



## Transformação de *blend* de cabelo humano em feltro de fibra de carbono

BLANCO, G.<sup>1a</sup>; RODRIGUES, A.<sup>1b</sup>; MARCUZZO, J.<sup>1c</sup>; BALDAN, M.<sup>1d</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil

<sup>a</sup>Aluno de Mestrado do curso de Ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores - CMS.

<sup>b</sup>Aluno de Doutorado do curso de Ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores - CMS.

<sup>c</sup>Coorientador, Laboratório Associado de Materiais e Sensores – CMS.

<sup>d</sup>Orientador, Laboratório Associado de Materiais e Sensores – CMS.

blanco.sjc@gmail.com

---

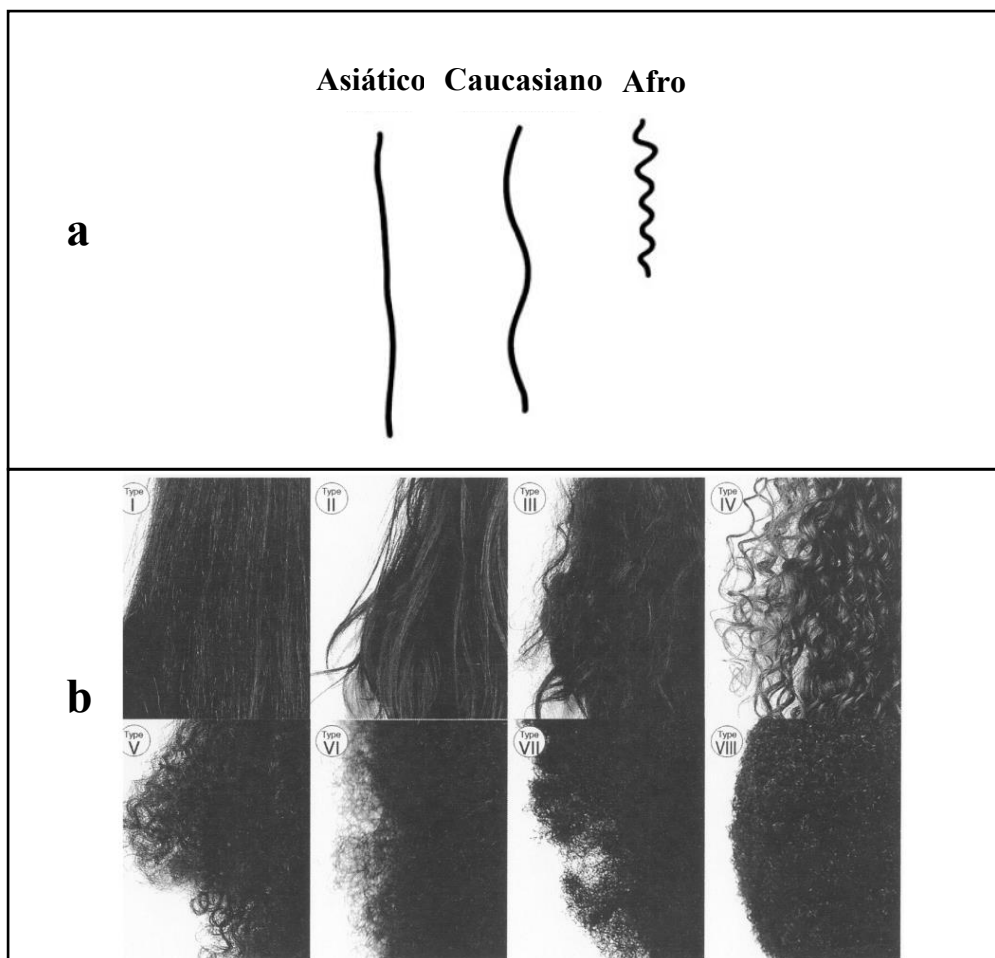
**Resumo.** Este trabalho apresenta as etapas de fabricação de um feltro (tecido não tecido) proveniente de vários tipos de cabelos (*Blend*), e sua transformação como material carbonoso, tendo em vista a utilização de resíduos gerados em salões de beleza e barbearias. As etapas que consistem na conversão do resíduo de cabelo em feltro são; a oxidação e a carbonização. Estes processos permitem transformar o cabelo em material termofixo, além de promover a evaporação do córtex, deixando o filamento oco. Tais condições demonstram que o cabelo poderá se tornar uma fibra de carbono de alta área de superfície e elevada área específica, características desejáveis para uma futura aplicação como supercapacitor, peneira molecular ou ainda como *scaffold* para cultura celular.

