

**PRODUÇÃO DE POLÍMEROS BIODEGRADÁVEIS REFORÇADOS
COM FIBRAS NATURAIS E SUA APLICAÇÃO EM DESIGN DE
PRODUTOS**

**PRODUCTION OF BIODEGRADABLE POLYMERS REINFORCED
WITH NATURAL FIBER AND ITS APPLICATION IN PRODUCT
DESIGN**

ANA CLARA FERNANDES SOUSA

Bacharel em Design / Pontifícia Universidade Católica de Goiás
anaclara2408@gmail.com

FLÁVIO GOMES DE OLIVEIRA

Mestre em Artes Visuais / Pontifícia Universidade Católica de Goiás
flagogyn@gmail.com

FLAVIO MARQUES LOPES

Doutor em Biologia / Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Goiás
flamarx@hotmail.com

KÁTIA FLÁVIA FERNANDES

Instituto de Ciências Biológicas / Universidade Federal de Goiás
kfernandes.lqp@gmail.com

Resumo: Neste estudo foram produzidos materiais biodegradáveis em que o polímero plástico álcool polivinílico (PVA) foi reforçado com a adição de polissacarídeo de goma de cajueiro (PEJU) e pó de serragem. As formulações foram testadas a fim de ajustar a viscosidade e estabilidade da suspensão, bem como a estabilidade estrutural dos materiais obtidos. A introdução de PEJU conferiu maior viscosidade e adesividade à suspensão, com consequente melhora na maneabilidade dos materiais. O pó de serragem tratado por autoclavagem em meio aquoso, ácido ou básico apresentou diferentes características, sendo o material obtido por autoclavagem em meio ácido o que apresentou melhor desempenho na formulação dos compósitos e na modelagem do produto final. Foram produzidas peças de xadrez com compósitos contendo pó de serragem autoclavado em meio básico tingido com corante verde e com compósitos contendo pó de serragem autoclavado em meio ácido. Os materiais produzidos neste estudo apresentam boas perspectivas de aplicação em design de produtos, com potencial para manufatura de diferentes produtos em função das características variadas que foram obtidas.

Palavras-chave: Álcool polivinílico. Pó de serragem. Peças de xadrez.

Abstract: In this study were produced biodegradable materials with polyvinyl alcohol (PVA) reinforced with cashew polysaccharide (PEJU) and wood dust. Several formulations were tested in order to adjust the viscosity and stability of suspensions, as well as the structural stability of the obtained materials. Introducing PEJU to the suspensions resulted in higher viscosity and adhesiveness, consequently improving handling of materials. The autoclavagem of wood dust was carried out with water, hydrochloric acidic or sodium hydroxide, producing materials with varied characteristics. The acid treated wood dust presented better performance in the formulation of the blended materials, as well as in the casting of final products. Chess pieces were produced using autoclaved

wood dust, which were naturally stained red, when wood dust used was from acidic treatment and stained green when wood dust was from basic treatment. Materials produced in this study presented good perspective for design, with potential applications in the manufacture of different products due to the diversity of characteristics obtained in the blended materials.

Keywords: Polyvinil alcohol. Wood dust. Chess pieces.

1. INTRODUÇÃO

Uma das preocupações da sociedade moderna é o uso sustentável dos recursos naturais. A quantidade de resíduos produzidos atualmente aproxima-se perigosamente da capacidade mundial de destinação e reincorporação na natureza. Nos grandes centros urbanos, os resíduos produzidos constituem um problema que demanda soluções urgentes (LIMPAN et al., 2010). Por outro lado, o quadro das regiões rurais e das cidades pequenas não é muito diferente (GAUDER et al., 2011).

Diante desse cenário, algumas iniciativas têm chamado atenção. A inclusão de componentes celulósicos ou ainda lignino-celulósicos em matrizes plásticas tem sido objeto de estudo em diversas regiões do planeta (WAMBUA et al., 2007; PICKRING, 2008). Estudos apontam que a introdução desses biopolímeros em matrizes plásticas resultam em um material com características novas e muitas vezes vantajosas quando comparado a matriz plástica original (FAHIM et al., 2012; SADIKU-AGBOOLA et al., 2011).

Alguns plásticos biodegradáveis apresentam-se como potenciais candidatos para constituir compósitos com biopolímeros, pelo fato de resultarem em materiais biodegradáveis, atendendo simultaneamente ao conceito de aproveitamento de resíduos e reciclabilidade.

