

Tinta à base de poliestireno expandido

Geórgia Schiller Barcellos¹

Paula Vieira Schwade²

Schana Andréia da Silva³

Resumo

O poliestireno expandido (Isopor[®]) é um polímero amplamente utilizado em diversos setores da indústria. Sua grande geração de resíduos é responsável por um alarmante impacto ambiental, ao mesmo tempo em que sua reciclagem é pouco explorada. No presente trabalho, foi proposta uma alternativa de aplicação a esse resíduo polimérico, através da produção de uma tinta para a construção civil. A tinta foi produzida a partir da dissolução de poliestireno expandido residual e de um polímero plastificante no solvente natural chamado D-limoneno e da subsequente dispersão de pigmentos e de aditivos no sistema. O produto foi submetido, paralelamente com um produto comercial, a uma série de ensaios para avaliação de seu desempenho. Os resultados obtidos confirmaram que a proposta apresentada, além de constituir uma rota alternativa ao poliestireno expandido pós-consumo, é uma forma viável de reutilização desse material, mostrando propriedades que permitem sua aplicação como substituinte dos produtos convencionais.

Palavras-chave: Poliestireno expandido. Reciclagem. Tinta.

Abstract

The expanded polystyrene (Styrofoam[®]) is a polymer widely used in various areas of industry. Its big waste generation is responsible for an alarming environmental impact at the same time that its recycling is little explored. In this research, it was proposed an alternative of application to this polymeric residue by the production of a paint for building construction. The paint was produced by dissolving waste expanded polystyrene and a polymer plasticizer in the natural solvent called D-limonene followed by the dispersion of pigments and additives in the system. The product was subjected, in parallel with a commercial product, to a series of tests to verify its performance. The obtained results confirmed that the showed proposal, besides building an alternative route to the post-consumer expanded polystyrene, is also a viable way to reuse this material, showing properties that enable its use as a replacement of conventional products.

Keywords: Expanded polystyrene. Recycling. Coating.

¹ Aluna do curso Técnico em Química pela Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha (FETLSVC), Novo Hamburgo, RS, Brasil. E-mail: georgiasb@gmail.com

² Aluna do curso Técnico em Química pela Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha (FETLSVC), Novo Hamburgo, RS. E-mail: paula_schwade@hotmail.com

³ Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS e professora da Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha (FETLSVC), Novo Hamburgo, RS. E-mail: schana.silva@liberato.com.br

1 Introdução

A preocupação global com os resíduos sólidos tem aumentado ante o constante crescimento de sua produção e o gerenciamento inadequado. Os efeitos da intensa geração de lixo incluem a escassez dos recursos naturais, o acúmulo de substâncias tóxicas e a poluição dos cursos d'água e do solo (JACOBI; BESEN, 2011). Um dos materiais de destinação bastante polêmica é o poliestireno expandido que recebe a sigla de EPS (Expanded Polystyrene). Popularmente conhecido como Isopor®, ele é um polímero termoplástico proveniente da polimerização do estireno (ALBUQUERQUE, 1999). Possui baixo peso, baixa condutividade térmica, baixa absorção de água e baixo custo, além de elevada resistência mecânica e à compressão (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO, 2010). Desde a sua criação, há aproximadamente 50 anos, o poliestireno expandido tem sido utilizado de diversas formas, principalmente como isolante térmico e como embalagem para a proteção de eletroeletrônicos e de alimentos.

Os métodos de reciclagem, atualmente explorados para esse material, são a geração de energia através da queima, que produz gás carbônico e vapor d'água; a sua reutilização como matéria-prima para outros produtos de poliestireno expandido (AMINUDIN *et al.*, 2011) e a fabricação do concreto leve que consiste na substituição total ou parcial dos agregados tradicionais do concreto por grânulos de EPS (TESSARI, 2006). O concreto formado pode ser usado em partes da construção convencional que não exijam alta resistência (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO, 2010).

Mesmo com as possibilidades de aplicação do poliestireno expandido pós-consumo, seu percentual de reciclagem é, ainda, muito pequeno. Em 2008, foram produzidas, no Brasil, cerca de 82,9 mil toneladas de EPS.