---

**Palavras-chave:** Resíduo; Cabelo humano; Feltro de Carbono; Supercapacitor.

### 1. Introdução

No quadro atual, a palavra cabelo é muito difundida em áreas da beleza e saúde dos fios. Mas quando este sai do couro cabeludo, torna-se um material considerado inútil na maioria das sociedades e, portanto, é disposto como resíduo (Kumar et al., 2009). O Brasil é um país com uma mistura étnica muito alta (Kehdy et al., 2015) e, como resultado, tem-se uma grande diversidade de tipos de cabelo. Os cabelos podem ser classificados em três grandes grupos geo-raciais: afro, asiático e caucasiano como mostrado na figura 1a, ou ainda podem ser classificados, em até 8 tipos de acordo com a curvatura do fio, através do Método de Análise da Arvore de Segmentação do inglês Segmentation Tree Analysis Method (STAM), mostrado na figura 1b (Mettrie et al., 2007; Robbins, 2012).



**Figura 1. a) Formato do cabelo humano de diferentes origens geo-raciais. (Adaptado de Robbins, 2012) e b) Ilustração da aparência de oito tipos de cabelos cacheados (Mettrie et al., 2007).**

Portanto, o resíduo gerado em salões de beleza e barbearias é de conteúdo heterogêneo. De acordo com uma estimativa apresentada pela empresa Dinâmica Ambiental (empresa que faz coleta de cabelos descartados na cidade de São Paulo pelo projeto Beleza Verde em parceria com a ONG Matter Of Trust | Eco-Enthusiasts for Renewable Resources), cerca de 100 kg de resíduos de cabelos são coletados anualmente em 40 salões, extrapolando este número para 600.000 (nº aproximado de salões registrados no Brasil) (Schreider, 2018; SEBRAE, 2016), tem-se um total de 1.500.000kg/ano. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o cabelo pode ser classificado como resíduo sólido não perigoso classe II B – Inerte, e por isso, é direcionado a aterros sanitários. Atualmente, muitos pesquisadores tem como motivação científica a busca de soluções para diminuições de resíduos e existem muitos trabalhos relacionados com a utilização de materiais orgânicos como precursores de materiais carbonosos (Chen et al., 2013; Jos; Meirelles, 2010; Marsh; Rodríguez-Reinoso, 2006; Phan et al., 2006; Soto et al., 2011; Suzuki, 1994; Těšinová, 2011). Dentre os diversos materiais carbonosos, as fibras de carbono (FC)



possuem características especiais quando comparadas com outros materiais de carbono (Newcomb, 2016). A obtenção de fibras de carbono envolve um tratamento térmico do precursor, orgânico ou sintético, em temperatura elevada na presença de diferentes gases. Este trabalho visa a utilização de cabelo humano proveniente de resíduo, tornando-o um material precursor alternativo para fabricação de FC.