O objetivo deste trabalho foi produzir um material compósito de plástico reforçado com biopolímeros naturais e utilizar este material no design de um tabuleiro de xadrez.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Reagentes

Álcool Polivinílico (PVA, Vetec, Goiânia, Brasil). Os demais reagentes foram de grau comercial.

2.2 Pó de serragem

O pó de serragem da madeira de Gonçalo-do-campo (*Sclerolobium aureum*), utilizado neste estudo foi obtido em serralhia comercial na cidade de Goiânia. O pó de serragem sem nenhum tratamento adicional foi peneirado em peneira manual de 40 mesh (0,42 mm) para remoção de fragmentos maiores e homogeneização do material. Em seguida o pó foi armazenado em frascos fechados até a sua posterior utilização.

2.3 Polissacarídeos da goma de cajueiro

Os polissacarídeos da goma de cajueiro (PEJU) foram extraídos seguindo metodologia previamente descrita por Silva et al. (2010). Brevemente: os nódulos de goma de cajueiro foram solubilizados em água na proporção de 1g : 20 mL de solvente. Após dissolução, o material foi filtrado e em seguida o polissacarídeo foi precipitado pela adição de etanol gelado. O polissacarídeo obtido (PEJU), foi seco e triturado, armazenado em frascos fechados até a sua utilização.

2.4 Produção dos moldes de silicone

Os moldes de silicone foram produzidos pelo método de modelagem bipartida, utilizando-se retalhos de canos de poli-cloreto de vinila (PVC) como estrutura de suporte para montagem dos moldes, como se vê na Figura 1.

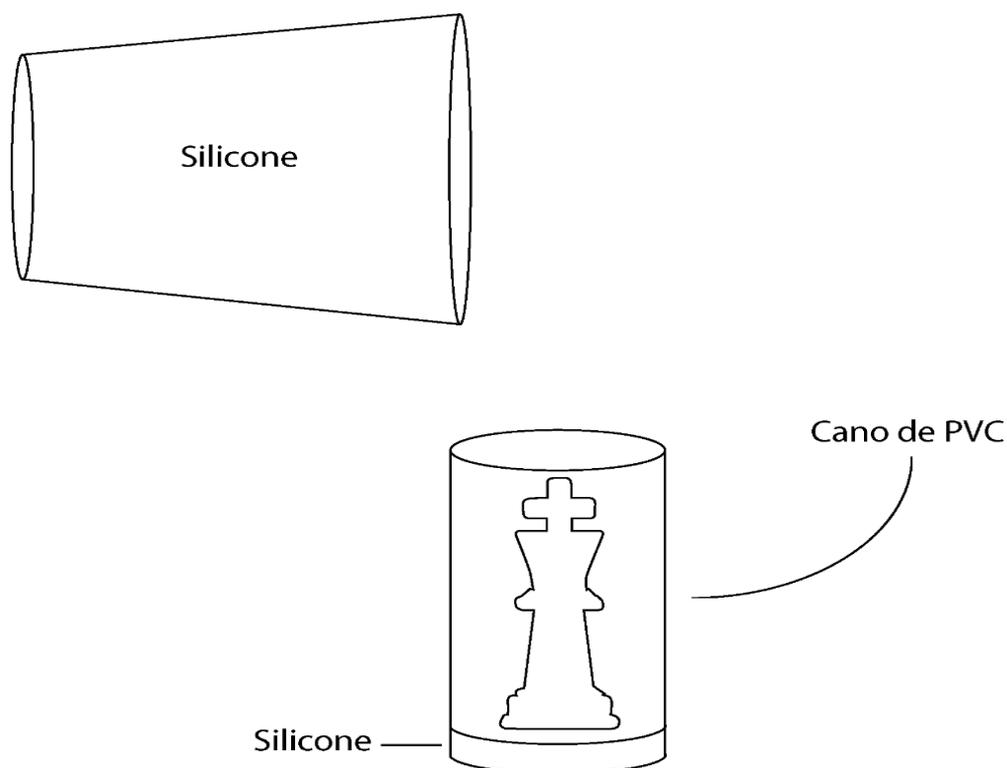


Figura 1 – Esquema de produção dos moldes de silicone para as peças de xadrez. Fonte: Autores, 2014

Os suportes de PVC foram selados em uma das extremidades com fita adesiva e em seguida revestidos com uma fina camada de vaselina pastosa. Os suportes foram preenchidos

em 10% de seu volume com silicone líquido, preparado conforme instruções do fabricante. Após 30 minutos, quando o silicone adquiriu consistência pastosa, as peças de xadrez, constituídas de material plástico do tipo poliestireno/metacrilato, foram depositadas sobre o silicone, e assim fixadas nos suportes de PVC. Decorridas 2 h, os moldes foram preenchidos com silicone até a completa submersão das peças de xadrez, respeitando uma margem de 0,5 cm na borda superior de cada peça. Os moldes foram deixados polimerizar a temperatura ambiente, por 24 h.

