 < Abs ≤ 10	AIIb	BIIb	CIIb
Abs > 10	AIII	BIII	CIII

Pela classe de resistência à abrasão superficial as placas cerâmicas podem ser classificadas em abrasão superficial, para produtos esmaltados (Porcelain Enamel Institute - PEI) e abrasão profunda, para produtos não esmaltados. Este desgaste pode ser causado pelo atrito de objetos sobre a superfície esmaltada, sendo mais aplicada para placas para pisos, já que nos revestimentos de paredes tais solicitações são pouco prováveis. Assim, o grau de desgaste é classificado na escala crescente resistência à abrasão de PEI 0 a PEI 5 [7].

Já a classificação de resistência ao manchamento ou classes de limpabilidade, a NBR 13817 expõe que existem cinco faixas, em escala descrescente, que indicam a facilidade de remoção das manchas, sendo que a classe 5 indica a máxima facilidade de remoção e a classe 1 indica a impossibilidade de remoção do manchamento. A norma aponta ainda que as placas são agrupadas em classes utilizando procedimentos sistemáticos progressivos de limpeza podendo-se utilizar produtos de limpeza fracos a fortes ou mesmo ácido clorídrico ou hidróxido de potássio. [6]

E, por fim, a classificação de resistência ao ataque de agentes químicos está diretamente ligada à composição dos esmaltes, à temperatura e ao tempo de queima no forno. Os revestimentos cerâmicos para uso residencial e comercial apresentam resistência ao ataque químico de ácidos e base com baixa concentração [7]. A tabela 2 da NBR 13817 apresenta a codificação dos níveis das resistências químicas:

Tabela 2 - codificação dos níveis das resistências químicas NBR 13817 [6]

Agentes Químicos		**Níveis de resistência química**		
		Alta (A)	Média (B)	Baixa (C)
Ácidos e Álcalis	Alta concentração (H)	HA	HB	HC
	Baixa Concentração (L)	LA	LB	LC
Produtos domésticos e de piscinas		A	B	C

2.3 Patologia nos revestimentos cerâmicos

Podemos definir patologia como sendo a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo que compões o diagnostico dos problemas [8].

As manifestações patológicas devem ser encaradas como um problema grave, que pode colocar a vida e a saúde dos frequentadores do local em risco. Não são apenas fatores de fábrica que podem gerar patologia, mas diversos fatores como clima ou até mesmo mão de obra. Dentro da área de patologia, podemos classificar algumas das quais devemos dar maior atenção, devido ao perigo que incide ao meio exposto. A partir disso temos o empolamento, descolamento de placas, pulverulência, trincas, gretamentos, fissuras, eflorescência, bolor e deterioração do rejunte [7].

2.3.1 Empolamento

O principal fator diretamente envolvido com esse tipo de patologia é a cal, portanto essa anomalia ocorrerá nas camadas com maior proporção de cal. O reboco se destaca do emboço, formando bolhas cujo diâmetro aumenta progressivamente, a cal não hidratada existente no revestimento cerâmico irá se extinguir depois de aplicada, aumentando de volume e consequentemente causando expansão [9].

Por outro lado, o fenômeno pode ocorrer devido às expansões na argamassa, em função da hidratação de óxidos [7]. Além disso, nas argamassas mistas, o fenômeno da expansão aumenta consideravelmente, sendo devido a causas mecânicas, principalmente porque as argamassas contendo cimento Portland, são muito rígidas e a expansão causa desagregação [9].

2.3.2 Descolamentos em placas

O descolamento, ou perda de aderência das placas cerâmicas, é um processo onde ocorrem falhas e rupturas na interface da placa cerâmica com o substrato, devido a tensões surgidas que ultrapassam a capacidade de aderência do material [7].

As placas do revestimento de argamassa que se descolam englobam geralmente o reboco e o emboço e a ruptura ocorre na ligação entre essas camadas. As causas desse problema estão relacionados à falta de aderência das camadas de revestimento à base [9].

2.3.3 Pulverulência

Esta patologia classifica-se como sendo uma desagregação e, consequentemente, esfarelamento da argamassa ao ser pressionada manualmente [7].