## 2. Metodologia

Preparou-se uma mistura (denominado neste trabalho com *blend*) composto por vários tipos de cabelos, visando simular o conteúdo encontrado em resíduo de um salão de beleza. Dentre os tipos de cabelos estão o caucasiano natural, caucasianos submetidos a processamentos químicos (descoloração, permanente, alisamento ou coloração), asiático natural e o afro natural. Todos os cabelos foram fornecidos por Studio Tata Blanco. Nesse processo, os fios de cabelo foram colocados sobre uma superfície esponjosa e, com auxílio de uma agulha para feltrar, trabalhou-se o material até obter-se uma estrutura firme como feltro de cerca de 30 X 20 cm, conforme apresentado na figura 2. O processo empregado é conhecido como feltragem manual por agulhamento.



Figura 2. Feltro do *blend* de cabelos.

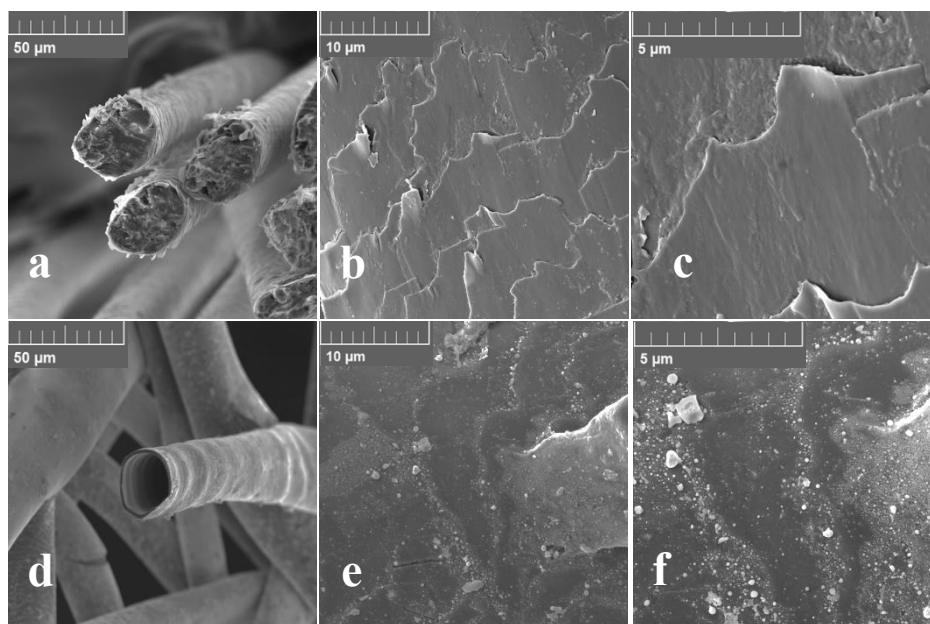
O feltro de cabelo foi cortado em formato retangular, com aproximadamente 40 × 30 mm. A amostra foi colocada em um forno tubular, da marca EDG, modelo HI40, para oxidação e posterior carbonização. O feltro de cabelo carbonizado foi caracterizado por Microscopia Eletrônica de Varredura com Emissão de Campo, marca TESCAN, modelo VEGA pertencente ao LABAS/INPE. Nessa técnica, analisaram-se a topografia externa e a seção transversal dos filamentos das fibras. A amostra também foi caracterizada pela técnica espectroscopia por espalhamento Raman, marca Horiba Scientific, modelo Labram Hr Evolution, utilizando o laser de 514,6 cm<sup>-1</sup>, pertencente ao LABAS/INPE. Nessa técnica, analisaram-se as bandas de intensidade de energia, que estão associadas à estrutura eletrônica e vibracional do carbono.



### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Análise Morfológica

Nas figuras 3a, 3b e 3c, são apresentadas as micrografias do feltro de cabelo *in natura*, ou seja, sem nenhum tipo de tratamento térmico. Podem-se observar estruturas preservadas e com as regiões, tanto das células cuticulares (lâminas exteriores sobrepostas) quanto do córtex (interior maciço) bem definidas típicas de um cabelo saudável. As micrografias 3d, 3e e 3f são referentes as fibras já oxidadas e carbonizadas. É possível observar ausência no interior do filamento, o que é esperado, uma vez que o processo de oxidação volatiliza algumas estruturas, tornando a fibra oca em formato de tubo (Blanco et al., 2019; Chen et al., 2013; Pina et al., 2018). Também é possível visualizar que as células cuticulares, aparentam estarem fundidas entre si e com uma morfologia de superfície distinta da inicial.