Após a completa polimerização, os moldes das peças foram removidos dos suportes de PVC, e em seguida cortados com auxílio de estilete, em sentido longitudinal. As peças de xadrez foram removidas dos moldes, e estes dispostos sobre uma placa de vidro e mantidos em ambiente arejado até a sua posterior utilização.

2.5 Tratamento do pó de serragem

Foram testadas formulações variando-se a concentração de PVA, PEJU e pó de serragem a fim de se obter um material com a melhor textura, coloração e estabilidade mecânica. As formulações testadas para produção dos compósitos estão descritas a seguir:

Material 1 - foram realizados testes variando a concentração de PVA em 1, 2 e 3% e a estas soluções foram adicionadas 2, 4 e 6 g de pó de serragem. Após homogeneização do PVA com o pó de serragem, à mistura foi adicionado 1 mL de HCl 0,1 mol L⁻¹ para catalisar a polimerização do PVA e, em seguida, a mistura foi depositada em vasilhames plásticos constituídos de polietileno-tereftalato (PET). O material foi deixado em repouso, à temperatura ambiente por 48 h e em seguida removido dos moldes para análise de textura, coloração e estabilidade mecânica.

Material 2 – a uma solução contendo 3 % (p/v) de PVA e 3% (p/v) de PEJU foram adicionados 4 e 6 g de pó de serragem. A mistura foi homogeneizada e, em seguida foi adicionado 1 mL de HCl 0,1 mol L⁻¹ para catalisar a polimerização do PVA. As misturas foram vertidas em moldes de PET e deixadas polimerizar à temperatura ambiente por 48 h. Em seguida foram retiradas dos moldes e analisadas quanto à textura, cor e estabilidade mecânica.

Material 3 – Além do pó de serragem *in natura*, foram feitos também testes com pó de serragem que foi submetido a tratamento térmico por autoclavagem em meio ácido, neutro e alcalino. Nestes testes a metodologia empregada foi a que segue: amostras de 50 g de pó de serragem foram submetidas a processo de autoclavagem por 1 h, 1 kgf de pressão e 121 °C de temperatura, na presença de 250 mL de um dos seguintes solventes: água, HCl 0,1 mol L⁻¹ e

NaOH 0,1 mol L⁻¹. Após resfriamento, as amostras foram filtradas e o pó resultante seco em temperatura ambiente. Os pós obtidos foram denominados pó-Ag, pó-Ac e pó-Bs.

Material 4 – o material pó-Bs foi submetido a processo de tingimento com corante de tecido comercial em pó. No tingimento, 50 mg de corante para tecido na coloração verde foram adicionados a 500 mL de água e em seguida 50 g do pó-Bs foram adicionados à solução de corante. A suspensão foi homogeneizada e deixada em repouso por 30 minutos. O pó-Bs foi separado por filtração, seco em estufa a 80 °C, e em seguida utilizado para produção de peças de xadrez. As peças verdes e vermelhas (Material 4) foram produzidas pela mistura de 6 g do pó-Bs tingido ou do pó-Ac, respectivamente, a uma solução contendo 3 % (p/v) de PVA e 3% (p/v) de PEJU. Os compósitos foram vertidos nos moldes, postas para secar a temperatura ambiente. Depois de polimerizados estes materiais foram removidos dos moldes e analisados quanto à textura, cor e estabilidade mecânica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Moldes de silicone

Após a remoção das peças os moldes de silicone apresentaram boa qualidade demonstrando ausência de bolhas e riqueza em detalhes das peças originais, conforme pode ser visto na Figura 2.