Com a desagregação da camada de reboco, no caso de revestimento que receberam pintura, a película de tinta se destaca com facilidade carregando partículas de reboco no seu verso, em casos de massa única ou emboço paulista, geralmente a camada se esfarela como um todo [9].

2.3.4 Gretamento

O gretamento é decorrente de pequenas variações térmicas ou higroscópicas no revestimento, originadas principalmente pela ausência de junta de dilatação [7]. A peça cerâmica quando exposta a determinadas condições higrotérmicas, tem favorecida a formação de tensões entre o vidrado e o corpo cerâmico da peça. Se o revestimento foi assentado corretamente e exposto a condições normais de uso, considera-se que o fenômeno é intrínseco da peça cerâmica [9].

Por outro lado, o surgimento de gretamentos, deve-se ao fato de que a argamassa torna-se acentuadamente rígida devido a um excessivo teor de cimento, já que em suas faces de assentamento (tardoz) serão solicitadas à compressão e as faces esmaltadas à tração [10].

O que diferencia a trinca da fissuração e gretamento, é que na trinca o corpo da placa cerâmica se divide por completo, enquanto que na fissuração e gretamento o corpo da placa cerâmica se divide parcialmente [7].

2.3.5 Eflorescência

A eflorescência é decorrente de depósitos salinos principalmente de sais minerais alcalinos (sódios e potássio) e alcalino-terrosos (cálcio e magnésio) na superfície de alvenarias. Dessa forma, podem alterar a aparência externa dos edifícios, deixando-os com aspecto esbranquiçado [9].

Dificilmente pode-se garantir a eliminação da eflorescência manifestada nos revestimentos, entretanto, pode-se evitá-la, tomando algumas providências quando do seu assentamento [4]:

a) empregar placas sem sais solúveis e evitar molhá-las;
b) reduzir o consumo de cimento Portland ou especificar cimento de baixo teor de álcalis (o cimento Portland possui sais solúveis, principal fonte da patologia);
c) procurar o emprego de rejunte flexível e com menor porosidade;
d) garantir completa secagem da base que será assentado o revestimento;

As eflorescências podem surgir também devido a uma incorreta limpeza do revestimento após o termino da execução. Ao aplicar o ácido muriático para limpeza sem antes ter molhado bem o revestimento, este tende a reagir com o cimento Portland.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Segundo a NBR 7200, para a remoção da eflorescência pode-se escovar a seco a superfície com escova de cerdas de aço e proceder à limpeza com solução de ácido muriático [11].

2.3.6 Fissuras

A incidência de fissuras e trincas devem-se a fatores relacionados a execução do revestimento argamassado, solicitações de esforços higrotérmicos e pela retração hidráulica da argamassa. Fatores ligados diretamente com a argamassa são, portanto, os responsáveis por essa patologia, como: quantidade de água e cimento e teor dos finos [9].

Quando se tem uma argamassa com alto teor de finos, necessariamente usa-se maior quantidade de água, aumentando assim a retração e fazendo com que surgem trincas e fissuras na placa. Outro fator importante que contribui para o surgimento de tal patologia, é a umidade relativa do ar. Quando se trabalha em regiões com baixa umidade e elevada temperatura, deve-se ter o cuidado de sempre molhar a base, para que a mesma não seque rapidamente, evitando retrações [9].

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O edifício Fontane Blue localiza-se na cidade de Foz do Iguaçu, sendo que suas obras foram concluídas no ano de 1996 e, já no ano de 2004 iniciaram-se as intervenções nas fachadas devido ao descolamento de pastilhas, principalmente de sacadas, além de execução de juntas de movimentação as quais, durante o processo de construção, não teriam sido executadas. Na figura 1 apresenta-se a fachada com orientação leste do edifício, já em nova intervenção nas pastilhas cerâmicas no ano de 2011. Observa-se que as cores predominantes definidas em projeto foram azul mediterrâneo e vermelho.



Figura 1: Intervenção na fachada leste do edifício Fontane Blue

Os ensaios realizqados para caracterizar as manifestações patológicas foram:

a) ensaio em corpo de prova por tração simples - NBR 13755;
b) determiniação da absorção de água - NBR 13818;
c) deteminação da expansão por umindade - NBR 13818;
d) detemrinação da dureza segundo a escala de Mohs - NBR 13818;
e) verfiicação de percussão de som cavo - NBR 13755.