**Figura 3:** Imagens obtidas de FEG-SEM da amostra de feltro *blend* já carbonizado, sendo a), b) e c) material de partida com 1kx, 5kx e 15kx respectivamente e d), e) e f) material após carbonização com 1kx, 5kx e 15kx respectivamente.

#### 3.2 Espalhamento Raman

Para uma melhor compreensão quanto à microestrutura do material, o feltro *blend* de cabelo carbonizado foi submetido à análise de espectroscopia Raman. Esta técnica é amplamente utilizada para a análise de materiais carbonosos devido a sua sensibilidade a diferentes estruturas de carbono, permitindo a identificação de um material carbonoso, determinação dos tamanhos dos cristalitos, a fração da fase amorfa presente e a tensão residual (Amaral Junior et al., 2017).

Os espectros Raman de todos os materiais carbonosos exibem picos característicos na



região entre 1000 e 1800  $\text{cm}^{-1}$  para energia de excitação no visível, as bandas encontradas nestes intervalos são conhecidas como bandas D (1200 a 1400  $\text{cm}^{-1}$ ) e G (1500 a 1600  $\text{cm}^{-1}$ ) (Junior, 2018). A figura 4 mostra o espectro Raman de primeira e segunda ordem, do feltro carbonizado, que apresentam 2 picos principais próximos a 1335 e 1600  $\text{cm}^{-1}$ , (designados banda D para defeitos, e banda G para grafite, respectivamente).

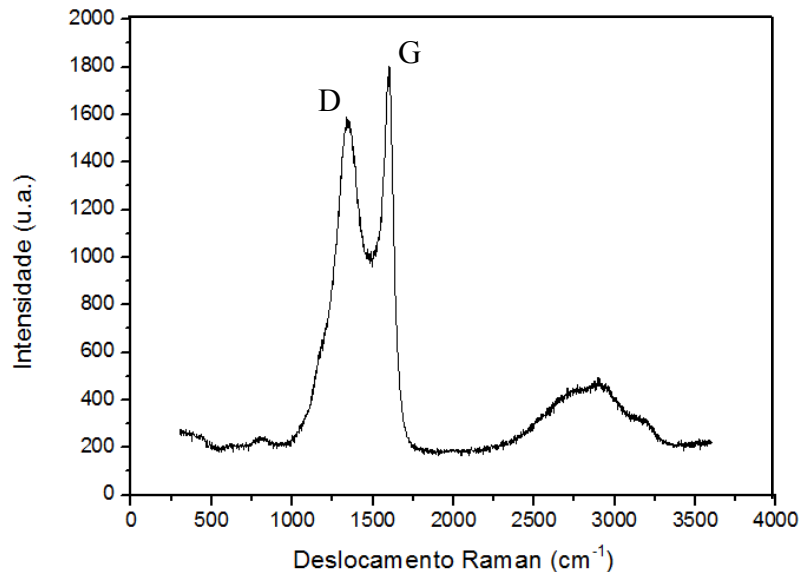


Figura 4. Espectro Raman da amostra de feltro *blend* de cabelo oxidado e carbonizado

Uma vez que o espectro de espalhamento Raman apresenta os picos característicos de um material carbonoso, é possível afirmar que, após o processo de oxidação e carbonização, o feltro *blend* foi transformado em feltro de carbono.

