



Curso de Engenharia Civil, Campus Descalvado SP

EDINIR DONIZETTI VALENTIM

RENATO MARONE DOS SANTOS

INFILTRAÇÃO POR UMIDADE ASCENDENTE DO SOLO – UM
ESTUDO EXPERIMENTAL

INFILTRATION BY RISING SOIL HUMIDITY – AN EXPERIMENTAL STUDY

Descalvado SP

2017

EDINIR DONIZETTI VALENTIM
RENATO MARONE DOS SANTOS

INFILTRAÇÃO POR UMIDADE ASCENDENTE DO SOLO – UM ESTUDO
EXPERIMENTAL

ORIENTADORA: Prof^a. Dra. VALÉRIA PERUCA DE MELO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Brasil, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Descalvado SP

2017

V251i Valentim, Edinir Donizetti
Infiltração por umidade ascendente do solo – um estudo experimental / Edinir Donizetti Valentim, Renato Marone dos Santos. – Descalvado: [s.n.], 2017.
xv, 64f. : il. ; 29,5cm.

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Brasil, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a Dra. Valéria Peruca de Melo

1. Patologias. 2. Eflorescência. 3. Impermeabilizantes. 4.Tratamento. 5.Experimento. I.Santos, Renato Marone dos II. Título.

CDD 624.18341

Autorizo, exclusivamente, para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial deste TCC, por processos xerográficos ou eletrônicos.

Assinatura dos alunos:

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized initial 'A' followed by several cursive letters, all contained within a horizontal oval shape.

Data: 01 de Novembro de 2017

EDINIR DONIZETTI VALENTIM
RENATO MARONE DOS SANTOS

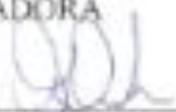
INFILTRAÇÃO POR UMIDADE ASCENDENTE DO SOLO:
UM ESTUDO EXPERIMENTAL

Trabalho de Conclusão apresentado como exigência para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, à Universidade Brasil, desenvolvido sob a orientação da Prof.^a Dra Valéria Peruca de Melo.

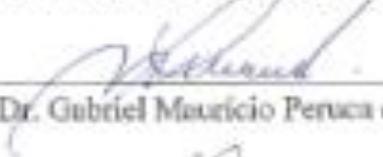
Aprovado em 01 de novembro de 2017.

Com Nota 9,8

BANCA EXAMINADORA



Prof.ª Dra Valéria Peruca de Melo



Prof. Dr. Gabriel Maurício Peruca de Melo



Prof. Me. Sérgio Augusto de França Cordovil

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em nossa vida, e também a nossa família pelo apoio nos momentos mais difíceis sempre estando ao nosso lado nos incentivando e nos motivando.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus por ter nos dado saúde e força para superarmos as dificuldades.

A esta Universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbramos um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

À nossa orientadora Prof^a Dra. Valéria Peruca de Melo, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

À coordenadora do curso Prof^a. Dra. Gisele Cristina Antunes Martins, pela sabedoria e dedicação e competência demonstrados nesses anos frente ao cargo.

À nossa família pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte de nossa formação, o nosso muito obrigado.

RESUMO

A umidade que atinge os elementos de uma construção, constituem um grave problema a ser enfrentado num canteiro de obras, ou em edifícios mais antigos, visto que este tipo de anomalia provoca efeitos de ordem financeira, estética e até estrutural, podendo comprometer estruturas de concreto e a corrosão das armaduras. Várias são as causas que originam essas patologias e um diagnóstico feito por um profissional capacitado para verificá-las, é imprescindível para uma boa resolução do problema, sendo a umidade ascensional, aquela proveniente do solo onde a água por capilaridade sobe até as alvenarias provocando o surgimento de anomalias de difícil e custosa eliminação, a que mais tem chamado a atenção dos pesquisadores e profissionais que trabalham com projetos de impermeabilização. Desde os tempos remotos, em que o homem começou a habitar moradias fixas, que se tem relatos da preocupação com a eliminação da umidade dentro das edificações. Desde então, vários métodos foram introduzidos, porém o que se conseguiu foi minimizar um pouco o problema, que sempre aparecia novamente, com outras características. Hoje em dia, existem produtos químicos, hidrofugantes e argamassas poliméricas que se bem aplicadas durante a execução da obra, vão conferir uma vida útil muito maior para as novas construções. Um estudo experimental foi realizado, tendo por finalidade observar a eficácia dos produtos impermeabilizantes mais populares do mercado utilizados na prevenção da umidade ascensional, concluindo-se que, se aplicado de acordo com as especificações dos fabricantes, obtém-se bons resultados e que sua utilização não necessita de grandes investimentos.

Palavras-chave: Patologias, Eflorescência, Impermeabilizantes, Tratamento, Experimento.

ABSTRACT

The humidity that reaches the elements of a construction is a serious problem to be faced in a construction site, or in older buildings, just as this kind of irregularity causes financial, aesthetic and even structural effects, which may put in danger concrete structures and the corrosion of the armors. Several are the causes that make these pathologies happen, and a diagnosis made by a trained professional in order to check them is essential for a good resolution of the problem, once the humidity is rising, the one coming from the soil where the water for capillarity goes up to the brickwork causing the appearance of anomalies that are difficult and expensive to be eliminated, and it's also the one that has called the attention of researchers and professionals who work with waterproofing projects. Since ancient times, when the man started living in fixed homes, there are reports of his worries with the elimination of humidity inside the buildings, and the disorders that it may cause if not avoided. Since then, several methods were introduced however, what was achieved was a minimization of the problem that used to appear again, with other characteristics. Today, there are chemical products, water repellents and polymer mortar that if well applied during the execution of the work, they will offer a much better lifespan for new constructions. An experimental study was carried out in order to observe the effectiveness of the most popular waterproofing products used in the prevention of ascending humidity. It was concluded that, if applied according to the manufacturer's specifications, good results were obtained and that their use does not require large investments.

Key words: Pathology, Efflorescence, Waterproofing, Treatment, Experiment.

LISTA DE FIGURAS

Figura1 – Mancha de umidade de infiltração em uma parede.....	8
Figura 2 – Mancha de Umidade por Condensação Superficial.....	9
Figura 3: Umidade a degradar tijolos.....	10
Figura 4 – Aparecimento de sais na alvenaria de um edifício.....	12
Figura 5 – Mecanismo de formação de eflorescências e Criptoflorescências.....	13
Figura 6 - Eflorescência em encontro de vigas em pavimento de garagem.....	14
Figura 7 - Criptoflorescência em parede.....	15
Figura 8 - Manifestação de Umidade Ascendente do Terreno numa parede.....	15
Figura 9 - Várias camadas do solo.....	16
Figura 10 – Parede situada abaixo do nível do lençol freático.....	17
Figura 11– Parede situada acima do nível do lençol freático.....	18
Figura 12 – Paredes com pendentes viradas para ela	18
Figura 13 - Porosidade fechada.....	19
Figura 14 – Porosidade aberta.....	20
Figura 15 – Tubos capilares.....	21
Figura 16 – Altura atingida pela água nas paredes em função das condições de evaporação.....	22
Figura 17 – Direção da água pelas juntas.....	23
Figura 18 – Diferença de tonalidade na parede identificando área com umidade e área seca.....	23
Figura 19 – Variação das alturas atingidas pela umidade do terreno em paredes interiores e exteriores, em função do tipo de alimentação.....	24
Figura 20 – Erosão de uma parede na zona de alternância umidecimento-secagem.....	25
Figura 21 – Aplicação de Argamassa Polimérica em baldrame.....	27
Figura 22 – Baldrame que recebeu aplicação de emulsão asfáltica.....	27

Figura 23 – Aplicação em baldrame de Argamassa com aditivo hidrofugante.....	28
Figura 24 – Exemplo do processo de substituição de elementos de alvenaria.....	30
Figura 25 – Introdução de uma barreira estanque através do corte mecânico.....	31
Figura 26 – Execução de um corte por carotagens sucessivas.....	32
Figura 27 – Exemplo de introdução forçada de materiais metálicos.....	32
Figura 28 – Esquema de Furação.....	33
Figura 29 – Sequência da aplicação em obra do método de injeção por gravidade/difusão.....	34
Figura 30 – Introdução de produtos por injeção.....	34
Figura 31 – Redução da seção absorvente.....	35
Figura 32 – Tubos de arejamento ou de “Knappen”.....	36
Figura 33 - Esquema geral do funcionamento do processo eletro-osmótico.....	37
Figura 34 - Ocultação das anomalias com execução de nova parede pelo interior.....	38
Figura 35 – Revestimento com porosidade e porometria controlada.....	39
Figura 36 – Princípio do funcionamento de um sistema de ventilação na base das paredes.....	39
Figura 37 – Parede reparada recentemente	40
Figura 38 – Execução dos baldrames e broca	41
Figura 39 – Baldrames com 2 barras de ferro de ¼ de polegada (630 mm).....	42
Figura 40 – Vigas que receberam aplicação de Vedacit e Vedatop.....	43
Figura 41 – Baldrames sem impermeabilização ao lado dos impermeabilizados que apresentam coloração diferente, mais escura.....	43
Figura 42 – Viga que recebeu aplicação de tinta asfáltica Neutrol	44
Figura 43 – Cinco vigas baldrames prontas que servirão de base para o experimento.....	45
Figura 44 – Tijolo cerâmico de 9 furos	45
Figura 45 – Tijolo de barro maciço	46

Figura 46 – Assentamento dos tijolos	46
Figura 47 – Coluna confeccionada no centro da parede.....	47
Figura 48 – Paredes e tipos de tijolos utilizados no ensaio.....	48
Figura 49 – Protótipos de parede finalizados desenvolvidos para a condução do experimento.....	49
Figura 50 - Água sendo adicionada no solo próximo aos protótipos.....	49
Figura 51 - Abrigo coberto para proteção dos protótipos.....	50
Figura 52 – Linha de ascensão da umidade no protótipo 1.....	51
Figura 53 – Linha de ascensão da umidade no protótipo 2.....	51
Figura 54 – Base do protótipo 3	52
Figura 55 – Base do protótipo 4	52
Figura 56 – Base do protótipo 5	53
Figura 57 – Base do protótipo 1 após 12 semanas.....	54
Figura 58 – Base do protótipo 2 após 12 semanas	54
Figura 59 – Base dos protótipos 3 e 4 após 12 semanas.....	55
Figura 60 – Base do protótipo 5 após 12 semanas.....	55
Figura 61 – Solo completamente seco em volta dos protótipos.....	56
Figura 62 – Eflorescência formada na base do protótipo 2.....	57
Figura 63 – Demonstração dos sais formados.....	57
Figura 64 – Protótipo 1 na verificação final.....	58
Figura 65 – Protótipo 2 na verificação final.....	59
Figura 66 – Protótipos 3 e 4 na verificação final.....	59
Figura 67 – Protótipo 5 na verificação final.....	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo dos resultados durante o experimento.....	61
---	----

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	1
2- OBJETIVOS	3
3 – REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1- Fatos Históricos.....	4
3.2 – Patologias por umidade na construção.....	5
3.2.1 – Umidade de Infiltração.....	7
3.2.2 – Umidade por Condensação	8
3.2.3 – Umidade de Obra.....	10
3.2.4 – Umidade Acidental.....	11
3.2.5 – Umidade Devido a Higroscopicidade.....	11
3.2.5.1 – Eflorescência e Criptoflorescência.....	13
3.2.6 – Umidade Ascensional.....	15
3.3 – Prevenção e Tratamento da Umidade Ascensional.....	25
3.3.1 – Tratamento Preventivo da Umidade Ascensional.....	26
3.3.2 – Técnicas de Correção da Umidade Ascensional.....	29
3.3.2.1 a) - Execução Corte Hídrico – Barreira Física.....	29
3.3.2.1.1 – Substituição parcial de alvenaria.....	29
3.3.2.1.2 – Corte com serra manual ou mecânica.....	30
3.3.2.1.3 – Corte por carotagens sucessivas.....	31
3.3.2.1.4 – Introdução forçada de materiais metálicos.....	32
3.3.2.1 b) – Execução de Corte Hídrico – Barreira Química.....	33
3.3.2.2 – Redução da Seção Absorvente.....	35
3.3.2.3 – Introdução de Tubos de Arejamento.....	36
3.3.2.4 – Eletro-Osmose.....	36
3.3.2.5 – Ocultação da Anomalia.....	38
3.3.2.6 – Ventilação na base das paredes.....	39

4 – ESTUDO EXPERIMENTAL	40
4.1 – Planejamento.....	40
4.2 – Execução.....	41
4.2.1 – Baldrame.....	41
4.2.2 – Produtos Utilizados e Execução da Impermeabilização.....	42
4.2.3 – Execução das Paredes.....	45
4.3 – Verificações Preliminares.....	50
4.3.1 – Verificação após 4 semanas.....	50
4.3.2 – Verificação após 12 semanas.....	53
4.3.3 – Verificações Adicionais.....	56
4.3.4 – Verificações Finais.....	58
5 – CONCLUSÃO	62
6 – BIBLIOGRAFIA	63

1 - INTRODUÇÃO

A preocupação com os problemas causados pela umidade não é recente. Vitruvius (sec. I a.C.)¹ já recomendava a utilização de paredes duplas de modo a minimizar a penetração das chuvas nas mesmas, e reboco hidráulico para a redução da ascensão capilar na base dos paramentos. Grande parte do progresso atingido no séc. XIX deve-se à implementação do sistema de drenagem de águas pluviais na rede pública, nomeadamente em grandes cidades como Nova Iorque, Paris ou Londres.

Nas primeiras décadas do século XX, a indústria da construção desenvolveu algumas soluções. Os drenos Knapen foram inventados em 1911. Inseridos horizontalmente na base da parede, tinham a função de evaporar a água nela depositada através da introdução de ar seco proveniente da atmosfera. Ao mesmo tempo, vários produtos e aditivos para alvenaria foram patenteados nos Estados Unidos (CABAÇA, 2002).

Entre as guerras, foram pela primeira vez executados vários estudos relativos à ascensão capilar e ao aparecimento de eflorescências, formando uma base científica para a compreensão destes fenômenos. Com o final da 2ª Grande Guerra, deu-se início a era dos materiais sintéticos e alta tecnologia na indústria da construção (CABAÇA, 2002).

O crescente aumento no número de construções, observado no último século, fez com que o setor fosse obrigado a desenvolver métodos construtivos mais populares e com o menor custo possível, ocasionando, em obras mais suscetíveis a patologias, entre elas a infiltração, quer pela falta de capacitação dos profissionais que atuam na área, falta de cuidado no processo construtivo ou produtos que não têm o desempenho esperado como o anunciado pelo fabricante (CABAÇA, 2002).

As alvenarias e revestimentos, por comporem grande área de uma residência, sofrem com uma maior probabilidade de ocorrência de manifestações patológicas. Baseado nisso, tem-se um grande número de

¹ **Vitruvius Polião**, em latim *Vitruvius Pollio*, foi um arquiteto e engenheiro romano que viveu no século I a.C. e deixou como legado a sua obra em 10 livros, aos quais deu o nome de *De Architectura* (aprox. 27 a 16 a.C.) que constitui o único tratado europeu do período greco-romano que chegou aos nossos dias e serviu de fonte de inspiração a diversos textos sobre construções, hidráulicas, hidrológicas e arquitetônicas desde a época do Renascimento.

casos de infiltrações, de diferentes origens, até mesmo em uma única residência. Cada manifestação é causada por um conjunto de fatores que, somados, culminam no aparecimento das mesmas. Assim, como cada manifestação tem sua origem baseada em falhas das etapas construtivas, com a infiltração não é diferente. A origem da umidade e a forma como ela se manifesta nas edificações permitem classificar a umidade da seguinte maneira: umidade da obra; umidade por absorção e capilaridade; umidade de infiltração originada da água de chuva; umidade por condensação e umidade accidental.