3.1 Ensaio em corpo de prova por tração simples

Para realização deste ensaio, utilizou-se as orientações do anexo A da NBR 13755 [12], a qual estebelece o procediemnto de determinação da resistência à aderência em revestimentos cerâmicos. O ensaio tem por objetivo atestar a resistência da argamassa utilizada no reboco bem como a aderência entre a pastilha e o substrato.

Utilizou-se um aparelho aderímetro mecânico com leitura digital da força, o qual permitiu a aplicação lenta e progressiva da carga de ruptura. Além disso, utilizou-se pastilhas metálicas com dimensões de 100x100 mm e espessura

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

de 8 mm coladas no revestimento cerâmico com resina á base de epóxi, sendo que seu centro foi acoplado o aderímetro. A figura 2 apresenta a placa metálica colada ao revestimento e a execução do ensaio de tração simples.



Figura 2 - Placa metálica e aparelho para ensaio de resistência de aderência

Para efeitos de cálculo da resistência à aderência deve-se considerar a relação entre a carga de ruptura medida e a área da pastilha metálica. O resultado deve atingir o mínimo de 0,30 MPa.

O corpo de prova pode apresentar diversas formas de ruptura, sendo que a ruptura pode ocorrer aleatoriamente entre quaisquer interfaces, ou no interior, de uma das camadas que constituem o revestimento.

Foram realizados 19 ensaios de resistência a tração simples nas sacadas onde haviam maior incidência de patologia e em locais que, aparentemente, não apresentavam tal manifestação, computando uma área de 100 m².

3.2 Determinação da absorção de água

A NBR 13818 [13], em seu anexo B, determina o ensaio de determinação da absorção de água, ao qual consiste em verificar a quantidade de água absorvida por uma pastilha cerâmica.

O ensaio consiste em secar os corpos de prova em estufa a uma temperatura constante de 110ºC até constância de massa, submergir completamente os mesmos em água fervente por um período de duas horas e registrar a massa saturada. Para efeitos de cálculo, deve-se considerar a equação 1 a seguir:

$$Abs = \frac{m2 - m1}{m1} x100 \qquad \text{(equação 1)}$$

Onde:
Abs = absorção de água, em porcentagem
m2 = massa saturada, em gramas;
m1 = massa seca, em gramas.

3.3 Determinação da expansão por umidade

O método descrito pela NBR 13818 [13] em seu anexo J tende a verificar a expansão que ocorre nos revestimentos cerâmicos devido à variação da umidade.

O ensaio consiste em preparar 5 corpos de prova através de secagem em estufa com temperatura de 110ºC por 24 horas até constância de massa e inserir os mesmos numa mufla aplicando-se uma temperatura de 150ºC/h até atingir 550ºC e mantendo esta última por duas horas. Após o resfriamento realizar a verificação da contração das peças através da medição inicial do comprimento (l_0), que consiste em medir, com resolução de 0,01 mm, o lado 1 e o lado 2 das peças, obtendo-se a média das medições. Por conseguinte, submergir os corpos de prova em água fervente durante 24 horas e, após resfriados, realizar a medição para obtenção do comprimento l_1.

A expansão por umidade (EU) é determinada a partir da equação 2:

$$EU = \frac{l1 - l0}{l0} x1000 \qquad \text{(equação 2)}$$

Onde:
EU = Expansão por umidade, em milímetros por metro;
l_1 = é a medida da dimensão após o ensaio, em milímetros;
l_0 = é a medida da dimensão inicial, antes do ensaio, em milímetros.

3.4 Determinação da dureza segundo a escala Mohs

Segundo a NBR 13818 [13] ao riscarmos um revestimento cerâmico com material similar ao de sua fabricação podemos especificar o grau de dureza conforme Tabela 3.

Tabela 3: Tabela de dureza de Mohs, NBR 13818 [13]

Minerais	Dureza Mohs
Talco	1
Gesso	2
Calcita	3
Fluorita	4
Apatita	5
Feldspato	6
Quartzo	7
Topazio	8
Corindo	9
Diamante	10

O ensaio consiste em selecionar aleatoriamente 5 corpos de prova e riscá-los com um canto vivo utilizando-se os minerais da tabela anterior. Anotar o mineral de mais alta dureza de Mohs que proporcionar pelo menos quatro riscos na superfície do revestimento cerâmico.

