

APLICAÇÃO DE IMPERMEABILIZANTES FEITOS DE REJEITOS DE EPS COM PROPRIEDADES FUNGICIDAS EM TELHAS CERÂMICAS

Manuela Nasciutti Gontijo 1 (Centro Universitário Planalto do Distrito Federal - UNIPLAN)

E-mail: manuelagontijouniplan@gmail.com

Resumo: Neste trabalho objetivou-se identificar um novo material a ser aplicado em materiais da construção civil de forma prática, econômica e eficiente, proporcionando uma redução da permeabilidade das superfícies de telhas cerâmicas, reduzindo assim a degradação dessas superfícies e introduzindo a esse material propriedades fungicidas. De forma geral: a) desenvolver um material que não modifique o aspecto visual das telhas cerâmicas; b) obter uma nova tecnologia utilizando polímeros reciclados, afim de contribuir com a humanidade a respeito do meio ambiente. Atualmente o poliestireno expandido (EPS) tem larga utilização na indústria, é um material que apresenta características importantes como baixa absorção de água, é inócuo, ou seja, não constitui substrato para a proliferação de microorganismos e é resistente ao envelhecimento. Porém seu descarte pode ser nocivo ao meio ambiente. A reciclagem é limitada e existe a necessidade de se desenvolver novas aplicações para estes rejeitos. A pesquisa foi desenvolvida utilizando-se corpos de prova de telhas cerâmicas. O tratamento, visando à diminuição da permeabilidade, foi realizado pela imersão desses corpos de prova em três soluções distintas de EPS diluído em Acetato de Etila, preparadas em laboratório. Foram preparadas três soluções de impermeabilizantes na proporção de 12%, 16% e 20% p/v no solvente. Ao melhor impermeabilizante produzido dentre essas três soluções, preparou-se três impermeabilizantes fungicidas cúpricos na proporção de 0,04 a 0,5% p/v de cobre(II) na solução do impermeabilizante. Foi avaliada a eficiência do tratamento na redução da permeabilidade das telhas cerâmicas tomando-se como referência a norma NBR 8492:2012. Foram realizados ensaios de absorção de água, verificação da absorbância em Espectrofotometria na região do UV-Visível, ensaio térmico de Análise Termogravimétrica e crescimento biológico na superfície dos corpos tratados e não tratados. Os resultados foram promissores mostrando uma redução significativa da permeabilidade à água, e também diminuição da proliferação de fungos na superfície das telhas cerâmicas tratadas com o impermeabilizante produzido por rejeitos de EPS.

Palavras-chave: Impermeabilizante, EPS, Polímero reciclado, Fungicida.

APPLICATION OF WATERPROOFING WATERPROOFERS OF EPS WITH FUNGICIDAL PROPERTIES ON CERAMIC TILES

Abstract: In this work we aimed to identify a new material to be applied to building materials in a practical, economical and efficient manner, providing a reduction of the permeability of the ceramic tile surfaces, thus reducing the degradation of these surfaces and introducing to that material fungicidal properties. In general: a) develop a material that does not modify the visual appearance of ceramic tiles; b) to obtain a new technology using recycled polymers, in order to contribute to humanity with respect to the environment. Currently expanded polystyrene (EPS) is widely used in industry, it is a material that exhibits important characteristics such as low water absorption, is innocuous, that is, it does not constitute a substrate for the proliferation of microorganisms and is resistant to aging. However its disposal can be harmful to the environment. Recycling is limited and there is a need to develop new applications for these wastes. The research was developed using test tiles of ceramic tiles. The treatment, aiming at the decrease of the permeability, was carried out by immersion of these specimens in three different solutions of EPS diluted in Ethyl Acetate, prepared in the laboratory. Three waterproofing solutions were prepared in the proportion of 12%, 16% and 20% w / v in the solvent. To the best waterproofing produced among these three solutions, three copper fungicidal waterproofing agents were prepared in the proportion of 0.04 to 0.5% w / v copper (II) in the waterproofing solution. The efficiency of the treatment in the reduction of the permeability of the ceramic tiles was evaluated, taking as reference the standard NBR 8492: 2012. Water absorption, spectrophotometry in the UV-visible region, thermogravimetric analysis and biological

growth on the surface of the treated and untreated bodies were performed. The results were promising, showing a significant reduction in water permeability, as well as a decrease in the fungus proliferation on the surface of the ceramic tiles treated with the waterproofing produced by EPS rejects.

Keywords: Waterproofing, EPS, Recycled Polymer, Fungicide

1. INTRODUÇÃO

1.1 Telhas Cerâmicas

As telhas de cerâmica são os modelos mais tradicionais e utilizados há mais tempo na construção civil. Segundo Spader (2009), há aproximadamente 2000 anos já existiam no Brasil populações que viviam próximas a rios e fabricavam produtos cerâmicos como potes, baixelas e outros artefatos.

Para Pavanelli (2013), as telhas cerâmicas apresentam diversas vantagens, como a boa relação custo-benefício, boa durabilidade e resistência mecânica, adaptação a diferentes tipos de climas, bom isolamento termoacústico e grande diversidade em cores.

A telha cerâmica é mais utilizada em residências (Figura 1.1), pois é mais facilmente encontrada no comércio, além de apresentar um melhor conforto térmico que as demais.

Esse tipo de telha também absorve com maior facilidade a umidade e, entre as várias opções, as telhas esmaltadas oferecem maiores benefícios, como boa durabilidade, resistência e um melhor suporte à umidade, impedindo a formação de fungos e bolor.

As telhas são materiais de cobertura com formas que se classificam em: planas ou francesas, com seção transversal curva (coloniais, portuguesas e árabes) e planas tipo escama. As telhas devem atender aos seguintes requisitos. (JORGE DE BRITO, 2001).

- Apresentar estrutura homogênea, granulação fina e não conter na sua massa grãos de pirita e de cal;
- Não apresentar manchas ou eflorescências;
- Ter cantos vivos;
- Ter um som claro;
- Não ter irregularidades de forma;
- Ter baixa permeabilidade;
- Ser resistente à flexão;

A NBR-7172 da ABNT especifica a telha plana francesa nos seguintes requisitos:

- Massa – A massa seca máxima deve ser 3,3Kg;
- Absorção d'água – a absorção máxima deve ser de 20%;
- Dimensões nominais – NBR-8038 com tolerância de 2% nas dimensões
- Quantidade de telhas por m².