Figura 2 – Fotos dos moldes produzidos por método bipartido. Fonte: Autores, 2014

3.2 Análise dos materiais

Os materiais produzidos apresentaram características diversas como cor, texturas e estabilidade frente ao manuseio. Os componentes dos compósitos apresentam diferentes

propriedades e ao variar-se sua concentração nas formulações foram obtidos materiais com características bastante variáveis, conforme se descreve a seguir:

Material 1 - os materiais obtidos com 1 e 2% (p/v) de PVA e 2 g de pó de serragem resultaram em materiais quebradiços, que ao serem removidos dos moldes se desintegravam-se parcialmente. Por outro lado, o material obtido na mistura de PVA 3% (p/v) com 4 e 6 g de pó de serragem apresentou boa estabilidade, sendo possível retirá-los dos moldes sem nenhum dano estrutural. No entanto, a densidade da solução de PVA tanto em 1 quanto em 2% (p/v) não foi alta suficiente para que o pó de serragem ficasse em suspensão estável, de modo no tempo que decorreu para a polimerização do PVA os materiais separaram-se, formando-se zonas de diferentes densidades ao longo do molde (Figura 1). Assim, o material 1 apresentou heterogeneidade de textura, sendo lisa e brilhante na região em que o PVA se acumulou, e levemente rugosa e fosca, com leve tendência a descolagem nas regiões em que o pó de serragem se acumulou (Figura 3)

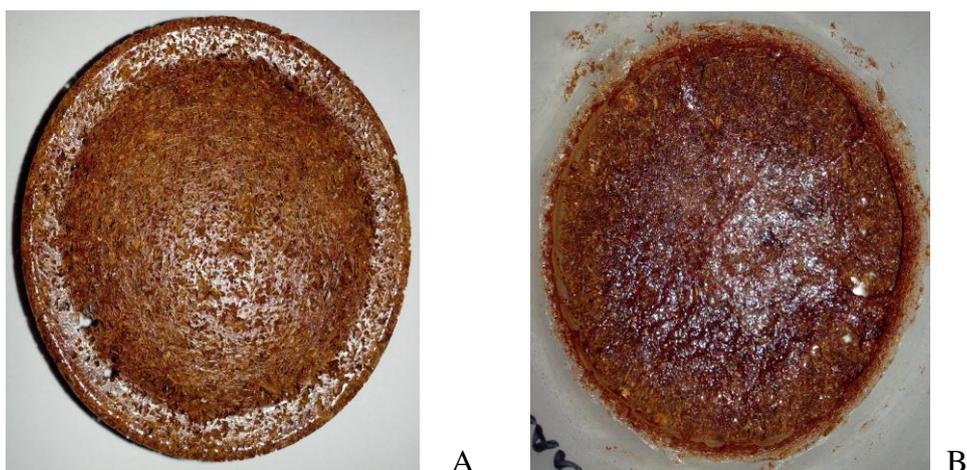


Figura 3- Material 1, contendo PVA 3% e 4 g de pó de serragem (A) e 6 g de pó de serragem (B). Fonte: Autores, 2014

Material 2 – Os materiais obtidos no compósito de 3 % (p/v) de PVA, 3 % (p/v) de PEJU e 4 e 6 g de pó de serragem apresentaram os melhores resultados. Estes materiais apresentaram estrutura homogênea ao longo do molde, visto que a incorporação do PEJU ao compósito conferiu maior viscosidade à solução e com isso houve a estabilização da suspensão do pó de madeira. Este material também apresentou boa estabilidade durante o manuseio, provavelmente por consequência das propriedades adesivas do PEJU, que deu à formulação maior compactação e unidade estrutural, como pode ser visto na Figura 4.

Material 3 – Após autoclavagem, os pós de serragem apresentaram alteração significativa da coloração, conforme pode ser visto na Figura 5. O tratamento ácido com HCl $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ resultou em uma amostra de coloração avermelhada intensa (Figura 5 A), provavelmente resultante da oxidação dos pigmentos naturalmente presentes na madeira, ocorrida pela ação sinérgica do tratamento térmico sob pressão em meio ácido. O tratamento ácido altera a estrutura química da lignina em seus componentes fenólicos, alterando assim a coloração da madeira (GUO et al., 2008).



Figura 4 – Material 2 contendo PVA 3% + PEJU 3% e 4 g de pó de serragem (A) e 6 g de pó de serragem (B).
Fonte: Autores, 2014

Já o tratamento com água resultou em um material de coloração amarelo pálido (Figura 5 B), mais clara que a coloração original do pó de serragem. Esta alteração de coloração provavelmente se deu pela remoção da fração xilanosídica da hemicelulose presente na madeira. A remoção desta fração carrega parte dos pigmentos naturais da madeira (Longue-Junior et al., 2010).