3.5 Verificação de percussão de som cavo

Verificou-se cada face das sacadas, através de percussão, a identificação de áreas com som cavo, ao qual indica o descolamento ou da pastilha cerâmica ou do reboco junto a alvenaria.

Segundo a NBR 13755 [12] é recomendável que este trabalho de percussão seja realizado no momento do rejuntamento para que se exista alguma placa com som cavo, a mesma deve ser imediatamente removida.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir são apresentados os resultados e as discussões dos ensaios realizados nas fachadas do edifício em questão.

4.1 Ensaio de tração simples

Na tabela 4 são apresentados os resultados dos ensaios de resistência à aderência do revestimento cerâmico.

Tabela 4: Resultados dos ensaios de resistência à aderência por tração simples

Local do Ensaio	Amostra	Resistência à aderência (MPa)	Tipo de rompimento
Área distinta - pastilha de cor azul mediterrâneo - sem intervenção - fachada norte e leste	1	0,089	Interior da argamassa do substrato
	2	0,047	
Área distinta - pastilha de cor vermelha - sem intervenção	**3**	**0,491**	Interior da argamassa do substrato
	4	0,22	
	5	0,189	Interface placa cerâmica/argamassa colante
Sacadas da fachada Leste - 5º Andar - com intervensão prévia	**6**	**0,316**	Interior da argamassa do substrato
Sacadas da fachada Leste - 4º Andar - sem intervenção	7	0,013	
Sacadas da fachada Leste - 3º Andar - com intervensão prévia	**8**	**0,439**	
Sacadas da fachada Leste - 2º Andar - com intervensão prévia	**9**	**0,45**	
Sacadas da fachada Leste - 2º Andar - sem intervenção	10	0,14	
Sacadas da fachada Leste - 1º Andar - sem intervenção	11	0,038	
Sacadas da fachada Leste - 1º Andar - sem intervenção	12	0,126	
Sacadas da fachada Norte - 7º Andar - sem intervenção	13	0,087	Interior da argamassa do substrato
Sacadas da fachada Norte - 7º Andar - sem intervenção	14	0,082	
Sacadas da fachada Norte - 5º Andar - sem intervenção	15	0,252	
Sacadas da fachada Norte - 3º Andar - com intervensão prévia	**16**	**0,342**	
Sacadas da fachada Norte - 3º Andar - sem intervenção	17	0,045	Interface substrato/base
Sacadas da fachada Norte - 2º Andar - sem intervenção	18	0,171	Interior da argamassa do substrato
Sacadas da fachada Norte - 1º Andar - sem intervenção	19	0,043	

É possivel notar que aqueles ensaios realizados nos locais onde já havia ocorrido uma reconstituição do revestimento, tanto substrato como o cerâmico, apresentaram valores de resistência aceitáveis de acordo com a NBR 13755 [12} o qual deve ser maior que 0,30 MPa.

A referida reconstituição foi realizada através da remoção completa do reboco das sacadas e execução de um novo revestimento com argamassa industrializada. Este fato pode ser visualizado na figura 3 a seguir, onde ocorreu o rompimento no interior da argamassa de substrato.



Figura 3: Rompimento no interior da argamassa de substrato (argamassa industrializada)

Por outro lado as amostras em que não haviam sido realizado intervensão, apresentaram valores de resistência à aderência muito abaixo do que a norma recomentada e tendo em sua grande maioria rompimentos no interior da argamassa de substrato. Através de uma análise visual, como realizado no caso anterior, verificou-se que, pela coloração da argamassa de substrato e pelo fácil esfarelamento do mesmo, se leva a crer que o sistema de execução do revestimento em argamassa foi de modo convencional, ou seja, com dosagem em obra. Como é sabido, este sistema, se não houver controle, resulta numa argamassa com baixo desempenho quanto às suas propriedades no estado endurecido. Este fato pode ser visualizado através da figura 4.