Para a montagem de um telhado com telhas cerâmicas é preciso colocar as telhas no sentido do beiral para a cumeeira, além de observar a direção dos ventos dominantes, a fim de evitar o arranque das peças da cumeeira (MIRANDA CORRÊA, 2002).



Figura 1.1: Telhas cerâmicas. Fonte: Carimbos Cerbisoriani 2017

1.2 Causas naturais da deterioração de telhas cerâmicas.

Devido a trabalhabilidade e movimentação das estruturas na construção civil, causas naturais são aquelas inerentes ao próprio material. Que não é resultado de falhas humanas ou de equipamentos.

As Ações físicas são (SILVA, 2002):

- * Gravidade
- * Variações de temperatura
- * Temperaturas extremas
- * Vento (pressão, abrasão, vibração)
- * Presença da água (chuva, neve, umidade do solo,...)
- * Efeitos diferidos (retracção fluência, relaxação)

As Ações Químicas são (SILVA, 2002):

- * Oxidação
- * Carbonatação
- * Presença de água
- * Presença de sais
- * Chuva ácida
- * Reações eletroquímicas
- * Radiação solar (ultra-violetas)

As Ações Biológicas são (SILVA, 2002):

- * Vegetais (raízes, trepadeiras, líquenes, bolores, fungos)
- * Animais (vermes, roedores, pássaros)

Outros agentes biológicos como cupins e formigas também podem ser particularmente danosos aos materiais cerâmicos, alterando seu comportamento dinâmico ou diminuindo a capacidade de resistência.

1.3 Revestimentos Protetores

Segundo Silva (1995), os revestimentos protetores de materiais para construção civil podem ser empregados com o objetivo de: proteger e aumentar a vida útil desses materiais em ambientes cada vez mais agressivos, evitando a penetração de água, vapor de água, CO₂, O₂ e Cl; permitir maior liberdade de criação arquitetônica; reparar, restaurar ou melhorar o desempenho dos mesmos.

A escolha do revestimento protetor de superfície dever ser feita cuidadosamente, observando sua capacidade de resistir à absorção de água; a profundidade de penetração no substrato; a aptidão em ser refeito em intervalos regulares; sua estabilidade em longo prazo, em meio ácido e alcalino; estabilidade de cor; se não manchará o material tratado. Há basicamente dois tipos de revestimentos protetores, que não alteram muito o aspecto superficial natural desses materiais: revestimentos hidrófugos ou repelentes, e revestimentos impermeabilizantes seguindo a norma NBR 15575:2013 (sistema de cobertura).

A impermeabilização é de fundamental importância na durabilidade dos materiais, pois agentes trazidos através da água e os poluentes existentes no ar causam danos irreversíveis às estruturas além de prejuízos financeiros difíceis de serem controlados. Segundo Righi (2009) sistemas impermeabilizantes apresentam uma infinidade de aplicações, com destaque para uma grande área da construção civil, onde a principal função é proteger as edificações dos malefícios causados por infiltrações, eflorescências e vazamentos. A impermeabilização ainda representa uma das principais preocupações para o setor da construção civil, devido os efeitos negativos causados nas edificações. É um problema que está fora do nosso alcance visual e que se negligenciada ou feita sem um material adequado pode causar muitos danos, dentre eles podemos destacar as doenças respiratórias causadas por mofo e bolores gerados em superfícies úmidas. Segundo Righi (2009) a desinformação sobre as técnicas e materiais para impermeabilização são os principais problemas, acarretando em insucessos durante os processos. Muitas construtoras só dedicam atenção a impermeabilização ao final da obra obtendo diversos prejuízos. Por não haver previsão nos detalhes e improvisos geram-se diversas falhas.

Os impermeabilizantes exigem substrato homogêneo e liso, com poros com abertura menor ou igual a 0,1mm. Para que a interação telha/impermeabilizante seja boa, o substrato (telha) deverá apresentar-se limpa e seca. (JORGE DE BRITO, 2001).

1.4 Poliestireno Expandido

É um tipo de polímero sintético e pertencente a classe dos polímeros termoplásticos que em seu processo de polimerização une sucessivas moléculas do seu monômero estireno, como mostrado na Figura 1.3.

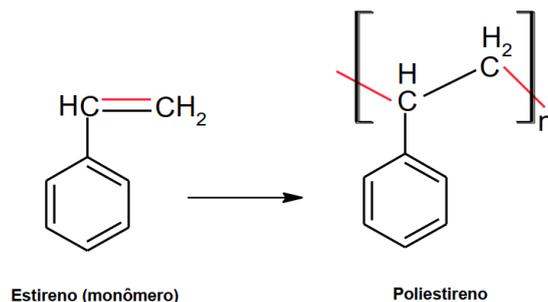


Figura 1.3 – Processo de polimerização do poliestireno – Fonte: autora

O Poliestireno Expandido (EPS), é um material internacionalmente aplicado de acordo com a definição da norma DIN ISSO 1043/78. O material foi descoberto em 1949 pelos químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz, quando trabalhavam nos laboratórios da Basf, na Alemanha. No Brasil, é mais conhecido como “Isopor®”, marca registrada da Knauf que designa, comercialmente, os produtos de Poliestireno expandido. (ABRAPEX, 2006)

O EPS é um plástico celular rígido, resultado da polimerização do estireno em água. O seu processo produtivo não utiliza e nunca utilizou o gás CFC ou qualquer um de seus substitutos. Como agente expensor para a transformação do EPS, emprega-se o pentano, um hidrocarboneto que se deteriora rapidamente pela reação fotoquímica gerada pelos raios solares, o que não compromete o meio ambiente.

O produto final são pérolas de até 3 milímetros de diâmetro, que se destinam a expansão. No processo de transformação, essas perolas aumentam em até 50 vezes o seu tamanho original, por meio do vapor, fundindo-se e moldando-se em formas diversas.