Desse total, estima-se que tenham voltado ao processo produtivo com destino à reciclagem, apenas 7 mil toneladas, ou seja, 8,4% do total produzido (PLASTVIDA, 2009). O gerenciamento desse resíduo exige especial atenção, uma vez que ele é um material de baixa densidade que, além de ocupar um grande volume, dificulta a degradação de outros materiais. A isso, somam-se os fatos de que ele impede a penetração da água no solo e é conhecido por quebrar-se em pedaços que sufocam animais e entopem seus sistemas digestórios (ARAÚJO; COSTA, 2003).

A presente pesquisa propôs uma alternativa de aplicação aos resíduos do material em estudo. Foi desenvolvida uma resina, através da dissolução desses resíduos e de plastificante polimérico no solvente D-limoneno. Estudos apresentam o D-limoneno como agente solvente compatível com o poliestireno expandido (TSUTOMU, 2005). O D-limoneno é um solvente natural extraído das cascas de frutas cítricas. Ele tem se mostrado um produto competitivo por ser obtido a partir de fontes renováveis e por apresentar nível toxicológico inferior em relação aos solventes orgânicos normalmente utilizados (SUN, 2007). A partir da resina obtida, elaborou-se um estudo em torno do desenvolvimento de uma tinta arquitetônica, constituindo-se em um produto de fins estéticos e protetivos, a partir do reaproveitamento de resíduos de poliestireno expandido.

2 Materiais e métodos

2.1 Materiais

Todos os materiais utilizados são de uso industrial empregados na indústria de tintas. Os resíduos de poliestireno expandido foram doados por lojas de eletroeletrônicos, já o solvente D-limoneno, o plastificante polimérico, o aditivo Texaphor® e o pigmento branco foram doados por empresas do ramo.

2.2 Preparo da tinta

O preparo da tinta consistiu na dissolução de poliestireno expandido e do plastificante polimérico no solvente natural D-limoneno, obtendo-se uma solução viscosa e incolor. Em seguida, adicionou-se o tensoativo Texaphor® à solução e procedeu-se à dispersão do pigmento, com o auxílio de um agitador mecânico do tipo *cowles*, a uma rotação de 1500 rpm. A análise da dispersão do pigmento foi feita por meio da determinação do grau de dispersão de pigmentos, com o instrumento grindômetro (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2011a).

Para se estabelecer comparação entre a tinta desenvolvida na pesquisa e as tintas existentes no mercado, submeteu-se, simultaneamente, uma tinta alquídica acetinada aos testes de caracterização e de desempenho. A escolha dessa tinta deu-se em função de suas características e de sua aplicabilidade que é indicada tanto para áreas internas como externas, preferencialmente para madeira, material com o qual a tinta de poliestireno expandido apresentou boa compatibilidade.

Para a realização dos ensaios em filme seco, as tintas foram aplicadas em corpos de prova de madeira pau-marfim previamente preparados (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011). As tintas foram submetidas a uma série de ensaios, tanto em filme úmido como em filme seco, todos em triplicata.

2.3 Testes de caracterização

A determinação da viscosidade da tinta foi feita através do método do Copo Ford, que se baseia na contagem do tempo de escoamento de 100 mL de tinta, através de um orifício padronizado que, nesse caso, foi o de número 4, especificado pela norma. O intervalo de tempo decorrido, desde a

retirada da vedação do orifício até a primeira interrupção do filete de tinta, equivale ao valor da viscosidade Ford que é medida em segundos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986).

A quantificação do teor de não voláteis consistiu na pesagem de 1 g da amostra em uma folha de alumínio que, em seguida, foi colocada em uma estufa a 105 °C por duas horas, de modo que todo o material volátil fosse evaporado. Depois desse período, o sistema foi resfriado e pesado (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2006).

O teor de cinzas foi determinado, submetendo-se uma quantidade conhecida de tinta à temperatura de 400 °C, em um forno mufla, durante quatro horas. Após esse período, o sistema foi resfriado e pesado.

Na determinação da massa específica, um picnômetro de 100 mL foi preenchido com tinta, podendo-se determinar a massa exata de produto contida nesse volume (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1984).