#### 4. Conclusão

Após a oxidação e a carbonização, o feltro *blend* de cabelo manteve sua estrutura dimensional e houve a perda do córtex, tornando-o um tubo. A análise de espectroscopia Raman, apresentou picos característicos de materiais carbonosos (bandas D e G) podendo-se afirmar que o feltro *blend* de cabelo tornou-se um FC. Estes resultados demonstram que, após o processo de conversão, o cabelo humano pode ser considerado em material precursor alternativo para fabricação de FC, podendo ser promissor em testes como eletrodo de supercapacitores e outras aplicações, substituindo materiais sintéticos e orgânicos já utilizados, tornando esse método de produção eficiente ecologicamente, pois visa a redução do volume de lixo destinado a aterros sanitários.

*Agradecimentos:* Agradeço aos meus orientadores por me apoiarem financeiramente e de forma especial a aluna de doutorado Aline Rodrigues pela obsequiosidade.



## Referências

- Amaral Junior, M. A. et al. Production and Characterization of Activated Carbon Fiber from Textile PAN Fiber. **Journal of Aerospace Technology and Management**, v. 9, n. 4, p. 423–430, 19 out. 2017.
- Blanco, G. C. et al. Preparação de cabelo caucasiano como material carbonoso. **Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo**, v. 38, n. 1, p. 10, 2019.
- Chen, W. et al. Activated carbon powders from wool fibers. **Powder Technology**, v. 234, p. 76–83, 2013.
- Jos, A.; MEIRELLES, A. Transferência De Calor Em. n. 1, p. 3–4, 2010.
- Kehdy, F. S. G. et al. Origin and dynamics of admixture in Brazilians and its effect on the pattern of deleterious mutations. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 28, p. 8696–8701, 2015.
- Kumar, S. et al. Assessment of the status of municipal solid waste management in metro cities, state capitals, class I cities, and class II towns in India: An insight. **Waste Management**, v. 29, n. 2, p. 883–895, 2009.
- Marsh, H.; RODRÍGUEZ-REINOSO, F. Applicability of Activated Carbon. In: **Activated Carbon**. 1. ed. North Shields, UK: Elsevier, 2006. p. 383–453.
- Mettrie, R. DE LA. et al. Shape Variability and Classification of Human Hair: A Worldwide Approach. **Human Biology**, v. 79, n. 3, p. 265–281, 2007.
- Phan, N. H. et al. Production of fibrous activated carbons from natural cellulose (jute, coconut) fibers for water treatment applications. **Carbon**, v. 44, n. 12, p. 2569–2577, 1 out. 2006.
- Pina, A. et al. Supercapacitor Electrode Based on Activated Carbon Wool Felt. **C**, v. 4, n. 2, p. 24, 16 abr. 2018.
- Robbins, C. R. **Chemical and Physical Behavior of Human Hair**. 5. ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012.
- Rodrigues, A. C. **Caracterização de fibras de carbono ativado - aplicação em supercapacitores utilizando deposição de prata e ferro**. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, Brasil, 2018.
- Schreider, S. M. **Relação entre os determinantes de satisfação dos clientes em serviços de salão de beleza baseado no modelo de Tinoco (2011): um estudo na cidade de Juiz de Fora (MG)**. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2018.
- SEBRAE. **Práticas de empreendedorismo para salões de beleza no brasil**. Disponível em:  
<[https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/4602d82927d00015cd3a739fc78b01ae/\\$File/7384.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/4602d82927d00015cd3a739fc78b01ae/$File/7384.pdf)>. Acesso em: 11 jul. 2019.
- Soto, M. L. et al. Recovery, concentration and purification of phenolic compounds by adsorption: A review. **Journal of Food Engineering**, v. 105, n. 1, p. 1–27, 2011.





**9º Workshop em Engenharia e Tecnologia Espaciais**  
15 e 16 de Agosto de 2018

Suzuki, M. Activated carbon fiber: Fundamentals and applications. **Carbon**, v. 32, n. 4, p. 577–586, 1 jan. 1994.

Těšinová, P. **Advances in Composite Materials - Analysis of Natural and Man-Made Materials**. 1. ed. Rijeka, Croatia: Intech Open, 2011.