Expandidas, as pérolas apresentam em seu volume até 98% de ar e apenas 2% de poliestireno. Em 1m³ de EPS expandido, por exemplo, existem de 3 a 6 bilhões de células fechadas e cheias de ar. Os produtos finais de EPS, são inodoros, não contaminam o solo, água e ar, são 100% reaproveitáveis e recicláveis e podem voltar à condição de matéria-prima.

No Brasil a construção civil, no processo produtivo, ainda é muito artesanal tornando-a diferente dos outros processos industriais. Com isso a padronização dos procedimentos é complicada, para minimizar tal dificuldade as empresas estão buscando novos métodos construtivos com novos equipamentos, materiais e técnicas e graças aos avanços tecnológicos novos processos de construção vem sendo desenvolvidos (FREITAS, FIGUEREDO, CARDOSO 2014).

O EPS tem inúmeras aplicações em embalagens industriais, artigos de consumo – Caixas térmicas, pranchas, porta-gelo e Agricultura. É na construção civil, porém, que sua utilização é mais difundida, por ser um material isolante, resistente e de extrema leveza. (ABRAPEX, 2006)

Vantagem: Baixa Condutividade térmica, Baixo Peso, Resistência Mecânica, Baixa Absorção de Água, Facilidade de Manuseio, Versatilidade, Resistência ao Envelhecimento, Absorção de Choques, Resistência a compressão.

1.4.1 Uso do EPS na construção Civil

Durante muito tempo o EPS foi tido como um vilão por ser impermeável e resistente. Assim que descartado pelas ruas acaba entupindo bueiros e ao chegar a rios e

mares, geralmente, é confundido como alimento pelos animais causando suas mortes, e justamente por essas características indesejáveis o EPS ganhou espaço na construção civil. (GONZAGA, 2015)

Para utilizar o EPS na construção civil, existem algumas referências normativas que respaldam a sua utilização, como:

NBR 11752 – Materiais celulares de polietileno para isolamento térmico na construção civil e câmeras frigoríficas.

NBR 7973 – Determinação de absorção d'água – Método de Ensaio.

NBR 8081 – Permeabilidade ao vapor d'água – Método de Ensaio.

NBR 8082 – Resistência a compressão – Método de Ensaio.

NBR 10411 – Inspeção e amostragem de isolantes térmicos – Procedimentos.

NBR 11948 – Ensaio de flamabilidade – Método de Ensaio.

NBR 11949 – Determinação da massa específica aparente – Método de Ensaio.

NBR 12094 – Determinação da condutividade térmica – Método de ensaio.

ASTM C-203 – Test method for breaking load and flexural properties of block-type thermal insulation. (ABRAPEX, 2006)

A espuma rígida de poliestireno é comprovadamente um material isolante. Sem ele, os países mais desenvolvidos não conseguiriam projetar empreendimentos tão bons em termos de economia de energia. Nas últimas 35 anos, o material ganhou uma posição estável na construção civil, não apenas por suas características isolantes, mas também por sua leveza, resistência, facilidade de manuseio e baixo custo.

O EPS é um material plástico na forma de espuma com micro células fechadas, composto basicamente de “vazios” contendo ar, na cor branca, inodoro, reciclável, não-poluente e fisicamente estável. Com essas características, é um material isolante da melhor qualidade nas temperaturas de - 70° a 80° Celsius.

Resistente, fácil de recortar, leve e durável, é o melhor material para preenchimento de rebaixos ou vazios necessários a vários processos construtivos, principalmente lajes e painéis pré-fabricados ou semi-industrializados. Pelas mesmas qualidades pode ser a solução para aterros estáveis sobre solos frágeis.

Para melhor entender sua eficiência na construção, o EPS é um material que pesa entre 13 a 25 kg/m³, e tem uma resistência à compressão de 1 a 2 kg/cm². Valores estes comprovados há décadas em países industrializados, da Europa à América do Norte, do Oriente à Oceania, lembrando que existem vários modelos do material com densidades diferentes para atender necessidades específicas.

Se descartado de forma errada o EPS traz danos imensuráveis a natureza, entretanto ele é totalmente reciclável. As vantagens na construção civil são muitas como, por exemplo, isolante térmico e acústico, resistente, durável, transporte fácil, impermeável, modelável (RODRIGUES, 2016).

1.4.2 Aspecto Ambiental

No que se refere aos efluentes líquidos e emissões atmosféricas, até o início dos anos 1990, o EPS apresentava problemas na questão ambiental quando se usava o

clorofluórcarbono (CFC-11) como agente de expansão. Desde que ficou comprovado que os hidrocarbonetos fluorados causavam danos à camada de ozônio da atmosfera, os produtores passaram a usar agentes de expansão alternativos. Atualmente, mais de 90% dos produtores utilizam o gás carbônico (dióxido de carbono) como agente de expansão. Também houve muitas discussões sobre o impacto, no meio ambiente, das embalagens e dos descartáveis de PS, tanto na sua produção quanto no seu descarte (Montenegro e Serfaty, 2003).

O EPS não contém qualquer produto tóxico ou perigoso para o ambiente ou para a camada de ozônio. O gás contido nas células é o ar. Cabe ainda ressaltar as características ecológicas do EPS: além de ser 100% reciclável e re-aproveitável, sua queima gera apenas gás carbônico e vapor de água, e quando depositado em aterros sanitários permanece inerte e não contamina o solo ou lençóis freáticos. Porém ocupa muito espaço nos aterros sanitários devido ao seu baixo peso específico (CATEP Arquitetura e Publicidade S/C Ltda).

O EPS por ser composto por 98% de ar e apenas 2% de polímero torna-se economicamente inviável para a reciclagem (re-processamento do produto para reaproveitá-lo como matéria-prima).

Convém mencionar que a reciclagem do EPS representa, no momento, uma potencialidade, pois atualmente é desprezível a participação do EPS reciclado em relação ao seu consumo, inclusive nos países desenvolvidos. Pode-se dizer que o mesmo acontece com o EPS (Montenegro e Serfaty, 2003).

Poucas experiências na tentativa de reciclar o EPS são conhecidas: Uma delas é aproveitar o EPS para substituir os agregados graúdos na fabricação de concreto leve (mistura de cimento, areia, cola e EPS). Outra forma é o aproveitamento no processo de compostagem: Após sua moagem pode ser aproveitado na aeração de solo, já que facilita a retenção de umidade e mantém a temperatura do mesmo. Todos os processos estão ainda em fase de pesquisa. (Prefeitura de Curitiba).