O tempo de secagem foi determinado, aplicando-se, com um extensor de 100 micrômetros, a tinta sobre uma placa de vidro limpa e desengordurada e, imediatamente depois, acionando-se o cronômetro. Os estágios controlados foram os de secagem ao toque, de secagem ao manuseio e de secagem completa. O estágio de secagem ao toque foi concluído quando, após a camada ter sido levemente tocada com o dedo limpo e desengordurado, não houve transferência de tinta para o dedo. A camada foi considerada seca ao manuseio, quando não houve nenhuma alteração em sua superfície, após ter-se girado o polegar sobre ela em um ângulo de 90° e completamente endurecida, quando, após pressionar-se a unha contra a película, não houve transferência da tinta para a unha (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010).

2.4 Testes de desempenho

O ensaio de aderência consistiu na execução de cortes cruzados em ângulo reto nos corpos de prova de madeira, formando uma grade de 25 quadrados de dois milímetros de largura cada. Sobre a superfície, foi aplicada uma fita de adesividade 25 g/cm³ e, após um minuto, a fita foi retirada, e a área utilizada no ensaio foi examinada e comparada a uma tabela de avaliação normatizada (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2010).

O método utilizado para a quantificação da dureza superficial foi o de dureza lápis que se baseia na determinação do grafite de maior dureza, entre 6B e 6H, incapaz de riscar a superfície do filme (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2011b).

O ensaio de *Cold Check* avalia a resistência da tinta a sucessivos estiramentos e contrações, causadas por mudanças bruscas de temperatura. O substrato usado no ensaio foi a madeira. Os corpos de prova, revestidos pela tinta desenvolvida e pela tinta comercial, foram colocados em uma estufa, onde permaneceram por uma hora à temperatura de 49 °C. Em um segundo momento, foram transferidos para um refrigerador a -15 °C, também durante uma hora. Por fim, ficaram à temperatura ambiente por mais uma hora, completando-se um ciclo. Foram realizados dez ciclos no total, sendo que, ao final de cada um, os corpos de prova eram

inclinados a um ângulo de 45°, em local iluminado, e suas superfícies eram analisadas, verificando-se se apresentavam deformidades (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2012).

A medição do poder de cobertura baseou-se na ocultação de uma linha de contraste, através de certa quantidade de tinta líquida, comprimida entre uma placa de cristal e essa linha, formando uma cunha. Conforme a cunha foi deslocada, a espessura foi aumentada e, em determinado momento, a tinta líquida passou a ocultar a linha de contraste. Nesse instante, foi feita a leitura do poder de cobertura da tinta. Na execução do ensaio, foi utilizado o método do Criptômetro de Pfund (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003).

3 Resultados e discussão

A maior dificuldade encontrada no estabelecimento da formulação da tinta foi atingir uma combinação que mostrasse boa adesão na madeira, visto que esse é um material que sofre contrações e dilatações com pequenas variações de umidade e de temperatura. Percebeu-se que a relação poliestireno/plastificante polimérico, aliada ao PVC (concentração volumétrica de pigmento), são os principais fatores que viabilizam a fórmula.

Os resultados referentes aos testes de caracterização da tinta desenvolvida e da tinta comercial estão expostos na tabela 1, a seguir:

Tabela 1: Testes de caracterização

	Tinta desenvolvida	Tinta comercial
Viscosidade	300 s	57 s
Teor de cinzas	8,33%	39,93%
Teor de não voláteis	36,61%	64,36%
Densidade	0,81 g/cm ³	1,21 g/cm ³

Fonte: Os autores (2012).

A tinta à base de EPS apresenta maior viscosidade em relação à tinta comercial, devido ao plastificante polimérico utilizado. Esse material afeta essa propriedade, aumentando seu valor. Uma alta viscosidade evita escorrimentos e problemas de baixa espessura (TEIXEIRA, 2012), além de facilitar a dispersão e a moagem do pigmento, evitando que o mesmo sedimente durante o transporte e o armazenamento.

Após o aquecimento a 400 °C, o teor de cinzas, para a tinta comercial, foi de 39,93% e de 8,33%, para tinta à base de EPS. A tinta comercial apresenta um teor de cinzas superior à tinta desenvolvida, devido à maior quantidade de pigmento e à presença de carga em sua fórmula. A carga utilizada na

tinta comercial é adicionada para obtenção do aspecto acetinado, o que não é necessário na tinta à base de EPS.