Dentre os tipos de umidade apresentados, foi abordada a umidade por absorção e capilaridade, mais conhecida por “Umidade Ascensional”. Esta é considerada a patologia mais comum e mais difícil de se tratar. Há algumas décadas, apesar de já ser sabido dos problemas causados, a impermeabilização não era tratada como uma das etapas da execução de uma obra, ficando facultativa sua execução. Por isso, a umidade ascensional é mais comum em edifícios mais antigos, sendo, nesse caso, necessário um tratamento especial para conter seu avanço, que pode levar até ao comprometimento total da segurança da edificação.

É importante que todos os profissionais envolvidos com a construção, desde um operário, um mestre de obras, um arquiteto ou um engenheiro, tenham conhecimento das patologias que podem ocorrer em uma obra, pois quando se conhecem os problemas que podem ocorrer e as suas causas, a chance de se cometer erros diminui muito.

Para tal, foram elaborados modelos de paredes novas, em que foram utilizados os produtos mais comuns na região para a impermeabilização de fundações, de forma a comprovar se, em situações adversas, ocorrerão infiltrações nesses modelos criados.

2 . OBJETIVOS

O presente trabalho tem por objetivo demonstrar através de revisão bibliográfica, os efeitos da umidade nas construções, mostrando as patologias mais comuns que a água pode causar em uma edificação que não tenha sido corretamente tratada com produtos impermeabilizantes, dando ênfase para a umidade ascensional, aquela vinda do solo, que traz muitos transtornos e prejuízos quando sua prevenção não é bem executada na fase da construção, além de métodos de tratamento para locais que já foram afetados por esse tipo de umidade. Dando destaque para o fenômeno da umidade ascensional, foi realizado um estudo experimental, sendo elaborados protótipos de parede em que foram utilizados os produtos impermeabilizantes mais comuns no mercado, afim de verificar a eficácia deles quando aplicados de acordo com instruções do fabricante, e demonstrar que na grande maioria dos casos, mesmo em situações onde esses produtos foram utilizados, os efeitos da umidade ainda assim são visíveis devido a aplicação incorreta, associada a inexperiência dos profissionais não capacitados para a execução do serviço.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Fatos Históricos

A luta contra a umidade esteve presente desde a origem das edificações humanas. O homem primitivo refugiou-se nas cavernas para fugir da chuva, da neve e do granizo, mas a umidade que penetrava pelas paredes e pelo solo expulsou-o de novo e o obrigou a construir as primeiras cabanas com as madeiras que os bosques lhe ofereciam em abundância. Foi ainda a umidade, produzindo a putrefação da madeira, que o obrigou a procurar outros materiais de construção com maior poder isolador e maior resistência à umidade (ULSAMER, 1975).

Segundo Souza (2008), por volta de 1700 a.C., o Código de Hamurabi trazia regras severas para os construtores, tais como:

- a) Caso algum construtor fizesse uma moradia para um homem e essa viesse a colapso, causando a morte do morador, o construtor deveria morrer;
- b) Caso quem viesse a falecer fosse o filho do morador, quem morria deveria ser o filho do construtor;
- c) Caso um escravo do proprietário da casa que morresse, um escravo do construtor também deveria falecer;
- d) Se a casa fosse destruída, o construtor deveria restaurar todos os danos por sua própria conta;
- e) Se uma moradia fosse construída e estivesse diferente das especificações e uma parede desmoronasse, o próprio construtor deveria reconstruir a parede com recursos próprios.

De acordo com Cabaça (2002), em Roma (séc I a.C.), o arquiteto e engenheiro Vitrúvio já recomendava que as paredes das construções fossem duplas, e a utilização de reboco hidráulico na base das paredes, para minimizar a penetração da água das chuvas e a ascensão capilar através do solo. Até o séc. XX, todas as tentativas de barrar o avanço da umidade nas construções se mostraram ineficazes, ou não tinham o resultado esperado, como os drenos Knapen, que consistiam na introdução de ar seco horizontalmente na base das paredes, com a finalidade de evaporar a água nela depositada, assim como o

tratamento eletro osmótico, que consistia em usar as propriedades elétricas da terra, criando um campo elétrico natural que, somado às forças de capilaridade, impediriam a subida da umidade no interior da construção. As barreiras de silicone também se mostraram ineficazes, sendo que em certos casos, ao invés de proteger a construção, acabaram por danificá-la. Também a injeção de produtos químicos nos terrenos adjacentes às fundações, que tinha a finalidade de barrar a subida da umidade do solo para as paredes, como muito utilizado nos Estados Unidos, não apresentou resultados satisfatórios.

Ainda segundo Cabaça (2002), até a década de 70, os métodos mais eficazes utilizados em edifícios antigos foram a introdução das “barreiras” constituídas através de folhas de polietileno ou materiais tradicionais como pedras de origem calcária e granito, e a implementação do sistema de drenagem das água pluviais nas redes públicas.

3.2. Patologias por Umidade na Construção

O termo Patologia, é derivado do grego pathos, que significa sofrimento, doença, e de logia, que é ciência, estudo. No dicionário da língua portuguesa, o termo patologia é definido como sendo a parte da medicina que estuda as doenças, suas origens, sintomas e natureza (ROCHA, 2008).

Segundo Souza (2008), a engenharia veio a utilizar o termo “patologia” para estudar, nas construções, as manifestações, as origens, os mecanismos de ocorrência das falhas e os defeitos que alteram o equilíbrio pré-existente ou idealizado. Ter um conhecimento da Patologia das Edificações é indispensável para todos que trabalham na construção, indo desde um operário até o engenheiro e o arquiteto.

De acordo com Verçosa (1991), a umidade não é apenas uma causa de patologias. Ela age também como um meio necessário para que grande parte das patologias em construções ocorra. É fator essencial para o aparecimento de eflorescências, ferrugens, mofo, bolores, perda de pinturas, de rebocos e até a causa de acidentes estruturais. Quando se conhece os problemas ou defeitos que uma construção pode vir a apresentar e suas causas, a chance de

se cometer erros reduz muito. Esse conhecimento é tão mais importante quanto maior a responsabilidade profissional na construção/obra.

Os problemas de umidade podem se manifestar em diversos elementos das edificações: paredes, pisos, fachadas, elementos de concreto armado, etc. Geralmente, eles estão relacionados a uma única causa, ou seja, à água que está de certa forma penetrando na edificação.

De acordo com Lersch (2003), as patologias consequentes da falha ou ausência da impermeabilização são resultado do excesso de umidade no edifício. Assim, o autor classifica os tipos de umidade que ocorrem em uma construção da seguinte maneira:

- Umidade de infiltração, que é a passagem de umidade da parte externa para a parte interna, através de trincas ou da própria capacidade de absorção do material;
- Umidade ascensional, que é a umidade originada do solo, e sua presença pode ser notada em paredes e solos;
- Umidade por condensação, que é consequência do encontro do ar com alta umidade e com superfícies apresentando baixas temperaturas, o que causa a precipitação da umidade;
- Umidade de obra, que é basicamente a umidade presente na execução da obra, como em argamassas e concreto;
- Umidade acidental, que é o fluido gerado por falhas nos sistemas de tubulações, e que acabam ocasionando infiltração.

Segundo Freitas et al (2008), do ponto de vista físico há outro mecanismo fundamental que permite explicar a variação do teor de umidade no interior dos materiais de construção com estrutura porosa, que é o fenômeno da higroscopicidade. Sendo considerado material higroscópico, aquele caracterizado pela capacidade de fixar moléculas de água por adsorção, que é o processo pelo qual uma substância no estado gasoso ou líquido, se liga a um sólido, e de as restituir ao ambiente em que se encontra, em função das variações de umidade relativa do mesmo, isto é, um material é considerado higroscópico quando são colocados numa ambiência em que a umidade relativa é variável, e seu teor de umidade também variar.

3.2.1 – Umidade de Infiltração

As infiltrações resultam da absorção de água por capilaridade pelas estruturas porosas ou pela percolação através de zonas fissuradas. As infiltrações estão relacionadas com as deficiências de concepção ou execução ou falta de manutenção, nomeadamente, aparecimento de fissuras, deterioração dos revestimentos, má ligação das caixilharias com a fachada, uso de materiais com coeficiente de absorção de água muito elevado, etc. A pressão do vento faz com que a trajetória da água apresente uma componente horizontal e atinja em zonas mais expostas, pressões de 2500N/m² (FREITAS et al., 2008).

De acordo com Ulsamer (1975), a umidade devida a infiltrações só aparece depois de chuvas fortes e manifesta-se mais acentuada nas partes altas da edificação, e costuma ser difícil de eliminar. Ela aumenta com as precipitações em forma de chuva, neve, granizo, onde ajudadas pelo vento, penetram profundamente nos poros dos materiais produzindo as manifestações características de umidade de infiltração.

Segundo Henriques (2007), a umidade de precipitação pode ser entendida como sendo a ação da água da chuva sobre uma parede e pode assumir diversos componentes. A energia cinética das gotas de água pode provocar a penetração direta, sempre que haja incidência dessas gotas em fissuras ou juntas mal vedadas. A ação continuada da chuva sobre a parede da origem à formação de uma cortina de água que, ao escorrer pela superfície, pode penetrar nela por gravidade, em resultado da sobreposição causada pelo vento ou por ação da capilaridade dos materiais.

Pode-se ainda entender como infiltração, a água que penetra na edificação através de falhas em alguns elementos como calhas, rufos, telhas danificadas e também a água da chuva que infiltra pelo solo, penetrando em camadas mais profundas, vindo a ascender por capilaridade fazendo com que o solo abaixo das fundações da edificação permaneça úmido.

As anomalias devida à ação da água da chuva manifestam-se através do aparecimento de manchas de umidade de dimensões variáveis nas paredes interiores (Figura 1) e exteriores, em correspondência com ocorrências de precipitação. Essas manchas tendem a desaparecer quando cessam os

períodos de chuva, não sendo visíveis quando o tempo se apresenta seco. Nas zonas que sofreram umedecimento é frequente a ocorrência de bolores, eflorescências e criptoflorescências (HENRIQUES, 2007).

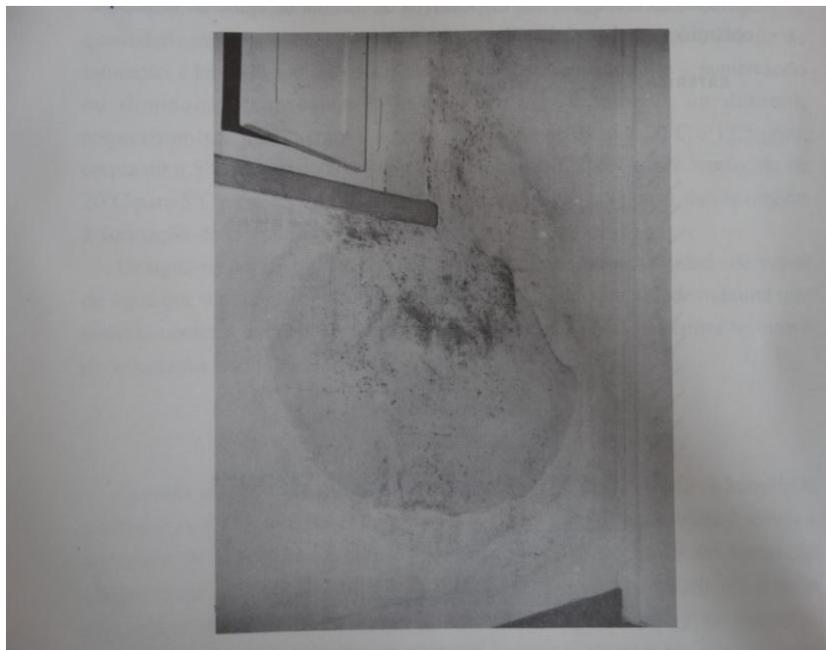


Figura 1 - Mancha de umidade de infiltração em uma parede.
Fonte: Henriques (2007).

3.2.2 – Umidade por Condensação

A temperatura interna na edificação tende a ser mais elevada que a temperatura da superfície dos revestimentos. Grandes quantidades de vapor de água gerados na cozinha, no banho e pela respiração dos usuários das edificações quando entram em contato com uma superfície mais fria ocorre o fenômeno da condensação. O grande número de pessoas que ocupam o ambiente dão grande contribuição para a condensação. Isso é mais frequente no inverno e durante a noite, quando os usuários mantêm as janelas fechadas não permitindo a circulação de ar. Quando a temperatura no interior da habitação for menor que a temperatura de saturação, haverá condensação (ALUCCI et al., 1995, apud SOUZA, 2008).

Segundo Henriques (2007), para que haja menor risco de condensações, se deve fazer um isolamento térmico nas paredes e quanto maior for esse isolamento, menor será o risco de sua ocorrência.

Para Verçosa (1991), a umidade de condensação é bem diferente das demais. Tal afirmação se deve ao fato de que a umidade depositada nas superfícies do ambiente não é proveniente de água infiltrada. Entre os locais que é encontrada estão as paredes e os pisos. Somente aumentando a ventilação no ambiente, a área das janelas ou a utilização de exaustores pode-se solucionar esse problema.

Segundo Freitas et al. (2008), as umidades por condensação podem ser internas e superficiais. As superficiais, são aquelas que podem ser detectadas pela observação direta, isto é, que ocorrem na superfície dos elementos construtivos (Figura 2), e as internas, acontece quando num dado ponto de um elemento de construção, sempre que a pressão parcial do vapor de água iguala a pressão de saturação, correspondente à temperatura nesse ponto, ocorrem condensações no interior do elemento. Assim, o transporte que se fazia em fase de vapor gera o aparecimento de água líquida. As condensações internas podem condicionar a durabilidade dos elementos de construção, contribuir para o agravamento das condensações superficiais e serem a causa de patologias.



Figura 2 – Mancha de Umidade por Condensação Superficial
Fonte: Santos et al. (2013).

3.2.3 – Umidade de Obra

Segundo Verçosa (1991), a umidade oriunda pela execução da construção é aquela necessária para a obra, mas que desaparece com o tempo (cerca de seis meses). Elas se encontram dentro dos poros dos materiais, como as águas utilizadas para concretos e argamassas, pinturas, etc.

Para Freitas et al (2008), numa primeira fase ocorrerá a evaporação rápida da água superficial, numa segunda fase, mais lenta, ocorrerá a evaporação da água contida nos poros de maiores dimensões e finalmente numa terceira fase, muito lenta, que poderá durar vários anos, ocorrerá a evaporação da água contida nos poros de menores dimensões.

A evaporação da água no interior dos materiais, poderá acarretar a deterioração destes, caso não consiga secar naturalmente por alguma barreira executada antes da sua completa evaporação (Figura 3).

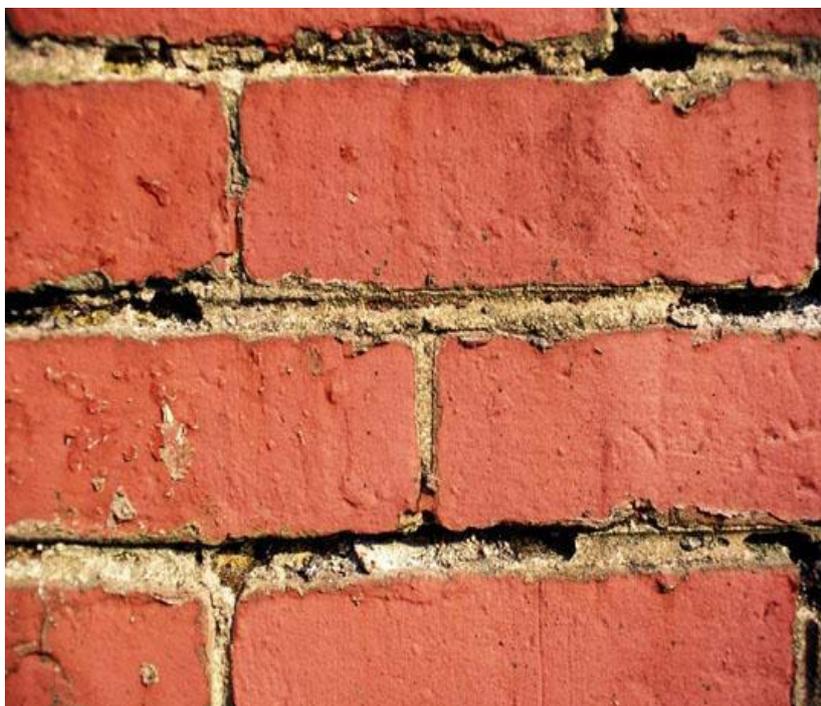


Figura 3: Umidade a degradar tijolos.
Fonte: Santos et al. (2013)

3.2.4 – Umidade Acidental

Para Freitas et al. (2008), esta manifestação está associada a fugas de água provocadas por defeitos de construção ou de funcionamento de determinados equipamentos e/ou instalações.