Vários estudos vem sendo feitos no sentido de criar sistemas impermeabilizantes feitos a partir de polímeros termoplásticos, destacando-se os estudos com poliestireno na forma expandida – EPS (AMIANTE, M.I., BOTARO, V.R., 2008) e a descoberta de um impermeabilizante com desempenho semelhante a de vernizes para madeira e cimento (CASTRO, M. R., 2004).

A norma ISO 14.000, que trata da qualidade ambiental, exige que todos os resíduos produzidos pelas indústrias fabricantes têm que ter uma destinação correta aos seus rejeitos. Indústrias que utilizam o EPS nas suas embalagens também poderão destiná-los à reciclagem, já que muitas delas não têm um descarte adequado para o produto. Exemplos de descarte não apropriado do EPS também são verificados na sociedade consumidora (seja dos produtos ou das embalagens fabricadas em EPS), principalmente em grandes centros urbanos.

1.5 Objetivo

Esta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de identificar um novo material a ser aplicado em materiais cerâmicos, em destaque, telhas cerâmicas, de forma prática, econômica e eficiente, afim de reduzir a permeabilidade das superfícies das telhas, reduzindo assim a degradação dessas superfícies e conseqüentemente aumentando a sua durabilidade.

Este trabalho tem como finalidade criar novas técnicas para o tratamento de superfícies de telhas cerâmicas, utilizando-se como impermeabilizante o EPS reciclado, solubilizado em Acetato de Etila. Objetiva-se a preservação das superfícies contra ataques físicos, químicos e biológicos, atribuindo a esse impermeabilizante funções fungicidas.

Viabilizar a limpeza e minimizar custos de manutenção e reparos são temas importantes e de grande relevância no que se refere ao aspecto econômico de materiais de construção civil.

2.0 METODOLOGIA

2.1 Preparo das Soluções de EPS para Impregnação

Para a solubilização do EPS foram utilizados a Acetona ((CH₃)₂CO), Cicloexano (CH₂(CH₂)₄CH₂) e Acetato de Etila (CH₃COOCH₂CH₃) com base nas indicações do “*Handbook of Polymers*” (2016).

Adotou-se o solvente Acetato de Etila. A escolha se deu por dois fatores:

1. Apresentar boa solubilidade do EPS, nenhuma formação de precipitado e boa transparência;
2. Conter um solvente de uso comercial e que tem um valor inferior ou equivalente aos outros dois.

2.2 Preparação e Impregnação dos Corpos de Prova

A seqüência de preparação dos corpos de prova das Telhas Cerâmicas (TC) e seus respectivos pontos de coleta de dados para o ensaio da cinética de absorção de água, pode ser descrita a seguir:

- As telhas foram colocadas em estufa à 110 C por 24 horas;
- Resfriou-se as telhas em dessecador 30 minutos em temperatura aproximada de 30 °C;
- Fez-se a imersão de pedaços cortados das telhas em 600 mL de solução de acetato de etila e 12% p/v de EPS, 16% p/v de EPS e 20% p/v de EPS por 30 minutos em temperatura ambiente.

Após a imersão as telhas foram secas à temperatura ambiente por 60 minutos.

Logo após a preparação dos corpos de prova, foram obtidas as telhas: TC (telha cerâmica sem tratamento), TC12% (telha cerâmica com 12% p/v EPS), TC16% (telha cerâmica com 16% p/v EPS) e TC20% (telha cerâmica com 20% p/v EPS).

Em seguida os corpos de prova foram pesados e imersos em água para o ensaio de cinética de absorção de água nos intervalos de tempo de 10, 30, 60, 180, 300 e 480 minutos, seguindo a norma NBR 8492:2012. Após a imersão em águas os corpos de prova foram pesados.

A solução do impermeabilizante 16% EPS, foi escolhida para o teste fungicida devido ao aspecto da sua viscosidade e resultados do ensaio cinético de absorção, sendo o de 12% com aspecto mais líquido e o de 20% com o aspecto mais denso, portanto a pesquisa do impermeabilizante com funções fungicidas, foi desenvolvida utilizando-se a solução de 16% EPS em Acetato de Etila.

A seqüência de preparação dos corpos de prova das Telhas Cerâmicas (TC) para imersão do impermeabilizante com partículas de cobre(II) e seus respectivos pontos de coleta de dados para o ensaio da cinética de absorção de água, seguindo a norma NBR 8492:2012, está descrita abaixo:

- Após serem secas em estufa e resfriadas em dessecador como a preparação anterior, fez-se a imersão de pedaços cortados das telhas em 600 mL de solução de acetado de etila e 16% p/v de EPS com 0,04% de Cu(II), 16% p/v de EPS com 0,24% de Cu(II) e 16% p/v de EPS com 0,5% de Cu(II) por 30 minutos em temperatura ambiente.

- Em seguida os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de cinética de absorção de água repetindo-se o mesmo tratamento das telhas cerâmicas sem adicional de cobre.

2.3 Identificação da Eficiência do Tratamento pela Cinética de Absorção de Água

Com o objetivo de se verificar a eficiência do tratamento, os dados obtidos da cinética de absorção de água potável foram transformados em gráficos. Nesse trabalho designou-se por curva de absorção de água potável aos valores obtidos pelo percentual de água absorvida pelos TC's, TC-16% e TC16-Cu's, em função do tempo de imersão (min), dada pela Equação (2.1):

$$\% \text{ de água absorvida} = \frac{m1 - m2}{m2} \times 100 \quad (2.1)$$

onde:

m1 = massa das TC's após imersão em água;

m2 = massa inicial das TC's.

A cinética de absorção de água foi realizada em todos os TC's e TC16-Cu's, originando curvas individuais de absorção de água. As curvas obtidas em todos os TC's e seus respectivos tratamentos individuais (total de 3 para 12%EPS, 16%EPS e 20%EPS) e TC16-Cu's (total de 3 para TC16-0,04Cu, TC16-0,24Cu, TC16-0,5Cu) foram tratadas estatisticamente e transformadas em curvas denominadas, neste trabalho, curvas médias de absorção de água potável, por tipo de tratamento, em função do tempo de imersão.