O teor de sólidos, obtido para a tinta à base de poliestireno expandido foi de 36,61% e de 64,36% para a tinta comercial. O fato de essa apresentar um teor de sólidos, superior ao da tinta desenvolvida, também explica-se pela maior quantidade de pigmento e de carga, presente em sua composição.

3.1 Tempo de secagem

Os tempos necessários, para cada tinta concluir os três estágios de secagem avaliados, estão expressos na tabela abaixo:

Tabela 2: Determinação do tempo de secagem

Estágio	Intervalo	
	Tinta desenvolvida	Tinta comercial
Seca ao toque	29 min	38,95 min
Ao manuseio	69 min	101,3 min
Completamente endurecida	90 min	420 min

Fonte: Os autores (2012).

Verifica-se que as duas tintas testadas necessitam de intervalos próximos, para atingirem o estágio de secagem ao toque. No que diz respeito à secagem ao manuseio e ao completo endurecimento, contudo, a tinta desenvolvida os conclui em intervalos de tempo inferiores, ou seja, o intervalo necessário entre a aplicação das demãos é menor. A razão disso é o fato de o veículo da tinta desenvolvida ser não convertível, isto é, sua secagem consiste apenas na evaporação do solvente.

3.2 Testes de desempenho

Para a tinta desenvolvida, em uma escala de 0 a 4, sendo 0 o melhor e 4 o pior resultado,

o valor de aderência obtido enquadra-se no grau Gr0, o que significa que nenhuma área da película foi destacada pela fita adesiva. O mesmo teste foi feito com a tinta comercial, e o resultado foi semelhante, indicando, do mesmo modo, que nenhuma área da película da tinta foi destacada, mostrando que ambas as tintas apresentam uma aderência plena à madeira.

O teste de determinação da dureza superficial da tinta foi iniciado com o grafite 6B, o mais macio do conjunto e, ao empurrar-se o aparelho de suporte específico sobre a chapa de alumínio, a película da tinta mostrou-se resistente a esse grafite, bem como aos grafites de dureza 5B, 4B, 3B, 2B, B, HB, F, H, 2H, 3H e 4H. Quanto

à tinta comercial, essa foi resistente a todos os grafites do conjunto, isto é, inclusive ao grafite 6H. As películas, formadas pela tinta comercial e pela tinta desenvolvida, apresentaram dureza compatível com o exigido: após o processo de secagem, devem ser, no mínimo, resistentes ao lápis de dureza F (CONSELHO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, 1984).

Depois da realização dos dez ciclos do teste de *Cold Check*, constatou-se que as películas das duas tintas testadas não apresentaram nenhuma rachadura ou qualquer outra deformação.

O valor médio de poder de cobertura foi de 6,91 m²/L para a tinta à base de poliestireno expandido e de 10,12 m²/L para a tinta comercial. Ambas apresentam um poder de cobertura aceitável a suas finalidades, uma vez que o valor mínimo exigido é de 4 m²/L (BRASIL, 2008). O produto comercial apresenta maior poder de cobertura, devido ao fato de ele possuir um teor de pigmento e de carga maior em relação à tinta base EPS.

4 Conclusão

Sob a perspectiva técnica, a tinta desenvolvida apresentou teor de sólidos e poder de cobertura inferior à tinta comercial, principalmente porque não possui carga em suas formulações. O teor de sólidos não foi aumentado nas formulações testadas, para que não ocorresse aumento de viscosidade, o que, de qualquer forma, exigiria adição de solvente para aplicação. Nos demais testes, a tinta desenvolvida apresentou desempenho equivalente à comercial, o que mostra que é possível produzir-se uma tinta à base de poliestireno expandido.

Um dos principais aspectos deste trabalho é que não existe uma tinta à base do polímero poliestireno, pois esse material não apresenta adesão, tampouco a flexibilidade necessária para essa aplicação. Essa tinta

apenas se tornou viável a partir da associação do plastificante polimérico, que modificou as características do filme de poliestireno.