Figura 4: Argamassa de substrato de aderência

4.2 Ensaio de absorção de água

Colheu-se 10 amostras de pastilhas cerâmicas para a determinação da absorção de água, através da NBR 13818 [13] tabela 5 apresenta os resultados, os quais indicam que sua classificação se enquadra no grupo I e no subitem *a*, sendo assim "Ia", visto que os valores ficaram abaixo de 0,5%, o que confirma a classificação do fabricante.

Tabela 5: Resultado de absorção de água para as pastilhas cerâmicas

Corpo de Prova	Abs (%)
01	0,016
02	0,015
03	0,015
04	0
05	0,031
06	0,016
07	0
08	0,016
09	0
10	0,015
MÉDIA	0,0124

4.3 Ensaio de expansão por umidade

Para a verificação quanto a expansão por umidade, foram obtidos em laboratório os valores de comprimento inicial (*lo)* (obtidos através do processo de aquecimento) e os valores de comprimento final *l1* (obtidos através de tratamento em água fervente), além dos valores da expansão por umidade (EU), os que seguem na tabela 6.

Tabela 6: Valores de medições e valores médios de expansão por umidade das pastilhas cerâmicas

Corpo de Prova	l_0 (mm)	l_1 (mm)	EU (mm)
01	-0,254	-0,2541	0,393
02	-0,283	-0,2831	0,353
03	+0,325	+0,3251	0,307
04	+0,664	+0,6643	0,451
05	+0,357	+0,3572	0,560

Os valores negativos para comprimento inicial, tem essa indicação pois reduziram de tamanho em função da requeima em mulha a 550ºC quando comparados com a placa metálica utilizada como base. Por outro lado, os valores positivos, representam uma expansão da pastilha cerâmica no momento da requeima. Entretanto isso não significa que durante o processo de requeima, houve um aumento de seção propriamente dito, as placas utilizadas no ensaio têm muitas variações entre si, devido fator fabricação.

Conforme expansão máxima permitida pela NBR 13818 [13] em 0,6 mm/m, é constatado que não existem problemas diretamente ligados com a expansão por umidade, sendo que as pastilhas atendem ao parâmetro acima citado.

4.4 Ensaio da dureza de Mohs

Quanto à verificação da dureza segundo a escala Mohs, a tabela 7 descreve que somente foi possível obter riscos com o item fluorita, podendo também ser observado na figura 5. Sendo assim, as pastilhas cerâmicas ensaiadas podem ser classificadas com dureza de Mohs 4.

Tabela 7 - Verificação quanto ao surgimento de riscos

Corpo de prova	Material	Resultado
01	Talco	Sem Riscos
02	Gesso	Sem Riscos
03	Calcita	Sem Riscos
04	Fluorita	Aparecimento de riscos profundos



Figura 7: Ricamento por fluorita

4.5 Ensaio de verificação de som cavo

A verificação do som cavo nas sacadas tanto do lado norte quanto do lado leste resultaram em uma situação preocupante, como pode ser observado no gráfico da figura 8, onde 72,3% (a) (218,64 m²) de um total de 302,4 m² das áreas das sacadas estavam comprometidas. Do total de 218,64 m², o valor de 58,23% (b) é referente a face norte e os outros 41,77% é referente as áreas das sacadas na região leste.

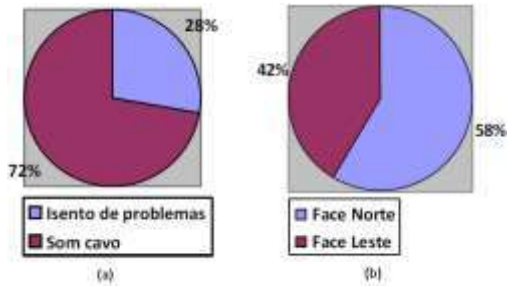


Figura 8: Verificação quanto ao som cavo (a) e proporção de som cavo por face (b)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos ensaios realizados foi possível comprovar que as pastilhas cerâmicas, de cor azul mediterrâneo seguiram o que as normas preconizam. Entretanto todas as patologias nas sacadas do edifício estão ligadas diretamente com o substrato ao qual a mesma esta colada.