2.4 Identificação da Migração dos Íons Cobre ao Impermeabilizante através do Tratamento por Análise de Espectrofotometria Uv-Visível

A fim de se verificar se houve migração do cobre ao impermeabilizante feito de EPS 16%, foram realizadas análises de espectrofotometria na região do UV-visível. A determinação da migração do cobre ao impermeabilizante foi feita nas soluções de impermeabilizante 16%EPS, 16%EPS+0,04%Cu, 16%EPS+0,24%Cu, 16%EPS+0,5%Cu e uma solução padrão de 0,3% de Cu.

As medidas de absorbância foram lidas com intervalos de comprimentos de onda de 5nm, iniciando de 550nm a 800nm. (VOGEL, 2011).

2.5 Identificação da Eficiência do Tratamento pela Verificação de Crescimento Microbiológico

Realizou-se culturas de fungos nos seguintes corpos de prova: TC, TC16% EPS, TC16-0,04%Cu, TC16-0,24%Cu e TC16-0,5%Cu.

O procedimento para a cultura de fungos e preparação das placas de Petri é descrito a seguir:

1. Fez-se primeiramente o meio de cultura em placas de petri utilizando Agar Saboraud, depois de preparadas, colocou-se um fungo filamentososo produtor de pigmento.
2. Esperou-se a reprodução do mesmo para ser usado no ensaio.
3. Em seguida as telhas foram cortadas em pedaços de mesma dimensão e autoclavadas.

Após o preparo das telhas e dos meios de cultura dos fungos filamentosos, cada corpo de prova foi colocado em uma placa individual com a cultura do fungo, durante 10 dias.

3.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise da Eficiência do Tratamento pela Cinética de Absorção de Água

A eficiência do tratamento, nesse ensaio, será atestada verificando-se a redução da absorção de água pelos TC's, quando imersos em água.

A análise das curvas médias de absorção de água, nos gráficos das Figura 3.1, apresentam as curvas da TC sem tratamento e TC 16% EPS, e Figura 3.2, TC's com 12%, 16% e 20% EPS, observa-se que a cinética de absorção da água é grande nos primeiros minutos de imersão, normalizando-se ao longo do tempo, com tendência a estabilizar-se até a saturação total dos corpos de prova. Observa-se na Figura 3.1 que a permeabilidade da TC tratada com 16%EPS diminui de aproximadamente, 40% comparada com a TC sem tratamento.

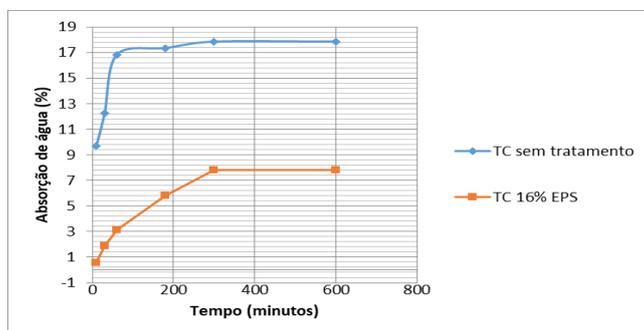


Figura 3.1: Curvas médias de absorção dos corpos de prova sem tratamento e 16%EPS.

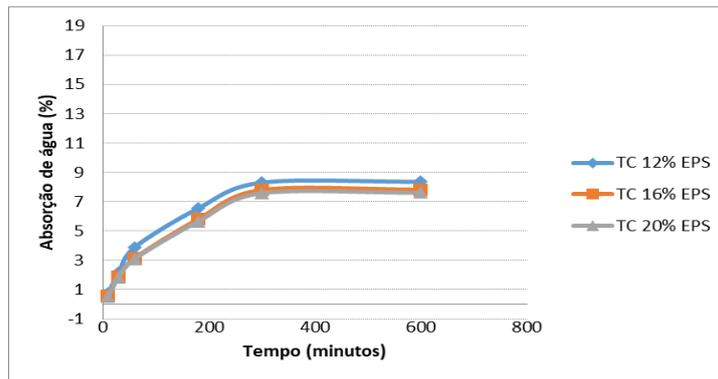


Figura 3.2: Curvas médias de absorção dos corpos de prova com tratamento de 12%, 16% e 20% EPS.

Observa-se na Figura 3.2 que a absorção de água das TC's tratadas é muito semelhante, concluindo que a eficiência do tratamento é constante para tais proporções de porcentagem de EPS dissolvidas no solvente.

Para as TC's 16% EPS tratadas com cobre(II), Figura 3.3, observa-se que com a presença do íon cobre no impermeabilizante, a permeabilidade das telhas diminui, o que nos indica uma hipótese de migração ou interação dos íons cobre à estrutura do polímero.

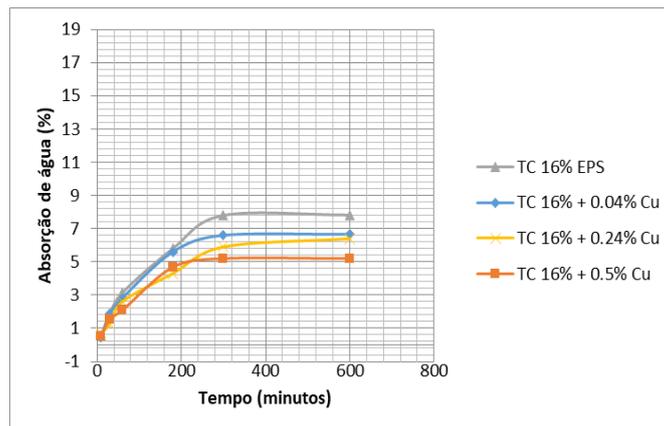


Figura 3.3: Curvas médias de absorção das TC's 16% EPS tratadas com 0,04% a 0,5% de cobre(II).

Portanto, fica evidente a eficiência da impregnação nas telhas cerâmicas.

De acordo com a figura 3.4, pode-se observar que após a imersão em água das telhas tratadas com cobre(II) houve uma mudança da coloração das mesmas, coloração esbranquiçada, o que as tornam menos atrativas comercialmente, com exceção da telha menor porcentagem de cobre, a TC 16%EPS + 0,04% de Cu, a qual verificamos que não houve mudança na coloração após imersão em água.