Já o material que sofreu tratamento básico com NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ apresentou coloração amarelada intensa (Figura 5 C), provavelmente resultante da remoção acentuada da fração xilanosídica da hemicelulose, bem como pela desacetilação de cadeias de hemicelulose, que resulta em alteração na pigmentação da madeira (Longue-Junior et al., 2010).



Figura 5 – Material 3 mostrando o pó tratado por autoclavagem em presença de HCl 0,1 mol L⁻¹ (A); água (B) e NaOH 0,1 mol L⁻¹ (C). Fonte: Autores, 2014

3.3 Produto final

Os materiais pó-Ac e pó-Bs foram utilizados para produção de peças de xadrez (Figura 6). Após a remoção dos materiais já polimerizados dos moldes, verificou-se que o pó-Ac, usado na produção das peças vermelhas, apresentava excelentes características no que se refere à aparência das peças, com excelente textura, e alta resistência ao manuseio. Já as peças produzidas com o pó-Bs, utilizadas para a produção das peças verdes, apesar de apresentar aparência muito boa, mostrou uma resistência inferior ao manuseio. Isto se deve, provavelmente ao fato do tratamento com NaOH ter deixado resíduos no pó de serragem que alteraram o pH no microambiente envolvendo o pó, que diminuiu a ação catalítica do HCl utilizado para polimerização do PVA. A polimerização deficiente do PVA resultou em peças de textura mais porosa, e menos resistentes. Outro fator que fragilizou as peças produzidas com pó-Bs foi a remoção acentuada da fração xilanosídica da hemicelulose, um componente amplamente conhecido como agente endurecedor de madeiras (Longue-Junior et al., 2010).



Figura 6 – Peças de xadrez produzidas com compósitos de pó de serragem com PVA e PEJU. Fonte: Autores, 2014

4. CONCLUSÕES

Este estudo mostrou que é possível o aproveitamento de pó de serragem para reforço de material plástico, conferindo ao compósito características de textura, cor e aparência que permitiram sua aplicação no design de peças de xadrez. Outros objetos podem ser produzidos utilizando os materiais aqui desenvolvidos, tais como caixas, porta-retrato, bijuterias, uma vez que diferentes proporções dos componentes e os diferentes tratamentos resultaram em materiais com características distinta. Por fim, a natureza biodegradável deste material é mais um fator importante que o torna atraente no design de objetos.

REFERÊNCIAS

- Silva, B. D. S., Ulhoa, C. J., Batista, K. A., Medeiros, M. C. D, Filho, R. R. S., Yamashita, F., Fernandes, K. F. **Biodegradable and bioactive GP/PVA film for fungal growth inhibition.** Carbohydrate Polymers, 89, p. 964-970. 2012.
- Fahim, I.S.; Elhaggar, S.M.; Elayat, H. **Experimental Investigation of Natural Fiber Reinforced Polymers.** Materials Sciences and Applications, 3, p. 59-66, 2012.
- Gauder, M; Groeff-Honninger, S.; Claupin, M. **The impact of a growing bioethanol industry on food production in Brazil.** Applied Energy, 88, p. 672-679, 2011.
- Guo, X. P.; Amidon, T.E.; Lai, Y. Z. **A ação do tratamento ácido na reatividade da lignin da madeira.** O Papel, 69, p. 70-78, 2008.
- Limpan, N.; Prodpran, T.; Benjakul, s.; Prasarpran, S. **Properties of biodegradable blends films based on fish myofibrillar protein and polyvinyl alcohol as influenced by blend composition and pH level.** Journal of Food Engineering, 100, p. 85-92, 2010.

Longue-Júnior, D.; Colodette, J. L.; Gomes, V. J. **Extraction of wood hemicelluloses through NaOH leaching** Cerne, 16, p. 423-429, 2010.

Pickering, K. **In: Properties and Performance of Natural Fiber Composites**, University of Waikato, Waikato, 2008.

Sadiku-Agboola, O.; Sadiku, E.R.; Adegbola, A.T.; Frank, O. **Rheological properties of polymers: structure and morphology of molten polymer blends**. Materials Sciences and Applications, 2, p. 30-41, 2011.

Silva, T.M.; Santiago, P.O.; Purcena, L.L.A.; Fernandes, K.F. **Study of the cashew gum polysaccharide for the horseradish peroxidase immobilization — Structural characteristics, stability and recovery**. Materials Science and Engineering, 30, p. 526-530, 2010.

Wambua, P.; Ivens, J.; Verpoest, I. **In: Natural Fibers: can they replace glass in fiber reinforced plastics?** Metalurgy and Materials Engineering, Belgium, 2007.