A detecção deste tipo de anomalia torna-se relativamente complexa uma vez que, muitas vezes, ocorrem manifestações em locais distintos da sua origem, atendendo ao fato de haver migrações de água no interior dos diversos elementos de construção.

Sobre a origem devido aos vazamentos de redes de água e esgoto, Verçosa (1991) comenta que é de difícil identificação do local e de sua correção. Isso se deve ao fato destes vazamentos estarem na maioria das vezes encobertos pela construção, sendo bastante danosos para o bom desempenho esperado da edificação.

3.2.5 – Umidade Devido a Higroscopicidade

Um grande número de materiais de construção e nos solos, apresentam na sua constituição sais solúveis. A existência destes sais no interior das paredes não é, em circunstâncias normais, particularmente gravosa. Porém, se as paredes forem umedecidas os sais dissolvidos acompanharão as migrações da água até a superfície onde cristalizarão (Figura 4) designadamente sob a forma de eflorescências e criptoflorescências (HENRIQUES, 2007).

Segundo Henriques (2007), alguns desses sais são higroscópicos, isto é, têm a propriedade de absorverem umidade do ar dissolvendo-se, quando a umidade relativa do ar estiver entre 65-75%, voltando a cristalizar com um considerável aumento do volume quando a umidade relativa baixa daqueles valores, gerando uma sequência de ciclos dissolução-cristalização, dando origem a fenômenos de degradação. As condições ambientes de um

determinado espaço podem variar bastante e várias vezes durante um único dia, gerando vários ciclos de dissolução-cristalização dos sais, podendo gerar anomalias de grande significado. As anomalias devidas ao fenômeno da higroscopicidade são caracterizadas pelo aparecimento de manchas de umidade em locais com forte concentração de sais, e podem ocorrer durante todo o ano, mesmo em períodos de elevada umidade relativa do ar como no verão. Os sais solúveis que se encontram associados mais frequentemente à ocorrência de manifestações patológicas são os sulfatos, os carbonatos, os cloretos, os nitritos e os nitratos, sendo que os dois primeiros não são higroscópicos.



Figura 4 – Aparecimento de sais na alvenaria de um edifício.
Fonte: Santos et al. (2013).

Ainda de acordo com Henriques (2007), há uma semelhança, a nível de observação visual, entre este tipo de anomalia e a resultante do fenômeno de condensação superficial, que pode criar alguma dificuldade no processo de diagnóstico. Uma das maneiras de se evitar esse tipo de patologia, seria controlar o nível de umidade relativa do ar dentro do ambiente sujeito a ela, evitando-se grandes variações, sendo em casos extremos necessário a substituição do material por outro com a presença de menos sais em sua composição. Há situações, em que é necessário manter a umidade relativa do ar na ordem dos 90-95%, como no caso de descobertas arqueológicas que

permaneceram durante centenas de anos em locais úmidos, e quando expostas a variações de umidade podem se deteriorar.

3.2.5.1 – Eflorescência e Criptoflorescência

Como já visto anteriormente, os sais existentes no terreno e nos próprios materiais de construção após terem sido dissolvidos pela água são transportados da parede até níveis superiores, e quando a água atinge a superfície das paredes e se evapora, os sais cristalizam e ficam aí depositados. Este fenômeno provoca um progressivo preenchimento dos vazios dos poros e uma redução da permeabilidade do vapor de água dos materiais, dando origem a um aumento do nível atingido pela ascensão capilar. Esses sais depositados na superfície, propiciam a ocorrência da higroscopicidade, que perduram mesmo após terem sido resolvidos os problemas devido à ascensão de água nas paredes. Em certas circunstâncias, a deposição dos sais à superfície pode dar origem à formação de eflorescências ou, quando a cristalização ocorra sob os revestimentos de parede, as criptoflorescências (Figura 5) (HENRIQUES, 2007).

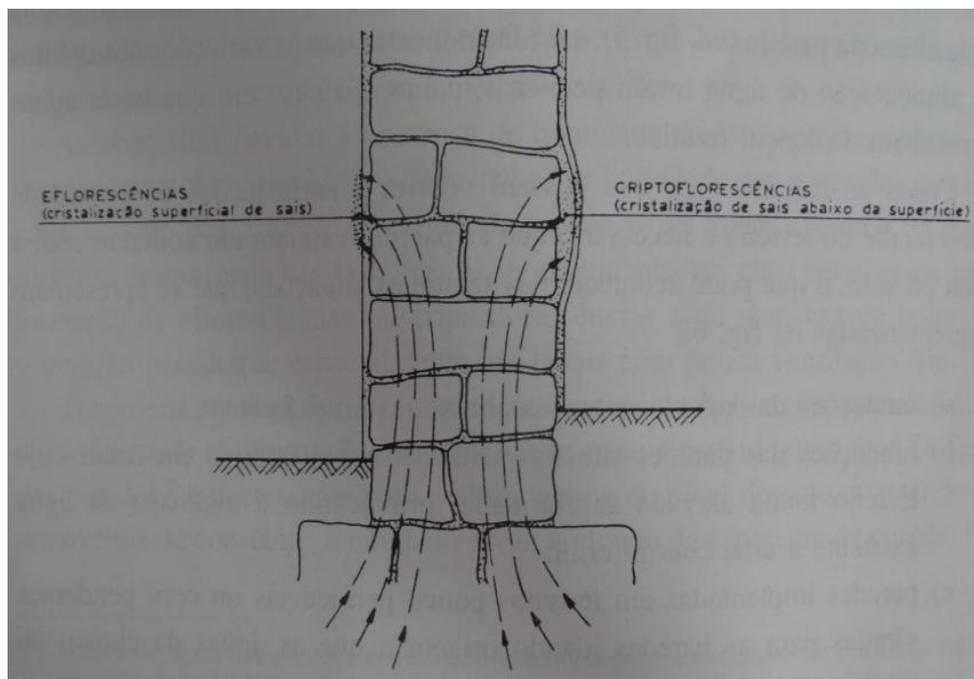


Figura 5 – Mecanismo de formação de eflorescências e criptoflorescências.
Fonte: Henriques (2007)

Ulsamer (1975) descreve eflorescência como sendo manchas, geralmente brancas, que aparecem frequentemente nas superfícies das paredes, tanto nas de pedra como nas de tijolo e nos rebocos e estuques (Figura 6), e as criptoflorescências se diferencia quando a recristalização dos sais dissolvidos se verifica no interior da obra afetada e não à superfície, na qual nada se nota até se produzir a sua destruição (Figura 7).

Segundo Magalhães (2008), as eflorescências e criptoflorescências são muito comuns quando se trata de umidade ascendente do solo que contém sais em solução e que, devido à evaporação à superfície, cristalizam. Este mecanismo traduz-se num transporte contínuo de sais que vão acumulando à superfície gerando o fenômeno.



Figura 6 - Eflorescência em encontro de vigas em pavimento de garagem.
Fonte: Souza (2008)



Figura 7 - Criptoflorescência em parede.
Fonte: www.engenhariacivil.com

3.2.6 – Umidade Ascensional

A umidade ascendente é proveniente do solo, que na maior parte dos casos não se pode evitar que seja úmido. Henriques (2007) descreve que as anomalias devidas à presença de umidade do terreno caracterizam-se visualmente pelo aparecimento de manchas de umidade nas zonas das paredes junto ao solo (Figura 8).

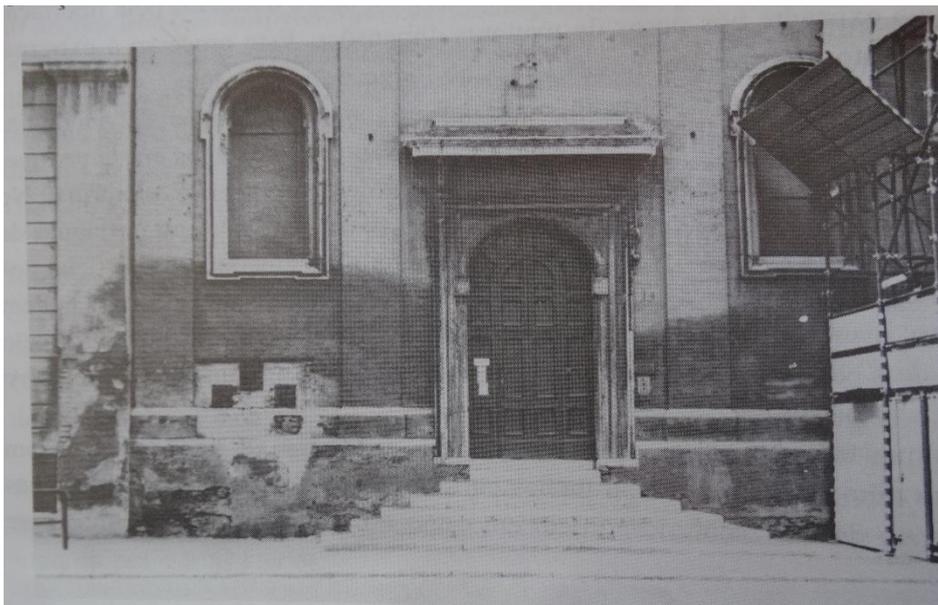


Figura 8 - Manifestação de Umidade Ascendente do Terreno numa Parede.
Fonte: Henriques (2007)

Grande parte do solo encontra-se sempre saturado de água, formando a camada de água subterrânea ou freática cujo nível superior corresponde ao nível de água dos poços. O solo encontra-se saturado até acima desse nível devido ao fenômeno da capilaridade, subindo a água tanto mais, quanto mais finos forem os seus poros, geralmente entre 20 a 30 cm acima do nível freático. Num nível superior, os poros apesar de não estarem saturados absorvem quantidades de água mais ou menos importantes. Finalmente num nível superior a este a quantidade de água existente no solo é bastante baixa devido à absorção das raízes das plantas e também devido ao contato com a atmosfera visto ser a camada mais à superfície do terreno (Figura 9) (MAGALÃES, 2008).

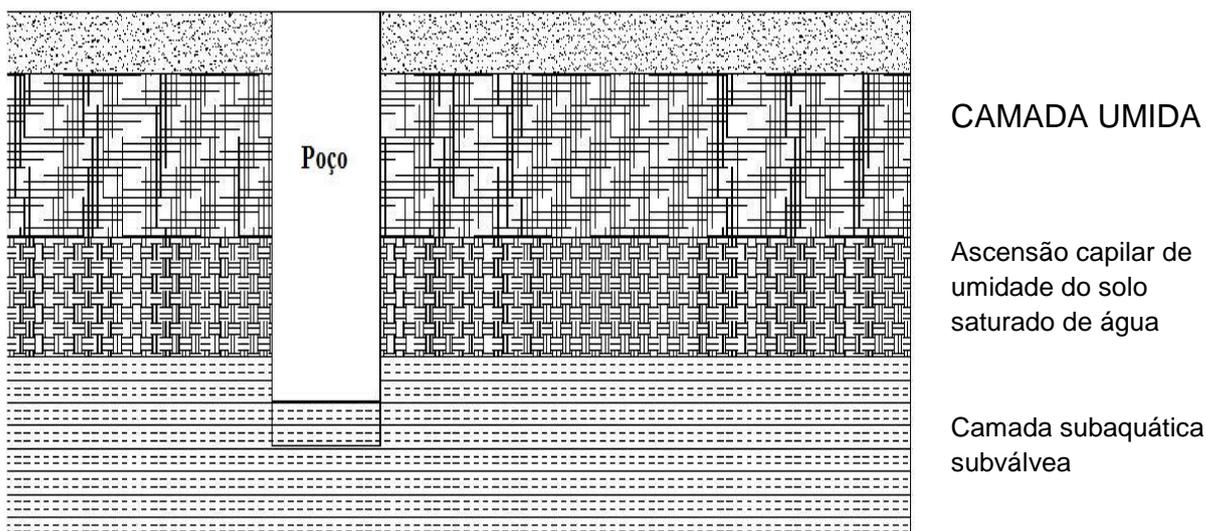


Figura 9 - Várias camadas do solo.
Fonte: Magalhães (2008)

Ainda segundo Magalhães (2008), deve-se então fazer a distinção entre as várias camadas do solo. No caso da camada freática o solo encontra-se saturado e a água está sob pressão enquanto que na camada superior a esta a entrada de água nas alvenarias só ocorrerá devido à capilaridade. Assim, para que ocorram manifestações de umidade do terreno em alvenarias, quer sejam

de origem freática ou capilar, é necessário que estas estejam em contato com águas do solo.

Henriques (2007) concluiu então que o fenômeno da umidade ascendente pode acontecer nas seguintes situações:

- fundações das paredes situadas abaixo do nível freático (Figura 10);
- fundações das paredes situadas acima do nível freático em zonas cujo terreno possua elevada capilaridade, provocando a ascensão da água existente a uma cota inferior (Figura 11);
- paredes implantadas em terrenos pouco permeáveis ou com pendentes viradas para as paredes, fazendo com que as águas da chuva, ou provenientes de outras fontes, possam deslizar sobre o terreno e entrar em contato com aqueles elementos (Figura 12).

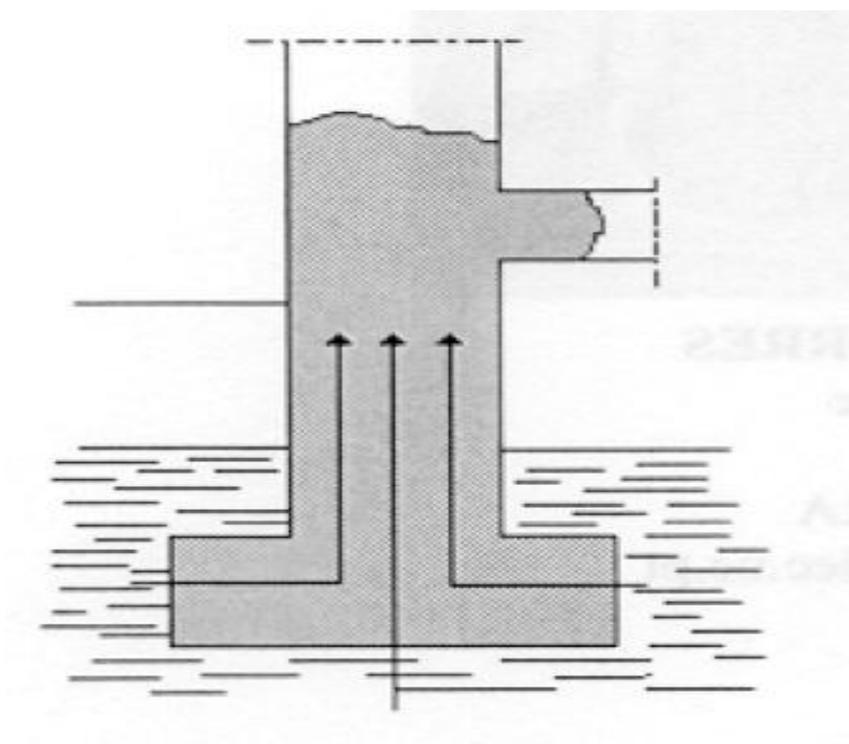


Figura 10 – Parede situada abaixo do nível do lençol freático.
Fonte: Henriques (2007)