Os resultados obtidos após os ensaios de resistência de aderência mostraram-se muito abaixo dos permitidos pela norma vigente. As baixas resistências em algumas amostras devem-se, supostamente, ao fato da existência de elevado teor de areia em relação ao consumo de cimento.

Foi possível observar que os revestimentos que tendem a ficar exposto por mais tempo aos raios solares (face norte) tiveram maiores problemas com descolamento de placas. Além disso, o tom escuro escolhido para compor o revestimento das sacadas possivelmente contribui para o descolamento, visto que as pastilhas destes tons tendem a absorver maior caloria, as quais tendem a expandir/retrair mais, repassando assim tais esforços às demais camadas [3].

A cidade de Foz do Iguaçu atinge altas temperaturas no verão e temperaturas relativamente baixas no inverno, apresentando um gradiente desfavorável para os materiais aplicados em fachadas. A falta de juntas de movimentação agregada ao fator clima são os grandes responsáveis pelos descolamentos de placas cerâmicas.

A variação de temperatura faz com que a placa cerâmica aumente e diminua de tamanho inúmeras vezes durante o ano. Como não é somente a placa cerâmica que se contrai e expande, os demais materiais que compõe o revestimento acabam sendo afetados (argamassa colante e substrato). Em sacadas onde não se tem juntas de dilatação ou de dessolidarização, essa expansão/retração tende a formar manifestações patológicas nas mudanças de direção (quinas das sacadas). Em panos demasiadamente grandes, com ausência de juntas de dilatação tende-se a ter um número maior de patologia.

Devido à elevada temperatura da região com picos de até 45° C, para a execução da colagem do revestimento cerâmico junto ao substrato é importante a escolha de uma argamassa com maior tempo em aberto, o que permite um tempo maior para aplicação e finalização do serviço de colagem.

Pode-se concluir que existiu uma falta de controle tecnológico quanto à dosagem e mistura da argamassa para reboco. Em alguns pontos, é possível observar resultados melhores, mesmo este sendo abaixo da norma, ou seja, existe uma disparidade na qualidade da argamassa usada nas várias faces do edifício.

Por fim, para a recomposição dos revestimentos das fachadas do edifício pode-se propor a remoção e reconstituição do substrato, através de um estudo de dosagem de argamassa que atenda, inicialmente as exigências normativas e aquelas que referem-se às características peculiares da região que o empreendimento está inserido. Além disso, a execução de juntas de movimentação e dissolidarização faz-se necessário, principalmente, nos panos de fachadas com maior exposição aos raios solares (fachada norte), permitindo assim a minimização dos efeitos gerados pela contração/expansão do sistema de revestimento.

6. REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13816 - **Placas cerâmicas para revestimento – Terminologia.** Rio de Janeiro: Associação de Norma Técnicas, 1999.

[2] CAMPANTE, Edimilson Freitas. **Projeto e execução de revestimento cerâmico.** O nome da Rosa, 2003.

[3] SARAIVA, A. G. **Analise das tensões entre argamassa colante e placas cerâmicas submetidas a esforços de natura térmica.** Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado da Bahia: Salvador, 2001.

[4] ESQUIVEL, J. F. T. **Avaliação do uso de revestimento cerâmico de fachadas em edifícios residenciais multifamiliares em São Paulo.** Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo: São Paulo, 2001.

[5] **ASSOCIAÇÂO BRASILEIRA DE CERAMICA**. Disponível em: <http://www.abceram.org.br/site/>. Acesso em : 15/dez/2015.

[6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13817 – **Placas cerâmicas para revestimento:Classificação**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997.

[7] FRANCO, A. L. C. **Revestimentos cerâmicos de fachada: composição, patologias e técnicas de aplicação.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte, 2009.

[8] HELENE, P.. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 2003.

[9] BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de construção volume 2**. Livros técnicos e científicos, 1999.

[10] THOMAZ, Ercio. **Trincas em Edifício: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini 1989.

[11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7200. E**xecução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento**. Rio de Janeiro: Associação de Norma Técnicas, 1999.

[12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13755 – **Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento.** Rio de Janeiro: Associação de Norma Técnicas, 1996.

[13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13818 – **Placas cerâmicas para revestimento - Especificação e métodos de ensaios.** Rio de Janeiro: Associação de Norma Técnicas, 1997.