Figura 3.4: Aspecto visual das telhas sem tratamento, com 16%EPS, 16%EPS+ 0,04% de Cu, 16%EPS + 0,24% de Cu e 16%EPS + 0,5% de Cu, da esquerda para a direita, respectivamente.

3.2 - Verificação da Migração dos Íons Cobre ao Impermeabilizante através do Tratamento por Análise de Espectrofotometria Uv-Visível

Para a análise das curvas de absorbância das soluções de impermeabilizante tratadas com cobre, fez-se um estudo da absorbância de uma solução Cobre(II)/Acetato de Etila comparando-a à uma solução de 16%EPS (Figura 3.5).

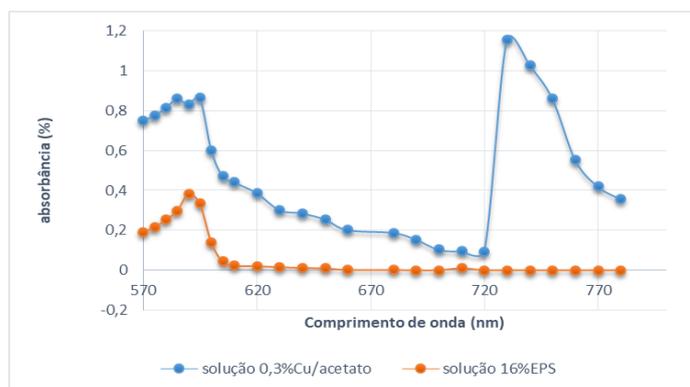


Figura 3.5: Curvas de absorbância das soluções 0,3% Cobre(II)/Acetato de Etila e 16%EPS.

De acordo com HARRIES (2000), os íons Cobre(II) apresentam uma absorção entre 700 a 800 nm o que pode ser verificado na Figura 3.5. Observa-se também que a solução de impermeabilizante 16%EPS não apresenta absorção nessa região.

Para as soluções de 16%EPS tratadas com íons cobre(II), observa-se a absorção uma banda de absorção nessa região menos acentuada (Figura 3.6).

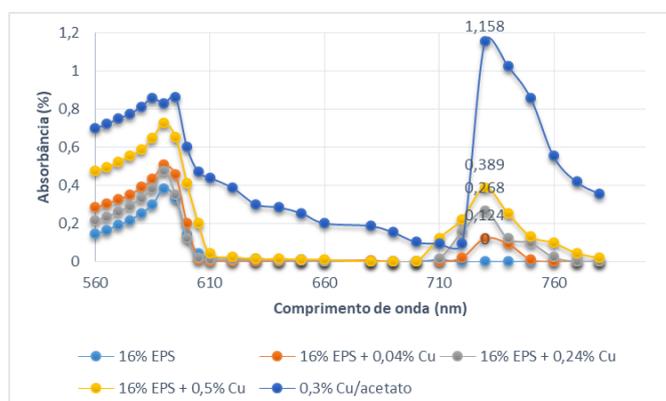


Figura 3.6: Curvas de absorbância das soluções 0,3% Cobre(II)/Acetato de Etila, 16%EPS e soluções tratadas de 0,04% a 0,5% com íons cobre(II).

Os ápices de absorção para as soluções tratadas com cobre(II) apresentam-se no mesmo comprimento de onda (730nm) e de acordo com o aumento da porcentagem de cobre na solução, observa-se também um aumento da absorbância neste comprimento de onda. Podemos concluir que há grande possibilidade de migração ou interação dos íons cobre à estrutura do polímero na solução.

3.3 Verificação da Eficiência do Tratamento pela Verificação de Crescimento Microbiológico

Os resultados dos testes de crescimento microbiológico foram verificados em 48 horas e em 07 dias após os corpos de prova tratados e não tratados serem expostos a fungos filamentosos de coloração branco amarelada, figuras 3.7, 3.8 e 3.9.

Após 48 horas de exposição, há uma grande diferença na proliferação do fungo na placa da telha não tratada e da telha tratada somente com 16% EPS. Percebe-se que mesmo com a ausência dos íons cobre(II), houve uma grande diminuição no crescimento dos fungos.

Observou-se claramente que há uma diminuição no crescimento do fungo filamentoso com o aumento da porcentagem de cobre nos corpos de prova tratados. A placa da telha cerâmica com tratamento de 16%EPS + 0,5% de Cu(II) não observa-se crescimento microbiológico.



Figura 3.7: Resultado o teste microbiológico da telha sem tratamento e telha 16%EPS após 07 dias.



Figura 3.8: Resultado do teste microbiológico da telha 16%EPS e da telha 16%EPS + 0,04% de Cobre após 07 dias.



Figura 3.9: Resultado do teste microbiológico da telha 16%EPS + 024% de cobre e da telha 16%EPS + 0,5% de Cobre após 07 dias.

Percebe-se que a telha sem tratamento (figura 3.7) comparada com a telha 16%EPS, há uma grande diferença na quantidade de fungos, percebe-se que na própria telha não há um grau de contaminação comparado à telha sem tratamento que foi coberta pelo microorganismo.

As telhas tratadas com cobre(II), figuras 3.8 e 3.9, demonstraram uma evidente diminuição da proliferação de fungo na própria placa, quanto maior a porcentagem de cobre(II) colocada no impermeabilizante, menor a proliferação do microorganismo nas placas, as quais também foram cobertas com o impermeabilizante com adicional de cobre.

3.4 Resultado do Ensaio Térmico por Análise Termogravimétrica (TG)

Para a caracterização térmica dos filmes produzidos e materiais puros foi realizada a análise termogravimétrica. A técnica permite observar as perdas de massa dos materiais produzidos e relacioná-las com as perdas de massa dos materiais puros.

Observa-se nas Figuras 3.10 e 3.11, que as degradações térmicas dos filmes feitos de 16%EPS puro e 16%EPS com adicional de 0,04% de Cobre (II), se apresentaram muito semelhantes. Na temperatura de 470°C, observa-se nas duas curvas, a despolimerização do EPS.