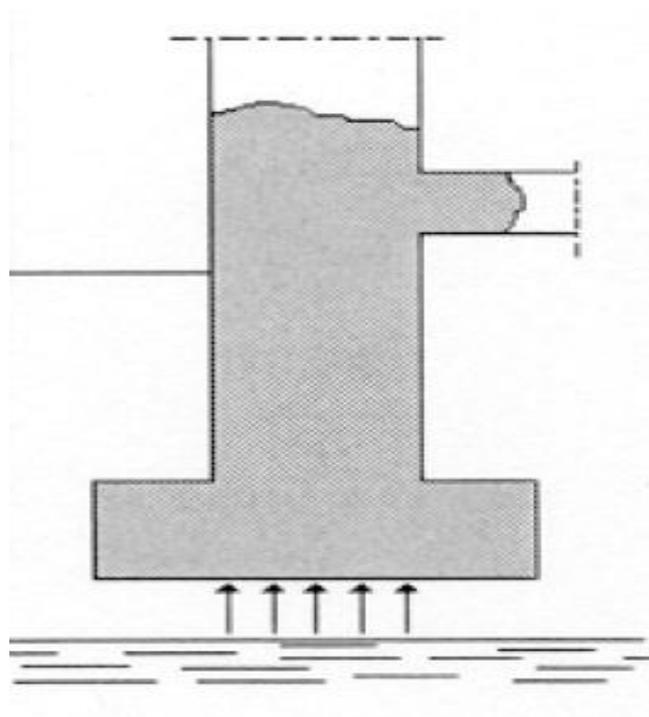


Figura 11 – Parede situada acima do nível do lençol freático.
Fonte: Henriques (2007)

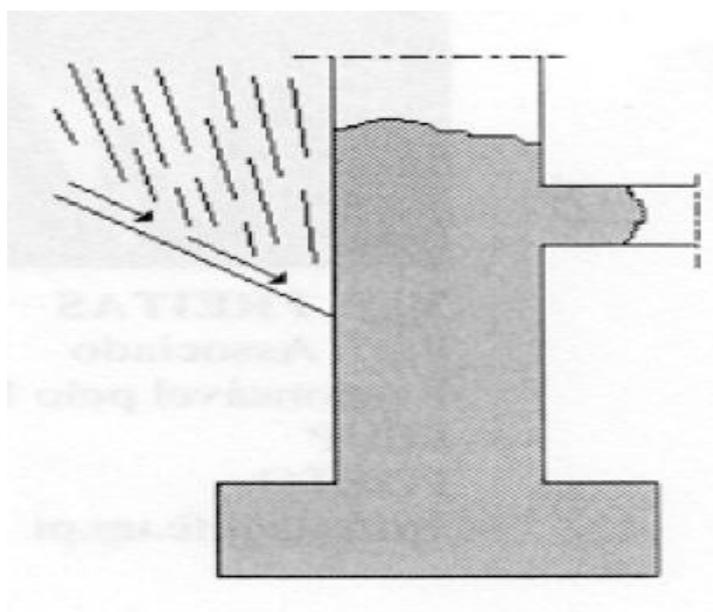


Figura 12– Paredes com pendentes viradas para ela.
Fonte: Henriques (2007)

A umidade ascendente é aquela na qual há um fluxo vertical de água que ascende do solo por uma estrutura permeável, podendo alcançar alturas significativas. Tudo isso depende da porosidade e permeabilidade do material, quantidade de água que está em contato com a parede e das condições de evaporação da água que nela se encontra (MAGALHÃES, 2008).

A ascensão de água nas paredes, é função da porometria dos seus materiais constituintes e, quanto menor o diâmetro dos poros maior a altura teórica que a água pode atingir (HENRIQUES, 2007).

De acordo com Santos et al. (2012), praticamente todos os materiais de construção tradicionais apresentam porosidade, ou seja, minúsculas aberturas (poros) que permitem a circulação do ar e da água. A porosidade é medida através da razão entre o volume de poros e canais vazios e o seu volume total aparente. A porosidade pode ser fechada (Figura 13) ou aberta (Figura 14), sendo que a porosidade aberta é quando os poros se comunicam entre si por canais e no caso da porosidade fechada, essa comunicação não ocorre (diz-se, então, que o material é impermeável), não permitindo a transferência de água no interior.

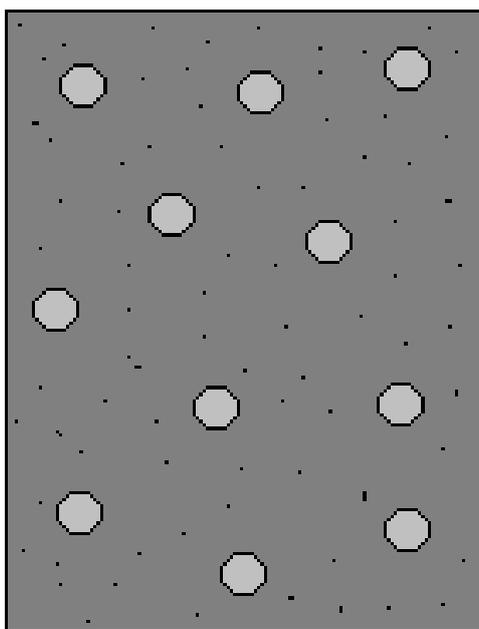


Figura 13 - Porosidade fechada.
Fonte: Santos et al. (2012)

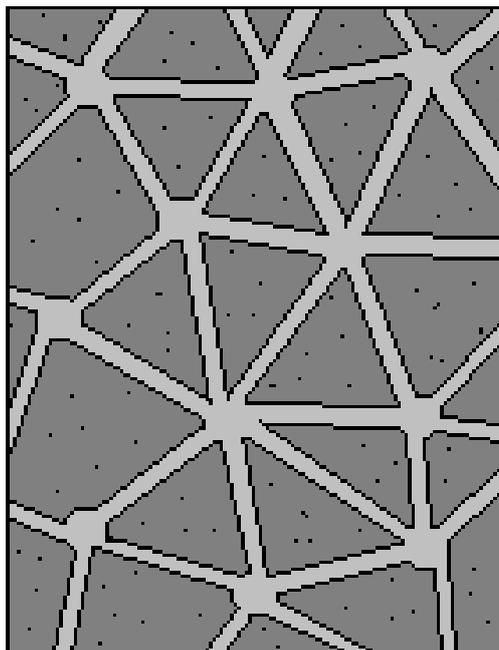


Figura 14 - Porosidade aberta.
Fonte: Santos et al. (2012)

Para Freitas et al. (2008), quando um material poroso for colocado com a água em fase líquida, pode-se verificar a capilaridade.

A capilaridade é claramente observada ao se colocar um tubo com diâmetro interno extremamente pequeno (tubo capilar) em um recipiente contendo água. Nota-se que a água, no interior do tubo, sobe imediatamente. Com isso, fica evidente que existe uma força suficiente capaz de fazer a água subir pelo tubo. A essa força dá-se o nome de força capilar e, sua ação, de ação capilar. Este fenômeno é resultado da tensão superficial, que é outra propriedade dos fluídos (CABAÇA, 2002).

Lersch (2003) descreve que as forças capilares são inversamente proporcionais ao diâmetro do capilar e abertura das fissuras, ou seja, quanto mais fino o capilar, mais alto o horizonte de capilaridade (Figura 15).

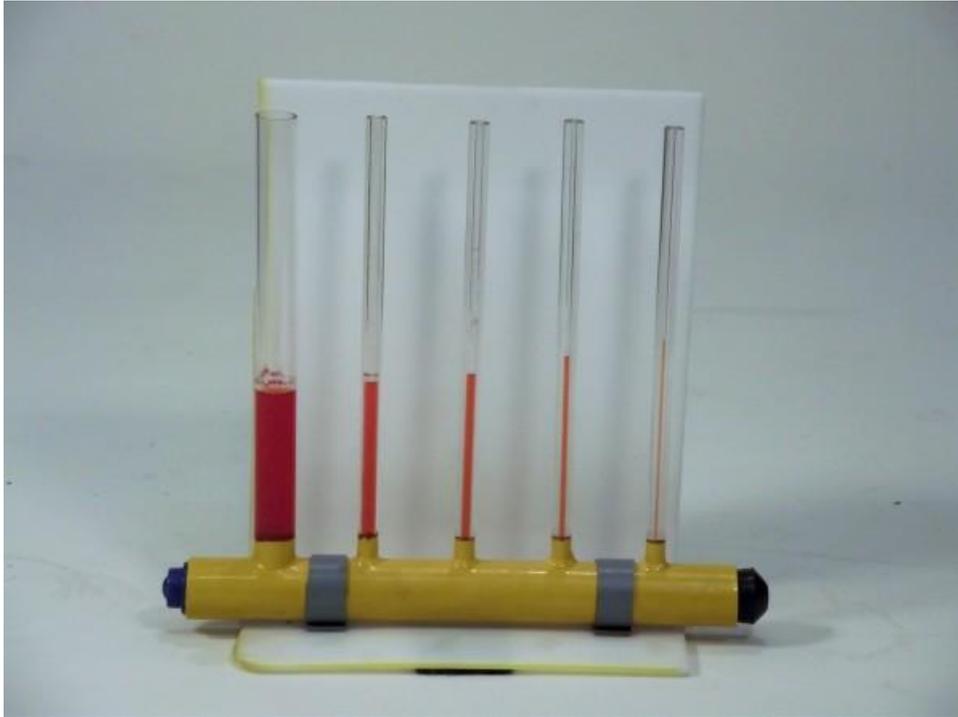


Figura 15 – Tubos capilares.
Fonte: <http://demonstracoes.fisica.ufmg.br>

De acordo com Magalhães (2008), quanto mais grossos forem os capilares, mais rapidamente são preenchidos de água. Quanto menor for o diâmetro capilar, maiores serão a pressão capilar e a ascensão de água, maior será a influência das tensões de adesão entre o líquido e as paredes do capilar e menor será a velocidade de deslocação da água através do capilar. Por isso, quanto mais finos forem os poros do material molhado, mais alto e mais lentamente sobe a água, enquanto num material com poros mais largos, a ascensão não atinge níveis tão altos, apesar de ser mais rápida.

Outros fatores que influenciam essa altura é a quantidade de água que está em contato com a própria parede e as condições de evaporação da água. Deste modo, pode-se dizer que o nível que a água atingirá na parede está relacionado com o equilíbrio entre a evaporação e a absorção da água da parede (RODRIGUES, 2014).

A maioria dos materiais de construção possui elevada capilaridade pela qual a umidade pode subir, e esses materiais possuem estrutura porosa, fazendo a água migrar, por capilaridade, quando este não tiver nenhuma barreira que impeça o seu deslocamento (RODRIGUES, 2014).

Para Ulsamer (1975), a altura da umidade raramente ultrapassa os 20 cm do nível do lençol freático e que quanto mais finos os poros, maior será a ascensão da água. Já Verçosa (1991), afirma que raramente a altura da umidade ultrapassa os 80 cm.

Rodrigues (2014) cita que a altura que a água pode atingir os elementos construtivos é de 0,50m a 1,50m para muros de tijolos, enquanto nos pilares isolados é da ordem da sua espessura.

De uma forma geral pode se considerar que a ascensão da água numa parede se verificará até o nível em que a quantidade de água evaporada pela parede compense aquela que é absorvida do solo por capilaridade. É por essa razão que sempre que são diminuídas as condições de evaporação de uma parede – por exemplo, utilizando um revestimento impermeável – a altura atingida pela água tem tendência a aumentar até um nível em que se estabeleça um novo equilíbrio (Figura 16). A altura que a água pode atingir numa edificação é variável, dependendo de fatores como a espessura, pois quanto maior a espessura da parede maior será a altura atingida pela água, pois uma parede mais grossa absorve mais água, a época da construção e orientação da parede, sendo que no hemisfério sul, as paredes voltadas para o sul são mais afetadas do que as voltadas para o norte, que tem uma maior incidência de raios solares no inverno (HENRIQUES, 2007).

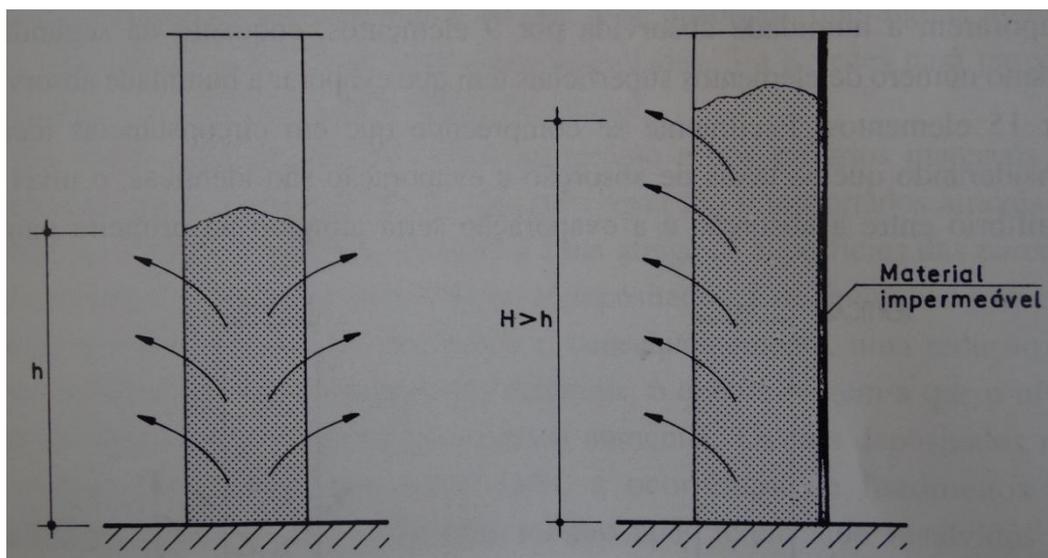


Figura 16 – Altura atingida pela água nas paredes em função das condições de evaporação.
Fonte: Henriques (2007)

A água ascenderá pelas juntas, que são caminhos mais fáceis, para depois ascender pelos tijolos (Figura 17). Caso os tijolos estejam impermeabilizados e a argamassa for comum, a água ascenderá do mesmo jeito. No entanto, se os tijolos forem permeáveis e na argamassa for utilizado algum produto impermeabilizante, não haverá a ascensão (CABAÇA, 2002).

Cabaça (2002) menciona que estes sintomas são identificáveis através de uma diferença de tonalidade na parede, na qual é perceptível uma zona mais escura (quando há presença de umidade) e uma zona mais clara formando uma linha horizontal na parede (Figura 18). Esta linha é o ponto de equilíbrio entre a evaporação e a capacidade de absorção de água pela parede.

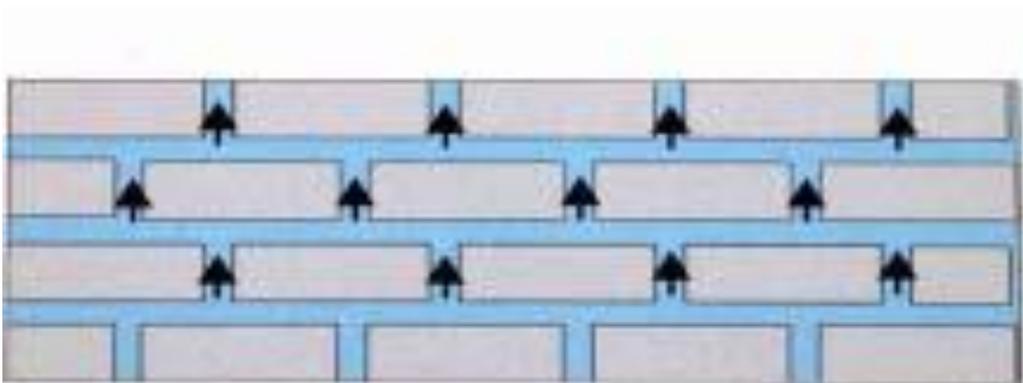


Figura 17 – Direção da água pelas juntas.
Fonte: Cabaça (2002)

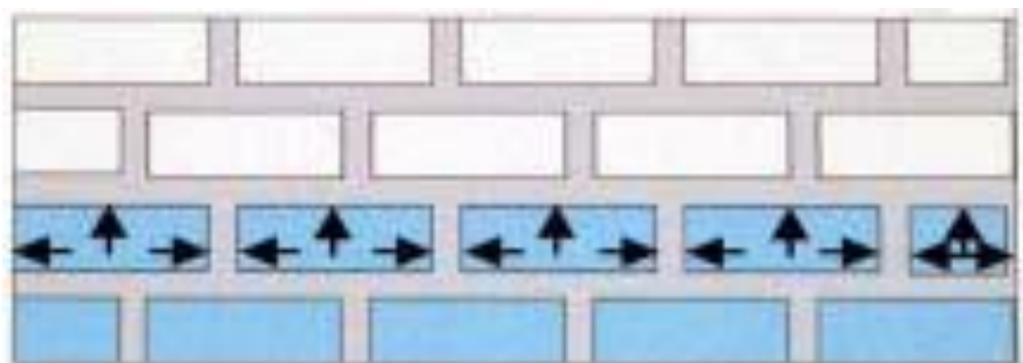


Figura 18 – Diferença de tonalidade na parede identificando área com umidade e área seca.
Fonte: Cabaça (2002)

Segundo Henriques (2007), nas situações em que a umidade é proveniente das águas freáticas os fenômenos se apresentam inalterados ao longo do ano devido ao tipo de alimentação ser ativo durante esse período, verificando-se que a altura das manchas de umidade são constantes em cada parede, sendo maior nas paredes interiores que neste caso as condições de evaporação são desfavoráveis. Quando a umidade é proveniente de águas superficiais, os fenômenos apresentam variações durante o ano, sendo mais gravosos no inverno do que no verão, e a altura das zonas úmidas pode variar consideravelmente ao longo das paredes, em especial nas exteriores, sendo menores nas interiores (Figura 19).