Sob a perspectiva ambiental, a tinta desenvolvida apresenta uma alternativa de reciclagem aos resíduos de poliestireno expandido, um material altamente consumido e com pequenas taxas de reciclagem. Levando-se em conta o grande volume por ele ocupado, entende-se que, quanto mais opções de reciclagem forem disponibilizadas, maior poderá ser o seu aproveitamento.

Além de um novo método de reciclagem para o poliestireno expandido, o estudo oferece um processo simples de transformação desse resíduo em um produto de grande valor econômico, intensamente consumido e de elevada importância, para a construção civil.

Referências

ALBUQUERQUE, J. A. C. **O plástico na prática**. 2. ed. São Paulo: Sagra Luzzato, 1999.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **D1259**: Standard Test Methods for Nonvolatile Content of Resin Solutions. United States of America, 2006.

_____. **D1316**: Standard Test Method for Fineness of Grind of Printing Inks by the NPIRI Grindometer. United States of America, 2011a.

_____. **D3363**: Standard Test Method for Film Hardness by Pencil Test. United States of America, 2011b.

_____. **D358**: Standard Specification for Wood to be Used as Panels in Weathering Tests of Coatings. United States of America, 2012.

AMINUDIN, E. *et al.* A review on recycled expanded polystyrene waste as potential thermal reduction in building materials. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENT AND INDUSTRI-

AL INNOVATION - IPCBEE, 2011. **ICEII**, Singapura, v. 12, p. 133-188, 2011. Disponível em: <<http://www.ipcbee.com/vol12/22-C059.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2012.

ARAÚJO, M. C. B. de; COSTA, M. F. **Lixo no ambiente marinho**. Pernambuco, 2003. Disponível em: <http://artigocientifico.uol.com.br/uploads/artc_1151246820_25.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5829**: Tintas, vernizes e derivados: determinação da massa específica. São Paulo: ABNT, 1984.

_____. **NBR 5849**: Determinação de viscosidade pelo copo Ford; São Paulo: ABNT, 1986.

_____. **NBR 13245**: Tintas para construção civil: execução de pinturas em edificações não industriais: preparação de superfície, São Paulo: 2011.

_____. **NBR 14943**: Tintas para construção civil - Método para avaliação de tintas para edificações não industriais - Determinação do poder de cobertura de tinta úmida, São Paulo: ABNT, 2003.

_____. **NBR 15311**: Tintas para construção civil: método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais: determinação do tempo de secagem de tintas e vernizes por medida instrumental. São Paulo: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (ABRAPEX). São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.abrapex.com.br>>. Acesso em: 21 abr. 2012.

BRASIL. Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Programa**

de análise de produtos: relatório de análise em tintas imobiliárias látex econômicas. Rio de Janeiro: INMETRO, 2008. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/tintasImobiliarias.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2012.

CONSELHO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (CONMETRO). **Resolução 17/84**. Brasília, 1984. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/resc/pdf/RESC000109.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 2409**: paints and varnishes: cross-cut test. Geneva: ISO, 2010.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, São Paulo, jan./abr. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v25n71/10.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2012.

PLASTVIDA – INSTITUTO SÓCIO-AMBIENTAL DOS PLÁSTICOS. **Projetos ambientais**: Repensar (Isopor®). São Paulo, 2009.

SUN, J. D-limonene: safety and clinical applications. **Alternative medicine review: a journal of clinical therapeutic**, v. 12, n. 3, p. 259-264, 2007.

TEIXEIRA, L. H. Tratamento superficial. **Sindicato da Indústria da Construção Pesada de São Paulo (SINICESP)**, n. 12, São Paulo, 12 nov. 2012. Disponível em: <<http://www.sinicesp.org.br/>>. Acesso em: 07 out. 2012.

TESSARI, J. **Utilização de poliestireno expandido e potencial de aproveitamento de seus resíduos na construção civil**. Dis-

sertação (Mestrado em Engenharia Civil).
Universidade Federal de Santa Catarina,
Florianópolis, 2006.

TSUTOMU, N. New EPS Recycling Sys-

tem using d-Limonene: Proceedings of the
Symposium on Electrical and Electronic In-
sulating Materials and Applications in Sys-
tems. **Science Links Japan**, Japão, v. 32, p.
305-308, 2005.