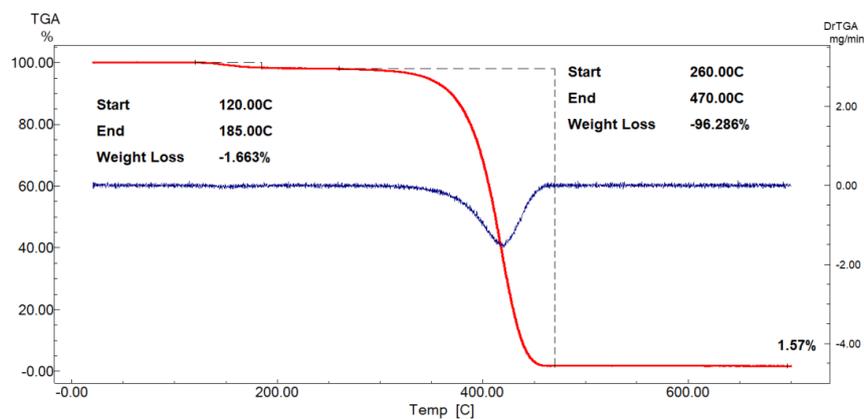


Figura 3.10: Curvas TG e DTG do filme 16%EPS

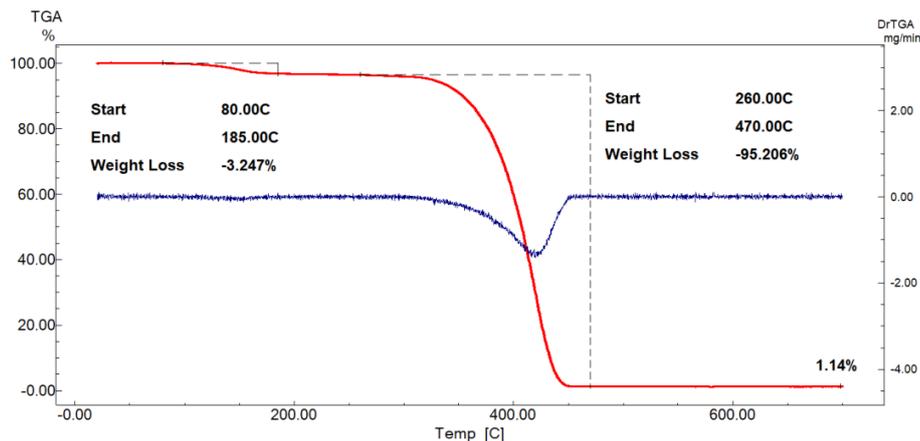


Figura 3.11: Curvas TG e DTG do filme 16%EPS + 0,04% de Cu

De acordo com a literatura, o EPS puro, apresenta degradação térmica iniciando a partir da temperatura de aproximadamente 350°C e final em 440°C, resultando na sua despolimerização (SCHLEMMER E SALES, 2010).

Para os filmes feitos com os impermeabilizantes 16%EPS e 16%EPS + 0,04% de Cu, podemos verificar dois estágios de degradação térmica, onde a primeira perda de massa se iniciou com aproximadamente 150°C, representando no primeiro filme de 16%EPS cerca de 1,8% de perda de massa e no segundo filme de 16%EPS + 0,04% de Cu, 3,5% de perda de massa do material. Podemos agregar a esses valores de perda de massa a volatilização do solvente acetato de etila, porém como as perdas de massa nessa temperatura tiveram variação, podemos atribuir a essa diferença, a adição de íons cobre na solução de EPS.

Em relação à segunda degradação térmica dos filmes, podemos verificar que houve a mesma perda de massa (95%) se iniciando em 260°C e com término em 470°C, o que nos mostra que com a adição do cobre não resulta na redução da estabilidade do impermeabilizante.

4.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia utilizada para a reciclagem de rejeitos de EPS na preparação de um impermeabilizante com funções fungicidas mostrou-se bastante satisfatória, pois foi desenvolvido um material de baixo custo e tecnologicamente eficiente.

Os resultados da cinética de absorção de água demonstraram que o impermeabilizante desenvolvido diminuiu significativamente a permeabilidade de água nos corpos de prova, tornando-se extremamente eficiente, destacando entre eles, a porcentagem de 16%EPS dissolvido no solvente Acetato de Etila, o qual mostrou um aspecto mais atrativo e de melhor manipulação. Através da observação visual das telhas tratadas com o impermeabilizante com adicional de cobre, percebe-se que há uma mudança na coloração das telhas após imersão em água, o que as tornam menos atrativas comercialmente, porém houve a exceção da telha tratada com a menor porcentagem de cobre (0,04% de Cu), a qual não apresentou esse aspecto esbranquiçado, o que a torna mais interessante comercialmente, pois a mesma apresentou um ótimo resultado na diminuição da permeabilidade de água comparada com a telha sem tratamento.

Os resultados das análises de Espectrofotometria na região do UV-Visível, são bastante interessantes, pois verificamos que com o adicional de cobre(II) ao impermeabilizante, as soluções apresentam uma banda característica do cobre porém com menor intensidade, o que podemos concluir que há uma migração dos íons Cu(II) na estrutura do polímero após a sua dissolução na solução. A verificação da migração ou interação dos íons cobre(II) ao impermeabilizante, poderá ser mais evidente com o uso da técnica de IPC – AES (Espectrometria de Emissão Atômica por Plasma Acoplado Indutivamente).

Com os resultados do teste microbiológico, podemos concluir que houve uma eficácia no método do desenvolvimento do impermeabilizante com adicional de cobre(II). Observa-se claramente que houve uma diminuição da proliferação dos fungos filamentosos nas placas e nas telhas tratadas com impermeabilizante com adicional de cobre(II), o que podemos concluir que o mesmo foi eficiente na sua função fungicida.

Através das análises de TG e DTG podemos notar que os filmes feitos dos impermeabilizantes se degradam em dois estágios principais, o primeiro no intervalo de temperatura de aproximadamente 100°C a 185°C e o segundo e mais intenso, no intervalo de 260°C a 470°C. Podemos concluir que a adição do cobre ao impermeabilizante não alterou a estabilidade térmica do mesmo. Com os resultados de ensaio térmico, podemos atribuir ao impermeabilizante produzido com a adição do cobre, uma característica eficaz de estabilidade térmica para o uso o qual estamos visando, utilizá-lo como revestimento protetor em telhas cerâmicas.