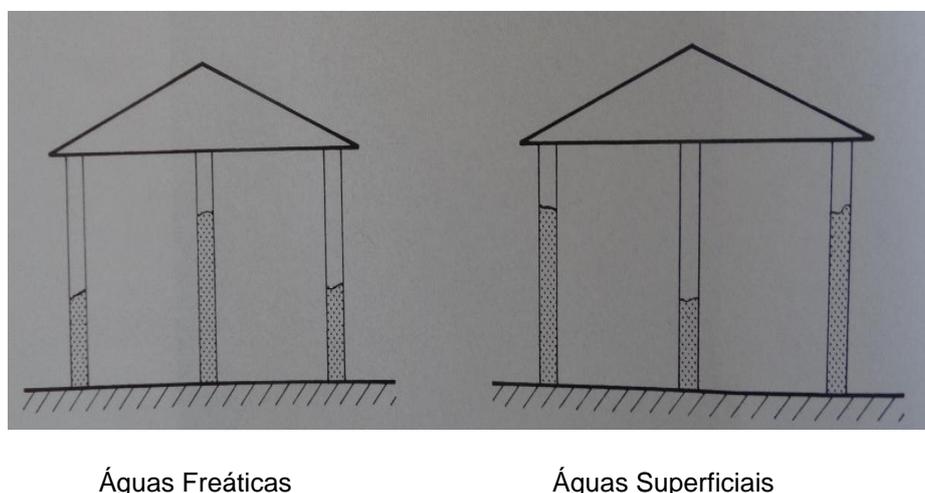


Figura 19 – Variação das alturas atingidas pela umidade do terreno em paredes interiores e exteriores, em função do tipo de alimentação.
Fonte: Henriques (2007)

Segundo Henriques (2007), as manchas de umidade nas zonas das paredes junto ao solo, por vezes, apresentam zonas erodidas na parte superior dessas manchas, que são os locais onde há uma maior evaporação e por consequência uma maior cristalização dos sais ali existentes (Figura 20), acompanhadas em certos casos pela formação de eflorescências ou criptoflorescências e de manchas de bolor ou vegetação parasitária, especialmente em locais de pouca ventilação.

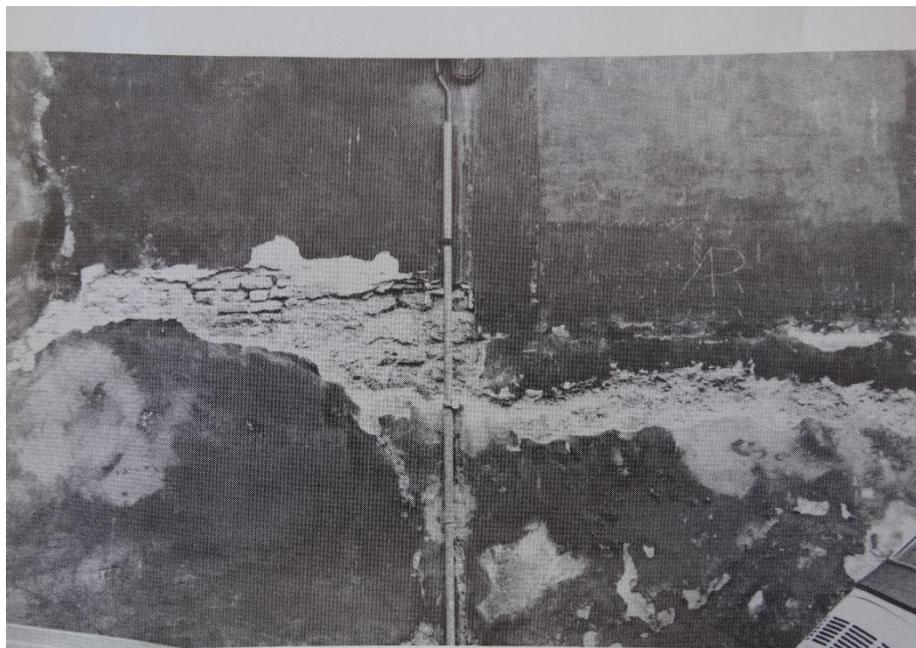


Figura 20 – Erosão de uma parede na zona de alternância umedecimento-secagem.
Fonte: Henriques (2007)

Normalmente, a água proveniente do solo contém sais em solução que, devido à evaporação à superfície, cristalizam. Este mecanismo traduz-se num transporte contínuo de sais que se vão acumulando à superfície sob a forma de eflorescências ou sob a superfície sob a forma de criptoflorescências. A expansão da área associada a este fenómeno origina uma rápida deterioração dos revestimentos, da argamassa de assentamento e das próprias unidades de alvenaria (pedra ou tijolo) (MAGALHÃES, 2008).

3.3 Prevenção e Tratamento da Umidade Ascendente

A Umidade Ascendente, é aquela que tem origem da água proveniente do terreno como já visto suas formas de manifestações nos capítulos anteriores. É imprescindível que hoje em dia nas novas construções sejam

empregados produtos impermeabilizantes, para evitar que a umidade provoque danos nas estruturas e alvenarias das edificações, que são de difícil solução e a custos elevados quando executadas após a conclusão da obra.

Rodrigues (2014) ressalta que para o sucesso do serviço de impermeabilização é preciso tomar o máximo de cuidado com os pequenos detalhes, sendo necessário um projeto de impermeabilização, pois ele permite que sejam previstos detalhes construtivos e que se tenha um bom acabamento, sendo imprescindível que seja executado por profissional especializado que tenha conhecimento dos materiais.

A ABNT NBR 9575:2010 estabelece exigências e recomendações relativas à seleção e projeto de impermeabilização, de forma que sejam atendidos os requisitos mínimos de proteção da edificação contra a passagem de água, bem como exigências referentes à salubridade, segurança e conforto dos usuários.

3.3.1 Tratamento Preventivo da Umidade Ascendente

A umidade do terreno, como o próprio nome diz, tem origem através do contato da fundação com o terreno que foi construída, que por sua vez está em contato com a água, seja de origem freática ou superficial.

Rodrigues (2014) ressalta que a impermeabilização das fundações não exige grandes investimentos, e há no mercado uma grande variedade de produtos disponíveis, encontrando-se dois tipos de materiais que podem ser utilizados: os impermeabilizantes rígidos, à base de cimento (Figura 21) e os flexíveis, à base de emulsão asfáltica (Figura 22), e também enquadrados na classe dos impermeabilizantes rígidos, são encontrados os aditivos hidrófugos que não deixam a umidade ultrapassar impedindo a infiltração da água, que são misturados às argamassas de reboco e assentamento (Figura 23), sendo que os impermeabilizantes rígidos são indicados apenas quando a estrutura não for sofrer movimentação, pois nesse caso seria mais indicado o impermeabilizante flexível.



Figura 21 – Aplicação de Argamassa Polimérica em baldrame.
Fonte: Arquivo Pessoal



Figura 22 – Baldrame que recebeu aplicação de emulsão asfáltica.
Fonte: Rodrigues (2014)



Figura 23 – Aplicação em baldrame de Argamassa com aditivo hidrofugante.
Fonte: Arquivo Pessoal

A impermeabilização das fundações serve para criar uma barreira estanque, impedindo que a água atinja a alvenaria através da capilaridade dos materiais, sendo que para sua aplicação, são necessárias algumas orientações. Rodrigues (2014) descreve a argamassa polimérica como sendo um produto impermeável, semiflexível e bicomponente (polímeros acrílicos mais cimentos especiais com aditivos impermeabilizantes) que devem ser misturados na própria obra e aplicado com trincha ou brocha em demãos cruzadas (3 a 4 demãos) afim de preencher eventuais espaços vazios, em intervalos de 2 a 6 horas entre as camadas, dependendo da temperatura ambiente, e a argamassa com aditivo hidrófugo deve ser preparada com areia, cimento, água e o aditivo impermeabilizante, ser bem misturada e aplicada em uma camada de 1,5 cm de espessura, cobrindo o alicerce e as laterais. Após a secagem, aplicar duas demãos de emulsão asfáltica, sendo aconselhável se preparar uma argamassa de assentamento com o mesmo aditivo impermeabilizante, e usar para assentar pelo menos três fiadas de tijolos. A mesma massa deve ser usada para o revestimento interno e externo até a altura de aproximadamente um metro.

3.3.2 Técnicas de Correção da Umidade Ascendente

De acordo com Freitas et al. (2008), quando nos deparamos com um edifício construído recentemente, e que não foram tomadas as devidas precauções, ou ao reabilitar edifícios antigos com patologias associadas à umidade ascensional devemos procurar a solução mais adequada para sua eliminação, sendo a metodologia de tratamento para esse tipo de patologia se agrupado da seguinte forma:

1. Execução de corte hídrico
 - a) - Introdução de barreiras físicas
 - b) - Introdução de barreiras químicas
2. Redução da seção absorvente
3. Introdução de tubos de arejamento
4. Eletro-osmose
5. Ocultação das anomalias
6. Ventilação da base das paredes

A eficácia destas soluções nem sempre é total, devendo ser avaliadas as possibilidades de sucesso e o custo das intervenções.

3.3.2.1 a) Execução de Corte Hídrico - Barreiras Físicas

3.3.2.1.1 Substituição parcial de alvenarias

O processo de substituição de elementos de alvenaria consiste na demolição de pequenas partes da parede, ao longo de uma faixa predefinida, nos quais são inseridos materiais impermeáveis (Figura 24). O objetivo é substituir os elementos constituintes originais numa zona com cerca de 20 a 30 cm de altura e em toda a espessura da parede, de forma a criar uma barreira física que impeça a ascensão da água (HENRIQUES, 2007).

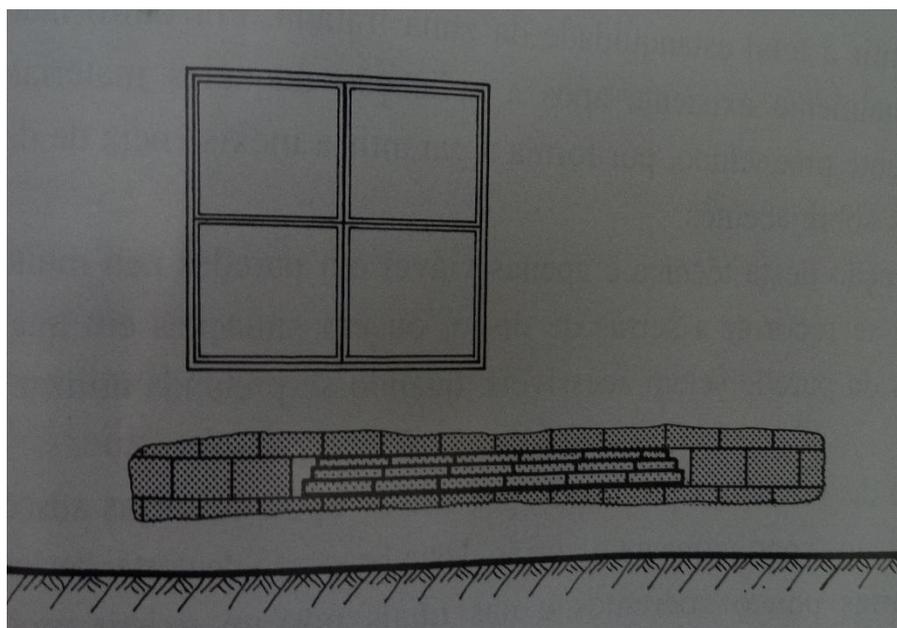


Figura 24 – Exemplo do processo de substituição de elementos de alvenaria.
Fonte: Henriques (2007)

Freitas et al. (2008) menciona que esse método, embora eficaz quando executado corretamente, é de difícil e morosa execução e passível de ser aplicado apenas em paredes constituídas por elementos regulares e pequena dimensão.

3.3.2.1.2 Corte com serra manual ou mecânica

Com o desenvolvimento de meios mecânicos adequados, o corte nas paredes com serras de diversos tipos tornou-se uma realidade (Figura 25), simplificando os trabalhos de inserir materiais estanques. Os cortes com serras de disco ou similares são executados em partes alternadas da parede, com cerca de 1m de comprimento. O corte pode ser feito em ambos os lados da parede, e quando possível devido ao espaço, são empregados fios helicoidais semelhantes aos utilizados para a extração de pedras. Os tipos de materiais utilizados no preenchimento das aberturas executadas nas paredes podem ser membranas betuminosas, placas de chumbo, folhas de polietileno ou de policloreto de vinilo e argamassa de ligantes sintéticos, sempre se preocupando que haja uma continuidade do material para garantir a

estanqueidade do local tratado. Este método tem o inconveniente de produzir grandes vibrações e causar problemas estruturais (HENRIQUES, 2007).



Figura 25 – Introdução de uma barreira estanque através do corte mecânico.
Fonte: Magalhães (2008)

3.3.2.1.3 Corte por carotagens sucessivas

O método por carotagem sucessiva ou “Método de Massari”, desenvolvido na década de 60, baseia-se na execução de carotagens sucessivas em partes da alvenaria de cerca de 45 a 50 cm de comprimento, sendo realizado primeiramente uma série de furações tangentes e posteriormente executa-se uma segunda série com centros nos pontos de tangencia anteriores (Figura 26). Após a execução das furações, é feita a limpeza e procede-se o preenchimento com argamassa de ligantes sintéticos. Este método é passível de ser executado em parede de qualquer espessura mesmo que o acesso em um dos lados seja limitado. Este processo é de simples execução e apresenta bons resultados (FREITAS et al., 2008).

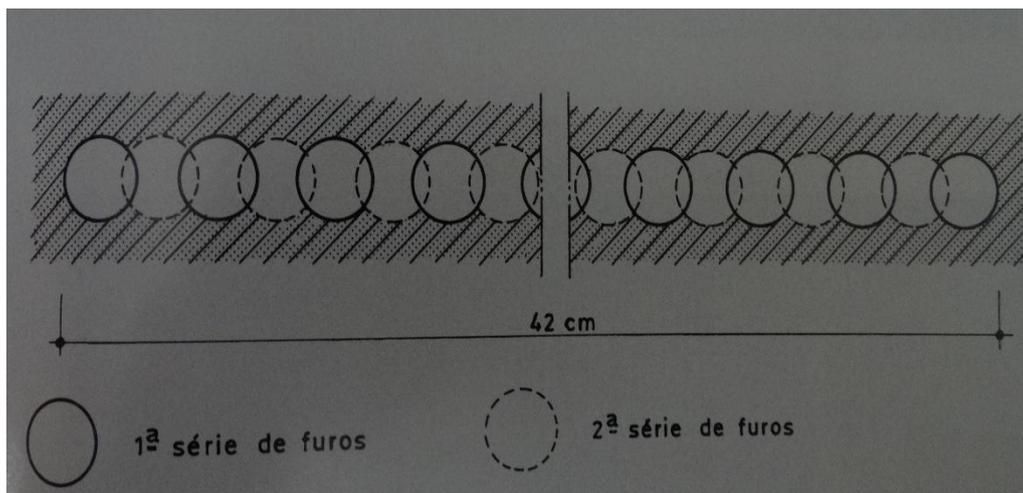


Figura 26 – Execução de um corte por carotagens sucessivas.
Fonte: Henriques (2007).