De forma geral, o impermeabilizante produzido por rejeitos de EPS com adição de íons cobre, demonstrou-se eficiente na redução da permeabilidade de água, na redução do crescimento de fungos filamentosos e na estabilidade térmica para o uso em telhas cerâmicas. Todos os resultados dos ensaios realizados apresentam-se positivos.

REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7973. *Determinação de absorção de água, Método de ensaio.*

ABRAPEX. Associação Brasileira de Poliestireno Expandido: Informações gerais. Disponível em: <www.abrapex.com.br/62Recicla02.html>. (acesso em 02 de outubro de 2018).

AMIANTI, M.I., BOTARO, V.R., *Uso e Aplicação do Poliestireno Expandido (EPS) Reciclado para Impermeabilização por Impregnação de Superfícies de Concreto Pré-fabricado*, UFOP, 2008.

ASSOCIAÇÃO INDUSTRIAL DO POLIESTIRENO EXPANDIDO-ACEPE. Disponível em <http://www.acepe.pt>. (acesso em 02 de outubro de 2018).

BEELDENS, A.; MONTENY, L.; VINCKE, E.; DE BELIE, N.; GEMERT, D. VAN; TAERWE, L. e VERSTRAETE, W. *Resistance to Biogenic Sulphuric Acid Corrosion of Polymer-Modified Mortars. Cement and Concrete Composites*, Vol. 23, 47-56, 2001.

BEER, F. P. *Resistência dos Materiais*. São Paulo: Pearson Educativos do Brasil LTDA, 1995.

BORSOI, C. *Compósitos de poliestireno e poliestireno expandido reciclado reforçado com fibras de curauá: Propriedades e degradação.* Tese de Mestrado, Universidade de Caxias do Sul, 2013.

BRITO, Jorge de, “Drenagem e Impermeabilização de Coberturas Inclínadas”, IST, Lisboa, 2001.

BRITO, Jorge de, “Coberturas em Telha Não Cerâmica”, IST, Lisboa, 2001.

CALLISTER, WILLIAN D. JR. *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução*. Rio de Janeiro: Editora LTC-Livros Técnicos e Científicos S.A., 2002. 01 volume.

CASTRO, M. R., LAGO, R.M., *Reciclagem de poliestireno via funcionalização e via obtenção de um impermeabilizante de usos múltiplos*, UFMG, 2004.

COSTA, RODRIGO MOYSÉS. *Estudo da Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado*. Dissertação de Mestrado. UFMG Departamento de Engenharia e Estruturas, Belo Horizonte, MG, 1999.

FREITAS, F.E.; FIGUEIREDO, T.D.; CARDOSO, V.C. *Construção e Montagem: Método Construtivo*. Disponível em: <http://pmkb.com.br/artigo/construcao-e-montagem-metodo-construtivo/> - (Acesso em 01 de novembro de 2018).

GAYLARDE, CC; MORTON, LHG. *Int. Biodeterioration Biodegradation*, University of Central Lancashire, Preston, Lancashire, 2011.

GONZAGA, L. *Novas Tendências na Construção Civil – O EPS entra em cena (ISOPOR)*. Artigos Técnicos. Equipe de redação Porta Metálica – Lia Gonzaga. Disponível em: http://www.metallica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php. (Acesso em 01 de novembro de 2018).

GUIMARÃES, K. L. M. et al. *O uso de polímeros em mobiliário: Classificação dos principais tipos para aplicações em cadeiras*. Blucher Designer Proceedings, 4, 2163-2170. (2014).

HARRIES, D., *Análise Química Quantitativa*, 4th Ed., Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, Brasil, 2000.

MIRANDA CORRÊA – *Empreendimentos* – Disponível em <http://www.mirandacorreia.com.br/page/empresa> - acesso em 12 de outubro de 2018.

MONTENEGRO, RICARDO SÁ PEIXOTO & SERFATY, MOYSÉS ELIAS. *Aspectos Gerais do Poliestireno*. BNDES. Disponível em <http://www.bndes.gov.br>. (acesso em 28 de setembro de 2018).

PAVANELLI, L. *Vantagens e desvantagens de telhas cerâmicas- Reforma fácil*. Disponível em: <<http://reformafacil.com.br/produtos/coberturas-e-telhados/telhas-deceramica-vantagens-e-desvantagens/>

PAVIA, D. L., LAMPMAN, G. M., KRIZ, G. S., VYVYAN, J. R. *Introdução à espectroscopia*. Cengage, São Paulo. 716p. (2010).

SANTOS, M. S., Lima, O. J., Nassar, E. J., Ciuffi, K. J., Calef, P. S. *Estudo das condições de estocagem do bagaço de cana-de-açúcar por análise térmica*. Química Nova, 34, 507-511. (2011).

SANTOS, Zora Ionara Gama dos – *Tecnologia dos materiais não metálicos* – 1 ed. São Paulo: Érica, 2014.

SCHLEMMER, D; SALES, M.J.A. *Preparação, Caracterização e Degradação de Blendas PS/TPS Usando Glicerol e Óleo de Buriti como Plastificantes*. Revista Polímeros, vol. 20, p.6-13, 2010.

SILVA, J.M. – *Alvenarias não estruturais patologias e estratégias de reabilitação - Seminário sobre Paredes de Alvenaria*, P.B. Lourenço & H. Sousa (Eds.), Porto, 2002.

SOUZA, VICENTE CUSTÓDIO MOREIRA DE & RIPPER, THOMAZ. *Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto*. São Paulo: Editora PINI, 01 volume. 1998.

SPADER, R. Z. *Introdução de novos materiais em massas de telhas cerâmicas.* Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, 2009. Disponível em <<http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/000040/000040CF.pdf>>

VAN VLACK, L. H. *Princípios de ciência e tecnologia dos materiais.* 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

V. G. Grassi, M. M. C. Forte, M. F. Dal Pizzol, *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 11, nº 3, p. 158-168, 2001.

VOGEL, *Análise Química Quantitativa*, LTC, Rio de Janeiro, 6 ed, 2011.

WYPYCH, G. *Handbook of polymers*, 2 ed. Toronto, 2016.