3.3.2.1.4 Introdução forçada de materiais metálicos

Também conhecido como método de Shoner Turn, consiste na introdução forçada de materiais metálicos como chapas de aço inoxidável onduladas nas paredes afetadas com a ajuda de martelos pneumáticos (Figura 27). Esta técnica está restringida a alvenarias executadas com elementos regulares, com juntas contínuas e bem definidas. Tem como inconveniente as vibrações causadas pelos martelos, não sendo por isso adequada a construções históricas (MAGALHÃES, 2008).

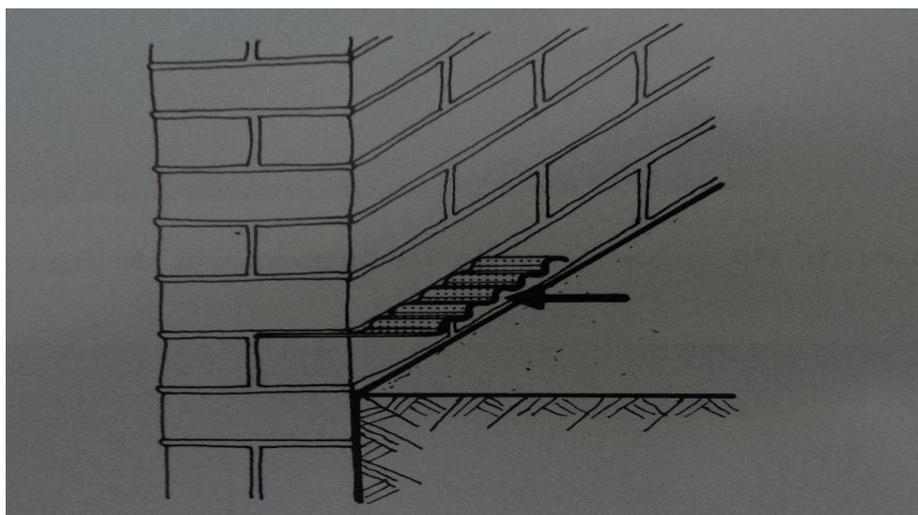


Figura 27 – Exemplo de introdução forçada de materiais metálicos.
Fonte: Henriques (2007)

3.3.2.1 b) Execução de Corte Hídrico – Barreiras Químicas

As barreiras físicas apresentadas tem limitações de aplicação, mas com o aparecimento de novos materiais sintéticos passou-se a execução de barreiras químicas mediante a introdução de produtos que irão criar uma barreira estanque e impedir a progressão da água.

De acordo com Freitas et al. (2007), estas barreiras devem localizar-se o mais próximo possível do solo (cerca de 15 cm). Executam-se furos que devem estar afastados cerca de 10 a 20 cm com uma profundidade total de $2/3$ da espessura da parede. Se a parede for muito espessa e o acesso se possa fazer às duas faces executam-se furos dos dois lados da parede, sempre desencontrados e com uma profundidade máxima de $1/3$ da espessura (Figura 28).

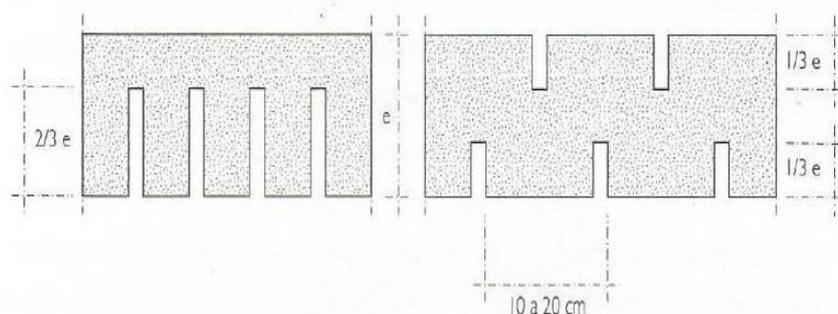


Figura 28 – Esquema de Furação.
Fonte: Freitas et al. (2008)

Se esta técnica for bem executada, obtém-se uma boa distribuição do produto do tratamento em toda a espessura da parede, o que é fundamental para o seu sucesso.

Conforme descreve Freitas et al. (2008), após a execução dos furos a introdução dos produtos pode ser feita por difusão, que é a técnica baseada na ação da gravidade, podendo os furos serem executados na horizontal ou inclinados no sentido da base da parede, sendo inseridos nos furos executados, tubos associados a garrafas contendo o produto selecionado, conforme a sequência de fotos demonstrada na Figura 29. Ou por injeção – sendo que neste caso o produto será introduzido na parede com o auxílio de

um equipamento de pressão que estará diretamente ligado ao conjunto de tubos inseridos na furação efetuada (Figura 30). Esse método tem a vantagem de que sob pressão, a água contida nos poros seria “expulsa” para a penetração do produto sendo nesse caso mais homogênea e contínua.

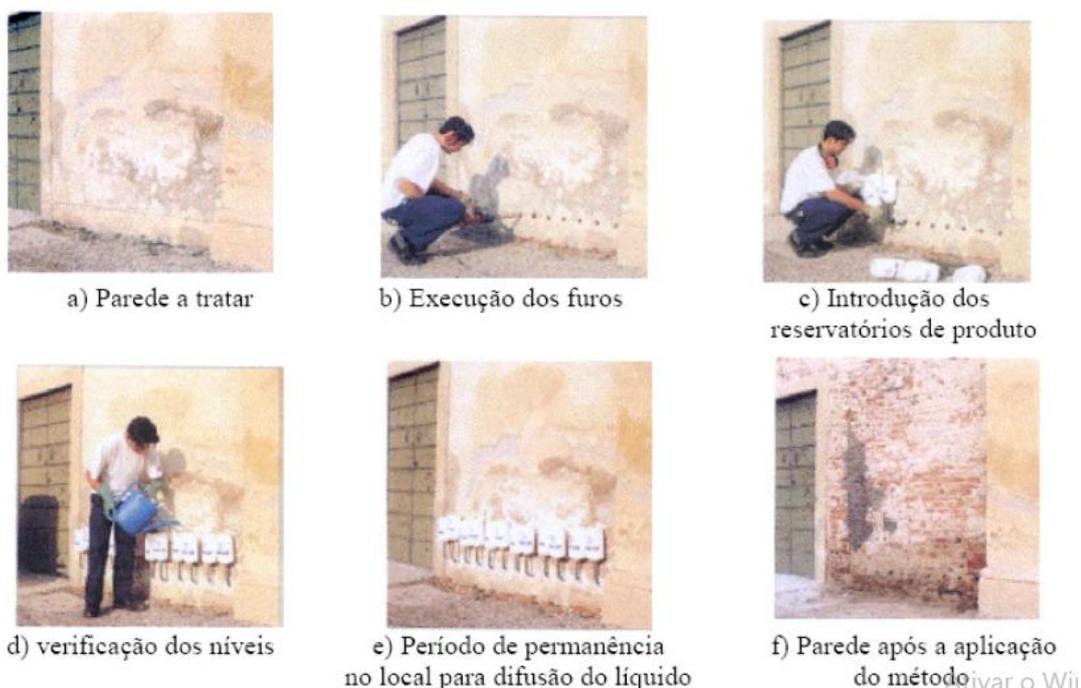


Figura 29 – Sequência da aplicação em obra do método de injeção por gravidade/difusão.
Fonte: Magalhães (2008)



Figura 30 – Introdução de produtos por injeção.
Fonte: Freitas et al. (2008)

Segundo Henriques (2007), Os produtos suscetíveis a serem utilizados nestes métodos são basicamente de dois tipos diferentes: os produtos tapa poros que incluem as resinas epoxídicas, os silicatos alcalinos e as acrilamidas; e os produtos hidrófugos constituídos pelos siliconatos, silicones (siloxanos e resinas silicónicas) e os organometálicos. Em geral todos podem ser aplicados sobre pressão, embora apenas os silicatos alcalinos e os siliconatos possam ser usados no processo por gravidade como método de aplicação.

3.3.2.2 Redução da secção absorvente

Esta técnica, não muito corrente nos nossos dias, consiste em reduzir a secção absorvente substituindo o material por espaços vazios possibilitando a evaporação da água por esses mesmos espaços e impedindo que a continue a migrar por eles (Figura 31). É uma técnica pouco utilizada por razões arquitetônicas e estruturais e é aplicável apenas a certos edifícios. Ela foi concebida no séc. XIX por Koch para a resolução de problemas de umidade ascendente na Igreja de S. Luís dos Franceses em Roma. Na base da parede afetada foi realizada uma série de arcos apoiados em colunas nas quais os materiais utilizados foram substituídos por pedra impermeável (HENRIQUES, 2007).

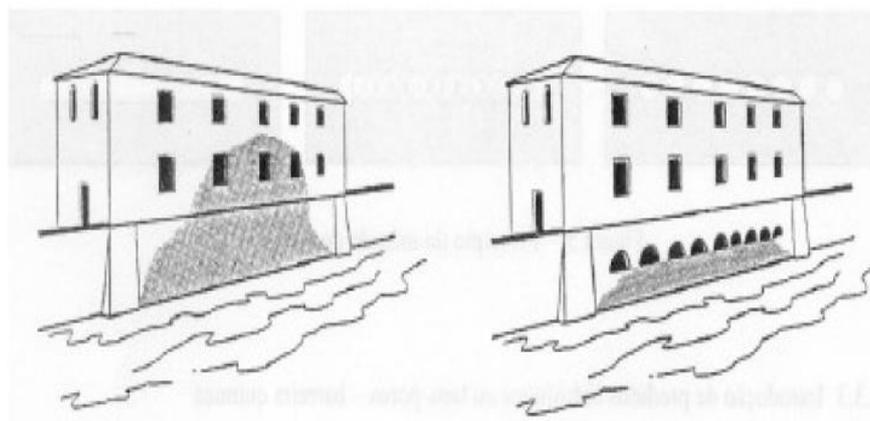


Figura 31 – Redução da seção absorvente.
Fonte: Freitas et al. (2008)

3.3.2.3 Introdução de tubos de arejamento

Se um tubo de ensaio cheio de água for mergulhado em uma tina com óleo, a tendência é a água ser substituída pelo óleo uma vez que é mais pesada. Partindo deste princípio, Knappen imaginou que se introduzisse drenos obliquamente na paredes úmidas (Drenos de Knappen), estes ficariam imediatamente preenchidos com ar úmido, mais pesado que o ar seco, criando um processo contínuo de condução do ar úmido para o exterior (Figura 32). Embora econômico, o método não apresenta resultados satisfatórios quando usado em paredes de elevada espessura ou os tubos sejam colocados muito afastados uns dos outros, além dos problemas de ordem estética (FREITAS et al., 2008).

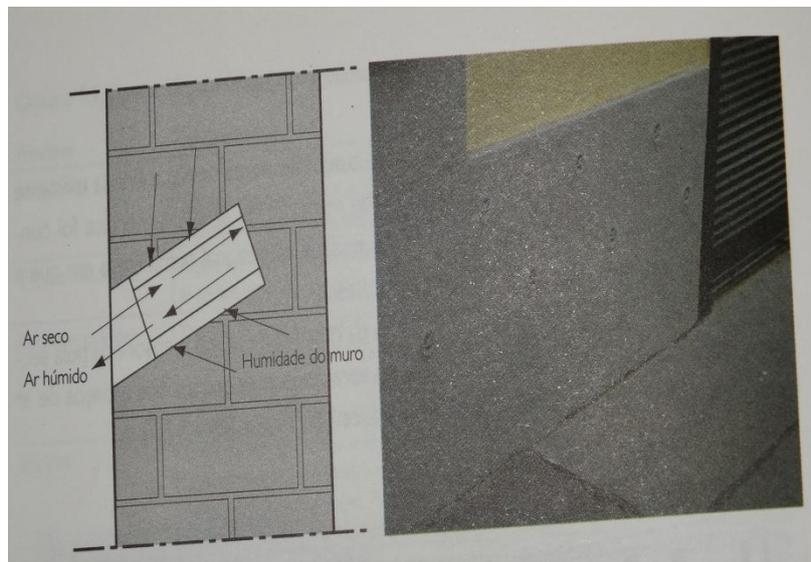


Figura 32 – Tubos de arejamento ou de “Knappen”.
Fonte: Freitas et al. (2008)

3.3.2.4 Eletro-osmose

De acordo com Magalhães, (2008), A ascensão de água pelas paredes dá origem à criação de um diferença de potencial elétrico entre o terreno e a parede. O sistema eletro-osmótico cria um potencial contrário ao potencial capilar, o que deve parar a ascensão da água. O processo consiste em aplicar na parede uma série de sondas condutoras ligadas entre si que funcionam

como ânodo, e em conexão com uma tomada de terra que funciona como cátodo (Figura 33). Para tanto, o autor cita quatro técnicas de eletro-osmose:

- eletro-osmose passiva: tem como objetivo apenas anular o diferencial de potencial existente, razão pela qual se procede a ligação de sondas da mesma natureza na parede e no terreno;
- eletro-osmose semipassiva: idêntico ao outro, mas com a diferença de os materiais serem diferentes (cobre para o ânodo e magnésio para o cátodo) funcionando como espécie de pilha;
- eletro-osmose ativa: este processo varia dos anteriores por se interpor entre os eletrodos uma fonte de corrente contínua de baixa tensão;
- eletro-osmose forese: um dos inconvenientes da eletro-osmose é que quando interrompemos o funcionamento do sistema nota-se o reaparecimento da umidade e com a finalidade de minimizar esse efeito surgiu a idéia de os efeitos do fenômeno da eletroforese, que consiste na deposição nos poros dos materiais de partículas transportadas pela água provenientes de produtos injetados nas paredes, procurando dessa forma colmatar esses poros.

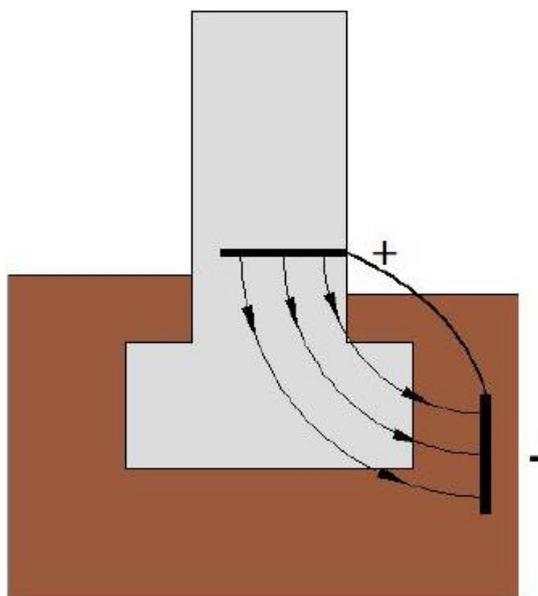


Figura 33 - Esquema geral do funcionamento do processo eletro-osmótico.
Fonte: Magalhães, (2008)

3.3.2.5 Ocultação das anomalias

Segundo Magalhães (2008), estas soluções englobam técnicas que não interferem diretamente nas anomalias, mas sim na ocultação das mesmas, executando uma nova parede pelo interior, afastada de 5 a 10 cm sem qualquer ponto de contato com a parede original para que não haja passagem de umidade para a nova parede. Esta deverá ter a sua base impermeabilizada com argamassas com polímeros. O espaço entre as paredes deve ser ventilado para o exterior com a execução de orifícios na parte superior e inferior, permitindo a circulação de ar (Figura 34).

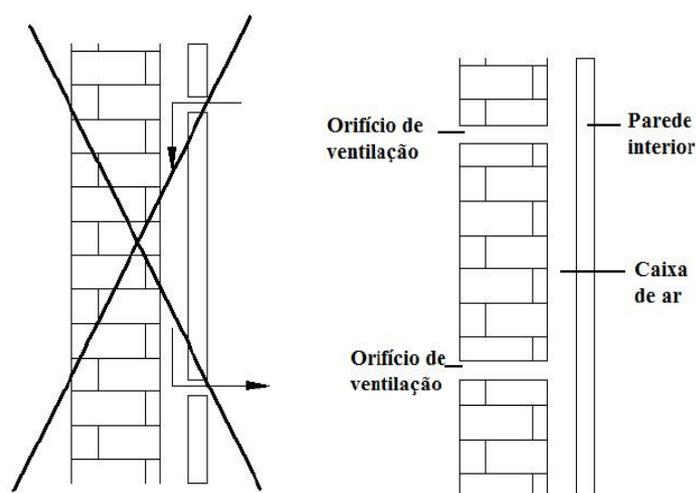


Figura 34 - Ocultação das anomalias com execução de nova parede pelo interior.
Fonte: Magalhães (2008)

Freitas et al. (2008), menciona que este método também pode ser utilizado com a aplicação de revestimento com porosidade e porometria controlada no exterior das paredes de forma a controlar as condições de evaporação à superfície, com a realização de rebocos com subcamadas de características distintas de forma que a porosidade vá diminuindo do exterior para o interior (Figura 35).

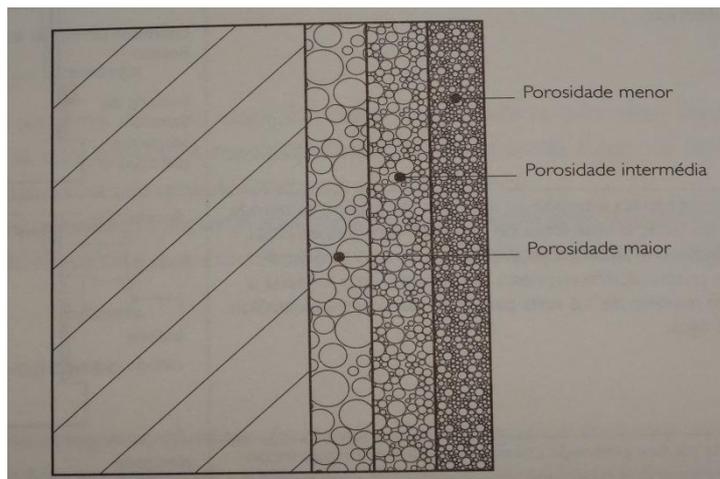


Figura 35 – Revestimento com porosidade e porometria controlada.
Fonte: Freitas et al. (2008)

3.3.2.6 Ventilação da base das paredes

Segundo Freitas et al. (2008), esta técnica é mais utilizada em paredes de edifícios antigos, onde a fundação se situa acima do nível freático, consistindo em ventilar a base das paredes recorrendo ao processo de ventilação natural ou instalando um dispositivo mecânico higrorregulável (Figura 36), aumentando a evaporação através de canais ou tubos periféricos ventilados. Esses canais deverão possuir uma caleira para recolha e condução das águas pluviais sendo protegidos superiormente e ventilados. A profundidade do canal não poderá ultrapassar a cota mínima da fundação para se evitar problemas estruturais.

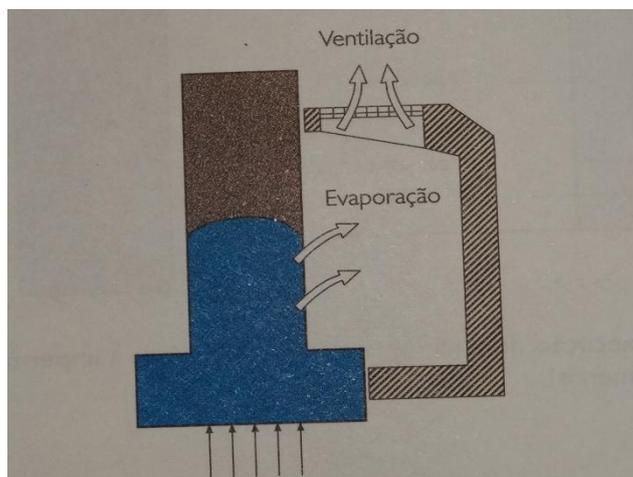


Figura 36 – Princípio do funcionamento de um sistema de ventilação na base das paredes.
Fonte: Freitas et al. (2008)

4. ESTUDO EXPERIMENTAL

4.1 Planejamento

A ideia do desenvolvimento de um estudo experimental surgiu após a observação de sintomas de infiltração em uma residência onde a obra foi executada a cerca de 20 anos (Figura 37). Na época da construção foi utilizado um aditivo impermeabilizante na argamassa que cobriu os baldrames, bem como uma faixa do reboco de aproximadamente 80 cm de altura nas paredes, a partir da fundação, com a finalidade de barrar a umidade que poderia ascender por esse local. Após dez anos da execução da obra, esta passou a apresentar eflorescências na parte inferior das paredes internas, em um dos lados da construção, que sempre acabam por deteriorar o reboco e a pintura nessa parte, sendo necessário sua substituição. O procedimento de reparo já foi executado por três vezes, concluindo-se que a umidade tenha origem na parte inferior da fundação, tratando-se assim, de um caso de umidade ascensional. Como, nesse caso, o procedimento de impermeabilização da fundação foi executado normalmente, acredita-se que houve falha na execução, com a incorreta utilização do produto, como especificado pelo fabricante, ou que ele tenha deixado de fazer o efeito impermeabilizante que se espera, devido ao tempo em que foi aplicado.



Figura 37 – Parede reparada recentemente.
Fonte: Arquivo pessoal

Com a detecção do problema, foi idealizado o desenvolvimento de 5 protótipos de parede, com aproximadamente 80 cm de comprimento por 60 cm de altura, utilizando-se os processos de impermeabilização mais utilizados atualmente, ou seja, aditivo impermeabilizante para argamassa, que age por hidrofugação; argamassa polimérica semiflexível impermeável e; tinta asfáltica de grande aderência.

4.2 Execução

4.2.1 Baldrame

Foram feitas caixas para a execução dos baldrames, com 80 cm de comprimento por 8 cm de altura, e no centro foi feito uma “broca” com aproximadamente 20 cm de profundidade (Figura 38), sendo colocados duas barras de ferro de $\frac{1}{4}$ de polegada – 630mm (Figura 39). O intuito de se fazer uma pequena coluna no centro da parede é verificar se a umidade ascende por ele, como se suspeita que seja a causa mencionada no estudo, conforme verificado com o pedreiro que executou a obra.

Foi utilizado para a confecção do concreto, o traço 3:1:1 (areia grossa, brita 1, cimento, respectivamente) e o ferro utilizado foi de $\frac{1}{4}$ “ – 630mm.



Figura 38 – Execução dos baldrames e broca.
Fonte: Arquivo pessoal



Figura 39 – Baldrames com 2 barras de ferro de $\frac{1}{4}$ de polegada (630 mm).
Fonte: Arquivo pessoal

4.2.2 Produtos Utilizados e Execução da Impermeabilização

Duas das vigas baldrames receberam uma camada de aproximadamente 1,5 cm de argamassa impermeabilizante, preparada com o traço 1:3 (cimento:areia média temperada) e a adição de Vedacit (aditivo impermeabilizante para concretos e argamassas, que age por hidrofugação do sistema capilar e permite a respiração dos materiais, mantendo os ambientes salubres) na proporção indicada pelo fabricante.

Após a completa secagem da argamassa com aditivo impermeabilizante Vedacit, as duas vigas acima mencionadas receberam ainda três demãos cruzadas da argamassa polimérica Vedatop (Figura 40) (argamassa polimérica semiflexível impermeável indicada para vedação e eliminação da umidade, a qual pode ser aplicada sobre concreto, blocos cerâmicos e de concreto, fibrocimento e demais bases cimentícias).



Figura 40 – Vigas que receberam aplicação de Vedacit e Vedatop.
Fonte: Arquivo pessoal

As outras duas vigas, ao lado das que receberam a aplicação dos produtos impermeabilizantes já especificados, foram executadas apenas em concreto, na proporção 3:1:1 (areia grossa, cimento, pedra 1), sem a adição de qualquer produto para melhorar sua impermeabilização (Figura 41).



Figura 41 – Baldrames sem impermeabilização ao lado dos impermeabilizados que apresentam coloração diferente, mais escura.
Fonte: Arquivo pessoal

Uma outra viga feita ao lado, além de uma camada de argamassa com aditivo impermeabilizante Vedacit, recebeu duas demãos de tinta asfáltica Neutrol (Figura 42) (tinta asfáltica de grande aderência e alta resistência química que forma uma película impermeável, sendo indicada para proteção de estruturas de concreto e alvenaria revestida com argamassa em contato com o solo sujeita a águas e aos meios agressivos. Indicado também para estruturas de madeira e metálicas não expostas a intempéries). Apesar de ser uma técnica mais antiga, o Neutrol é um produto ainda bastante utilizado na impermeabilização de fundações até hoje.



Figura 42 – Viga que recebeu aplicação de tinta asfáltica Neutrol.
Fonte: Arquivo pessoal

Na figura 43 podem ser visualizadas as cinco vigas prontas, sendo duas sem a adição de produto impermeabilizante e as três que receberam os tratamentos para impermeabilização vinda do solo.



Figura 43 – Cinco vigas baldrame prontas que servirão de base para o estudo. (1 e 2: não receberam produtos impermeabilizantes; 3 e 4: receberam uma camada de argamassa impermeabilizante Vedacit e três demãos cruzadas de argamassa polimérica Vedatop; 5: recebeu uma camada de argamassa impermeabilizante Vedacit e duas demãos de tinta asfáltica Neutrol)

Fonte: Arquivo pessoal

4.2.3 Execução das Paredes

Para a execução das paredes dos protótipos, foram utilizados dois tipos de tijolos: o tijolo cerâmico de 9 furos, ou “baiano” como é conhecido (Figura 44) e o de barro maciço, o “tijolinho” (Figura 45).

Rendimento:
V: 17 pç/m²
H: 22 pç/m²

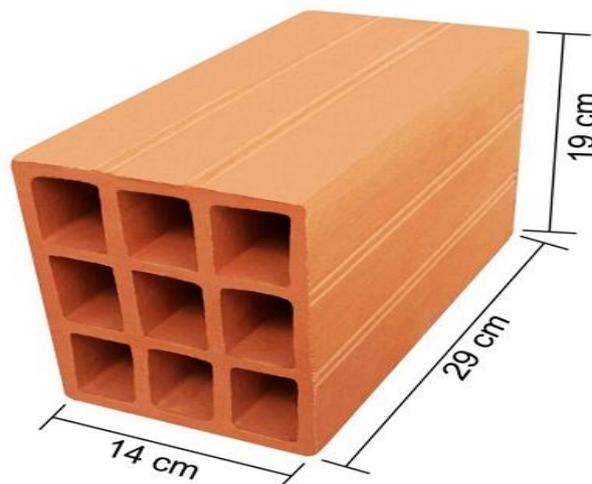


Figura 44 – Tijolo cerâmico de 9 furos.
Fonte: Manual técnico Cerâmica Atlanta

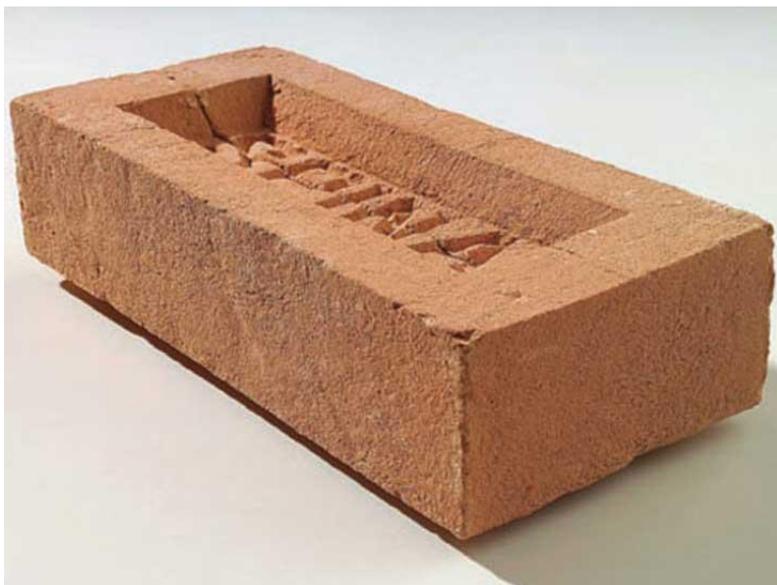


Figura 45 – Tijolo de barro maciço.
Fonte: www.portaldaconstrucaoereforma.com.br

Os tijolos foram assentados, com argamassa de assentamento, na proporção 2 : 2 : 1 : 1 (areia média : areia grossa : cal : cimento) (Figura 46), e no centro uma coluna de concreto foi confeccionada com o mesmo traço utilizado nos baldrames (Figura 47).



Figura 46 – Assentamento dos tijolos.
Fonte: Arquivo pessoal



Figura 47 – Coluna confeccionada no centro da parede com o mesmo traço utilizado nos baldrames.

Fonte: Arquivo pessoal

Conforme demonstrado na Figura 48, a parede 1, na qual a viga baldrame não recebeu tratamento impermeabilizante, foi executada com três fiadas (fileira horizontal de tijolo) de tijolo de barro de 9 furos; a parede 2, onde a viga baldrame também não recebeu tratamento impermeabilizante, foi executada com sete fiadas de tijolo de barro maciço; a parede 3, onde o baldrame recebeu a aplicação de produtos impermeabilizantes como já mencionados anteriormente, foi confeccionada com sete fiadas de tijolo de barro maciço; a parede 4, onde a viga baldrame recebeu a aplicação dos mesmos produtos impermeabilizantes da viga 3, foi confeccionada com três fiadas de tijolo de barro de 9 furos; e a parede 5, na qual o baldrame recebeu aplicação da argamassa impermeabilizante Vedacit e da tinta asfáltica Neutrol, foi executada com três fiadas de tijolo de barro de 9 furos. Em todas as paredes foi confeccionada uma coluna na região central, sendo, para isso, utilizado o mesmo traço de concreto usado na execução das viga baldrames.



Figura 48 - Paredes e tipos de tijolos utilizados no ensaio.

(1 – baldrame sem impermeabilização, executada com tijolo de barro de 9 furos; 2 – baldrame sem impermeabilização, executada com tijolo de barro maciço; 3 – baldrame recebeu aplicação de Vedacit e Vedatop, executada com tijolo de barro maciço; 4 – baldrame recebeu aplicação de Vedacit e Vedatop, executada com tijolo de barro de 9 furos; 5 – baldrame recebeu aplicação de Vedacit e Neutrol, executada com tijolo de barro de 9 furos)

Fonte: Arquivo pessoal

Para uma melhor observação dos efeitos da umidade e da funcionalidade dos produtos impermeabilizantes utilizados, as paredes receberam uma camada de reboco na proporção 4:1:1 (areia fina : cal : cimento) em uma das metades e também uma demão de tinta látex pva fosco sobre o reboco (Figura 49).

Na argamassa de assentamento dos tijolos e no reboco, não foram utilizados impermeabilizantes em sua composição, uma vez que a finalidade do experimento é verificar a ascensão da água do solo, que será mantido úmido durante todo o período em que o experimento estiver sendo conduzido (Figura 50), com o objetivo de forçar o surgimento de umidades, e verificar a eficácia dos produtos dentro do tempo em que o estudo for realizado. A adição de água deu início no dia 30 de Abril de 2017 e será mantido o solo úmido durante 24 horas com adição média de duas vezes por dia.



Figura 49 - Protótipos de parede finalizados desenvolvidos para a condução do experimento. (1 – baldrame sem impermeabilização, 3 fiadas de tijolo de barro de 9 furos e reboco sem impermeabilização em uma das metades da parede; 2 – baldrame sem impermeabilização, 7 fiadas de tijolo de barro maciço e reboco sem impermeabilização em uma das metades da parede; 3 – baldrame com utilização de Vedacit e Vedatop, 7 fiadas de tijolo de barro maciço e reboco sem impermeabilização em uma das metades da parede; 4 – baldrame com utilização de Vedacit e Vedatop, 3 fiadas de tijolo de barro de 9 furos e reboco sem impermeabilização em uma das metades da parede; 5 – baldrame com utilização de Vedacit e Neutrol, 3 fiadas de tijolo de barro de 9 furos e reboco sem impermeabilização em uma das metades da parede).

Fonte: Arquivo pessoal



Figura 50 – Água sendo adicionada no solo próximo aos protótipos.

Fonte: Arquivo pessoal

Os protótipos ficaram em um abrigo coberto durante o tempo do experimento, protegidos da chuva (Figura 51), que poderia atrapalhar a verificação do fenômeno, causando outro tipo de umidade, nesse caso, o da umidade de infiltração, o que não é desejado.



Figura 51 – Abrigo coberto para proteção dos protótipos.
Fonte: Arquivo Pessoal

4.3 Verificações Preliminares

4.3.1 Verificação após 4 semanas

No dia 31 de maio de 2017, após 30 dias de experimento, com a adição de água duas vezes por dia ininterruptamente, observou-se que uma linha de elevação da umidade foi verificada nas bases dos protótipos 1 (Figura 52) e 2 (Figura 53), que não receberam impermeabilização.



Figura 52 – Linha de ascensão da umidade no protótipo 1.
Fonte: Arquivo pessoal



Figura 53 – Linha de ascensão da umidade no protótipo 2.
Fonte: Arquivo pessoal

Os protótipos de número 3 (Figura 54), 4 (Figura 55) e 5 (Figura 56) não apresentaram sinais de elevação da umidade em suas bases, mostrando que até a data do registro, os produtos impermeabilizantes se mostraram eficientes.



Figura 54 – Base do protótipo 3.
Fonte: Arquivo pessoal



Figura 55 – Base do protótipo 4.
Fonte: Arquivo pessoal



Figura 56 – Base do protótipo 5.
Fonte: Arquivo pessoal

4.3.2 Verificação após 12 semanas

No dia 29 de Julho de 2017, passadas 12 semanas após o início do experimento, pode-se observar que a base dos protótipos 1 (Figura 57) e 2 (Figura 58) apresentam sinais de saturação por água proveniente do solo ao redor, o qual foi mantido úmido durante esse tempo. Já a base dos protótipos 3, 4 e 5 (Figuras 59 e 60) não apresentam sinais de ascensão da água nesses elementos, concluindo que até o presente momento os produtos utilizados estão fazendo o efeito esperado, que é o de impedir o aparecimento de umidade nessa área.



Figura 57 – Base do protótipo 1 após 12 semanas.
Fonte: Arquivo pessoal



Figura 58 – Base do protótipo 2 após 12 semanas.
Fonte: Arquivo pessoal



Figura 59 – Base dos protótipos 3 e 4 após 12 semanas.
Fonte: Arquivo pessoal



Figura 60 – Base do protótipo 5 após 12 semanas.
Fonte: Arquivo Pessoal

4.3.3 – Verificações Adicionais

Nesta etapa, No dia 14 de Agosto de 2017, o fornecimento de água na base dos protótipos foi interrompido, e após uma semana o solo já estava completamente seco (Figura 61), estimulado pela baixa umidade relativa do ar verificada nesses dias. Após 3 semanas sem contato com a água, no dia 6 de Setembro de 2017, foi constatada uma pequena formação de sais na base da coluna do protótipo de número dois, se tratando do surgimento de eflorescência devido à presença de sais na composição dos materiais utilizados, como pode ser verificado nas Figuras 62 e 63.

Nos demais protótipos nenhuma outra diferença foi notada, além do desaparecimento das linhas de umidade nos protótipos 1 e 2 verificadas anteriormente e os protótipos de número 3, 4 e 5 permaneceram inalteradas suas características, demonstrando que até esta etapa os materiais que foram utilizados na impermeabilização estão mostrando resultados satisfatórios.



Figura 61 – Solo completamente seco em volta dos protótipos.
Fonte: Arquivo Pessoal



Figura 62 – Eflorescência formada na base do protótipo 2.
Fonte: Arquivo Pessoal



Figura 63 – Demonstração dos sais formados.
Fonte: Arquivo Pessoal

4.3.4 Verificações finais

No dia 15 de Outubro de 2017, foi anotada a última verificação referente ao comportamento dos protótipos submetidos a exposição de suas bases ao contato com o solo úmido para verificação da eficácia dos produtos impermeabilizantes utilizados e também o comportamento quando não são utilizados esses produtos.

Os protótipos 1 (Figura 64) e 2 (Figura 65), que não receberam tratamento com produtos impermeabilizantes, permaneceram com suas bases saturadas com água, e os protótipos 3 e 4 (Figura 66) e também o de número 5 (Figura 67), permaneceram inalteradas suas características.



Figura 64 – Protótipo 1 na verificação final
Fonte: Arquivo Pessoal



Figura 65 – Protótipo 2 na verificação final
Fonte: Arquivo Pessoal



Figura 66 – Protótipos 3 e 4 na verificação final
Fonte: Arquivo Pessoal



Figura 67 – Protótipo 5 na verificação final
Fonte: Arquivo Pessoal

Com isso, se conclui que os produtos impermeabilizantes para estruturas aqui utilizados, e já especificados anteriormente, se mostraram eficazes quando aplicados de acordo com as especificações do fabricante. Não foram encontrados estudos referentes à vida útil desses produtos, quando submetidos a situações de extrema exposição dos elementos ao contato com a umidade do solo. A falta de atenção e experiência dos profissionais responsáveis quando da utilização e aplicação desses produtos, se mostra na maioria da vezes, a grande causa do aparecimento de anomalias, mesmo em obras onde os elementos de fundação receberam o tratamento com os produtos impermeabilizantes utilizados nesse experimento.

A correta utilização depende da conscientização e treinamento dos operários incumbidos dessa etapa tão importante para uma obra, que não tem um custo elevado, e pode dar um tempo de vida muito maior para uma construção. Atualmente os profissionais de engenharia civil tem dado maior importância quanto às questões relacionadas à impermeabilização, o que não se via até pouco tempo atrás, quando sua realização era facultativa e hoje se mostra como sendo de muita importância, revelando-se no grande número de cursos de especialização na área disponíveis no mercado que podem ser encontrados.

No Quadro 1, a seguir, é mostrado um resumo de como foi conduzido o experimento, verificações anotadas e uma sucinta conclusão.

Quadro 1: Resumo dos resultados durante o experimento

Protótipo	Detalhes construtivos	Impermeabilizantes utilizados	Data início	Verificação 1 31/05/2017	Verificação 2 29/07/2017	Verificação 3 06/09/2017	Verificação 4 15/10/2017	Conclusão
	baldaime em concreto taço 3.1.1 (areia-pedra-cimento) parede: 3 fadas de tijolo cerâmico de 9 furos, uma coluna de concreto no centro e reboco normal revestindo metade da parede	sem adição de produtos impermeabilizantes	30 Abril 2017	foi verificada uma linha de ascensão da umidade nos dois lados da base do baldaime	baldaime visivelmente saturado de umidade em ambos os lados	com a suspensão da água, o solo ficou totalmente seco e o baldaime também perdeu a umidade que lhe era aparente	com o retorno da adição de água o baldaime novamente ficou totalmente úmido	Durante o período em que se realizou o estudo experimental, notou-se a grande quantidade de água que se acumulou nos elementos que não receberam aplicação de impermeabilizantes (protótipos 1 e 2). Nos protótipos 3,4 e 5 evidentemente tratados com os produtos impermeabilizantes, sendo estes aplicados segundo orientação dos fabricantes não foram observados sinais de umidade nos elementos expostos à ação da água. Os produtos utilizados, se mostraram eficientes durante o período do experimento e a observação dos elementos que não receberam tratamento, mostraram a importância de se atentar para esta etapa da obra para se conseguir uma vida útil bem maior para o empreendimento
	baldaime em concreto taço 3.1.1 (areia-pedra-cimento) parede: 7 fadas de tijolo de barro maciço, uma coluna de concreto no centro e reboco normal revestindo metade da parede	sem adição de produtos impermeabilizantes	30 Abril 2017	foi verificada uma linha de ascensão da umidade nos dois lados da base do baldaime	baldaime visivelmente saturado de umidade em ambos os lados	fornecimento de água suspenso, o solo ficou seco e também o baldaime. Foi anotado o surgimento de pequena eflorescência em um dos lados do baldaime	com o retorno da adição de água o baldaime novamente ficou totalmente úmido	
	baldaime em concreto taço 3.1.1 (areia-pedra-cimento) parede: 7 fadas de tijolo de barro maciço, uma coluna de concreto no centro e reboco normal revestindo metade da parede	no baldaime uma camada de 1,5 cm de argamassa com aditivo impermeabilizante - Vedatop, mais três demãos cruzadas de argamassa polimérica - Vedatop. os demais elementos não receberam adição de impermeabilizantes	30 Abril 2017	não foi anotada presença de umidade em nenhum dos lados do baldaime	baldaime manteve a integridade, não apresentando sinais de ascensão da água através de seus elementos	o fornecimento de água foi suspenso, fazendo com que o solo secasse completamente, não sendo observadas alterações na face do baldaime	na base do protótipo (baldaime), as características peem aneocem inalteradas quanto à observação da umidade ascendente do solo	
	baldaime em concreto taço 3.1.1 (areia-pedra-cimento) parede: 3 fadas de tijolo cerâmico de 9 furos, uma coluna de concreto no centro e reboco normal revestindo metade da parede	no baldaime uma camada de 1,5 cm de argamassa com aditivo impermeabilizante - Vedatop, mais três demãos cruzadas de argamassa polimérica - Vedatop. os demais elementos não receberam adição de impermeabilizantes	30 Abril 2017	não foi anotada presença de umidade em nenhum dos lados do baldaime	baldaime manteve a integridade, não apresentando sinais de ascensão da água através de seus elementos	o fornecimento de água foi suspenso, fazendo com que o solo secasse completamente, não sendo observadas alterações na face do baldaime	na base do protótipo (baldaime), as características peem aneocem inalteradas quanto à observação da umidade ascendente do solo	
	baldaime em concreto taço 3.1.1 (areia-pedra-cimento) parede: 3 fadas de tijolo cerâmico de 9 furos, uma coluna de concreto no centro e reboco normal revestindo metade da parede	no baldaime uma camada de 1,5 cm de argamassa com aditivo impermeabilizante - Vedatop, mais duas demãos de tinta artilica - Nautrol. os demais elementos não receberam adição de impermeabilizantes	30 Abril 2017	não foi anotada presença de umidade em nenhum dos lados do baldaime	baldaime manteve a integridade, não apresentando sinais de ascensão da água através de seus elementos	o fornecimento de água foi suspenso, fazendo com que o solo secasse completamente, não sendo observadas alterações na face do baldaime	na base do protótipo (baldaime), as características peem aneocem inalteradas quanto à observação da umidade ascendente do solo	

5. CONCLUSÃO

Embora a infiltração se caracterize como uma das patologias da área da construção civil em que há diversos estudos que abordam sua origem e a forma de preveni-la, esta ainda se constitui em um problema que ocorre com grande frequência, tanto em obras construídas recentemente como naquelas com alguns anos de existência. Inúmeros são os fatores que podem ser associados para resolver este problema; entre estes, destacam-se a resistência dos profissionais e proprietários em relação à aplicação do sistema de impermeabilização no momento da edificação da obra; a falta de planejamento; e a utilização de produtos inadequados e de mão-de-obra não qualificada.

Especificamente em relação à prevenção da infiltração, é de conhecimento dos profissionais da área que tal medida, além de possibilitar uma maior vida útil da obra, impede ou limita o surgimento de desconfortos aos moradores, incluindo-se nesse sentido o gasto financeiro. É importante se ter claro que recuperar uma obra com problemas de infiltração é bem mais dispendioso do que realizá-la no momento da edificação. Portanto, a consciência da prevenção deve ser inerente ao profissional da engenharia civil. Outro aspecto que também se deve levar em conta é o tempo gasto com a recuperação da obra, o que também se constitui em incômodo.

Com relação à umidade ascensional, a análise experimental mostrou que os produtos mais comuns utilizados na sua prevenção são eficazes quando empregados de acordo com a orientação do fabricante, e que o custo é muito baixo, se comparado com posteriores intervenções quando este não for executado ou se for, não sendo de forma adequada. E os métodos de tratamento são bastante complexos como mostrado neste trabalho.

6 – BIBLIOGRAFIA

ABNT NBR 9575/2010 – **Impermeabilização – Solução e Projeto**, Rio de Janeiro 2010, disponível em <<https://docslide.com.br/documents/nbr-9575-2010.html>>, acesso em 13/09/2017 às 22:00 h.

CABAÇA, S.C. – **Humidade Ascendente em Paredes de Edifícios Antigos: processos de reabilitação e prevenção**. (S.1.), 2002. Disponível em: <www.passeidireto.com/arquivo/1182866/humidade-ascendente-em-edificios-antigos>. Acesso em 26/05/2017 às 13:00 h.

FREITAS, V.P.; TORRES, M.I.; GUIMARÃES, A.S. **Humidade Ascensional**. 1 Ed. Porto – FEUP, 2008

HENRIQUES, F.M.A. **Humidade em Paredes**. 4. Ed. Lisboa – LNEC, 2007.

LERSCH, Inês M. **Contribuição Para a Identificação dos Principais Fatores de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre**. Porto Alegre. 2003. 180 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

MAGALHÃES, D.T. **Inspeção, Diagnóstico e controle da ascensão capilar de águas do terreno pelas alvenarias: aplicação na igreja Cidadelhe**. 2008. 209 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Trás-os-montes e Alto Douro, Vila Real, 2008.

ROCHA, R.; PIRES, H. S. **MINIDICIONÁRIO DA LINGUA PORTUGUESA RUTH ROCHA**, 13 ed., São Paulo, 2008.

RODRIGUES, J.C.M – **Umidade Ascendente em paredes internas: avaliação de desempenho de bloqueadores químicos**. Trabalho de Diplomação (Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SANTOS, F. et al. **A Humidade na Construção** – Formas, causas e prevenção. Projeto FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Lisboa, 2012. Disponível em: <http://paginas.fe.up.pt/~projfeup/cd_2012_13/files/REL_12MC06_0>. Acesso em : 20/05/2017 às 22:00h.

SOUZA, M.F. – **Patologias Ocasionadas pela Umidade nas Edificações**. 2008. 64 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

ULSAMER, F. – **A Humidade na Construção Civil**, 2ª edição. Lisboa: CETOP, 1975.

VERÇOSA, E.J. - **Patologia das Edificações**. 1 ed. Porto Alegre: Sagra, 1991.

<<http://demonstracoes.fisica.ufmg.br/demo/34/2A20.10-Tubos-capilares>> -
Acesso em 07 06 2017 às 22:50 h.

<www.aecweb.com.br/cont/m/rev/impermeabilizantes-rigidos-ou-flexiveis>.
Acesso em 13 09 2017 às 08:00 h.

<www.ceramicaatlanta.com.br/categorias/tijolos.html>. Acesso em 07 06 2017 às 10:47 h.

<www.portaldaconstrucaoereforma.com.br/tijolo_de_barro/73>. Acesso em 07 06 2017 às 10:55 h.

<www.vedacit.com.br/produtos>. Acesso em 13/05/2017 às 08:00 h.

<www.engenhariacivil.com/dicionario/criptoflorescencia>. Acesso em 21/08/2017 às 14:00h.