

SÍNTESE DE NANOFIOS DE PRATA: APLICAÇÕES EM TINTAS CONDUTORAS*

Carlos Martins Viana¹
Tatiane Gomes dos Santos¹
Nina Souza Leão¹
Luiz Orlando Ladeira²

Resumo

Neste trabalho, foram sintetizados e caracterizados nanofios de prata que posteriormente foram usados para produção de uma tinta condutora cuja, caracterização elétrica foi medida através de valores de tensão versus corrente. A primeira fase do trabalho consiste na obtenção dos nanofios pelo método polioli. Nesta fase, fez-se uma análise da estrutura dos fios, com o objetivo de verificar a uniformidade (forma e tamanho). Para estudos da estrutura utilizou-se a microscopia ótica (MO) e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Também utilizou-se a espectroscopia de Ultravioleta-Visível (Uv-Vis) para identificação dos nanofios no produto obtido. A segunda fase, consiste no desenvolvimento da tinta condutora, onde nanofios foram redispersados em uma mistura de solventes e CTAB em banho de ultrassom, para obtenção de valores de tensão superficial e viscosidade. Por fim, medidas de corrente contínua da tinta, permitiram a construção da curva tensão versus corrente, da qual se obteve o valor da resistência elétrica. Através da curva foi possível comprovar o caráter condutor da tinta e pela linearidade da curva, verificou-se que a tinta produzida é considerada um material ôhmico.

Palavras-chave: Nanofios de prata; Tinta condutora; Resistência elétrica; Lei de ohms.

SILVER NANOWIRES SYNTHESIS FOR THE MANUFACTURE OF CONDUCTIVE INKS

Abstract

In this work, we were synthesized and characterized silver nanowires were subsequently used for producing a conductive ink which, electrical characterization was measured by voltage versus current values. The first stage of the work is to obtain the nanowires by polyol method. At this stage, an analysis was made of the yarn structure with the aim of verifying the consistency (size and shape). For studies of the structure used the optical microscopy (OM) and scanning electron microscopy (SEM). It also used the ultraviolet-visible spectroscopy (UV-Vis) for identification of the nanowires in the product. The second stage consists in the development of conductive ink, which nanowires were again dispersed in a mixture of solvents and CTAB in an ultrasound bath, to obtain surface tension and viscosity values. Finally, continuous current measurements ink, allowed the construction of the voltage versus current curve, from which was obtained the value of the electrical resistance. Through the curve was possible to prove the driver nature of the ink and linearity of the curve, it was found that the ink produced is considered an ohmic material.

Keywords: Silver nanowires; Conductive ink; Electrical resistance; Ohms Law.

¹ *Graduação em Engenharia Química, Departamento de Física, ICEX, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil*

² *Doutor em Física, Departamento de Física, ICEX, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

Nanopartículas metálicas e nanofios ganharam mais atenção recentemente, devido ao potencial de aplicações em vários campos, incluindo eletrodos condutores transparentes; transistores de películas finas orgânicas; identificação por radiofrequência (RFID), dentre outras. Os nanofios de prata são particularmente interessantes, pelo fato da prata apresentar uma elevada condutividade elétrica (ou térmica). Ela também tem sido utilizada em uma variedade de aplicações comerciais, e o seu desempenho nestas aplicações, pode ser potencialmente reforçado pela transformação da prata em nanoestruturas com dimensões bem controladas [1]. Estudos em sistemas com dimensões nanométricas está relacionado ao fato de que novas propriedades físicas e químicas podem ser melhoradas quando comparadas à tamanhos microscópico ou macroscópico. Quando em escala nanométrica, materiais metálicos podem tornar-se isolantes, por exemplo. Um sistema quimicamente inerte, como o ouro, também pode se tornar bastante reativo na forma de nanopartículas. As características magnéticas muito bem estabelecidas para alguns materiais podem deixar de existir quando estes são preparados em escala nanométrica [2].

Tintas condutoras produzidas a partir de nanofios de prata são de interesse em diversas áreas, tais como displays, eletrônica, óptica e sensores, devido às vantagens de baixo custo de produção e fabricação. Tais tintas, demonstraram ter um grande potencial na indústria eletrônica [3].

Para a produção de tintas condutoras é necessário que haja a formação de nanocompósitos, neste caso, constituídos de fios de prata e polímeros. Isso, acrescentaria ao material propriedades físicas e químicas nitidamente distintas, em sua composição.

Esse trabalho destaca o estudo sobre a síntese de nanofios de prata pelo processo de redução química (método poliol). Tal processo, se caracteriza por ser mais versátil e de baixo custo quando comparado aos tradicionais. A partir desse novo processo propomos a obtenção de uma tinta com padrões condutores, com boas propriedades elétricas e de baixo custo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os nanofios de prata foram sintetizados por redução química utilizando etilenoglicol como agente redutor da prata. O PVP desempenha o papel de agente tensoativo e o cloreto de sódio atuante na estabilização da dispersão. A síntese foi realizada em banho de óleo previamente aquecido em aproximadamente 185°C. Em seguida, preparou-se três soluções distintas, a primeira contendo 1 mL de etilenoglicol com 0,9 mol/L de nitrato de prata. A segunda contendo 0,6 mL de etilenoglicol com 0,01mol/L de cloreto de sódio e a terceira contendo 18,4 mL de etilenoglicol com 0,286 mol/L de PVP K90. Estas soluções foram então transferidas para um balão de 50mL, conforme ordem de preparo. O produto final obtido caracteriza-se por uma mistura de nanopartículas e nanofios de prata. Utilizando metanol e CTAB preparamos a tinta condutora à base de nanofios de prata. Essa tinta foi transferida para uma membrana de celulose, sendo posteriormente depositada em uma placa de vidro. Por fim, a mesma foi submetida ao aquecimento em uma estufa a vácuo, à temperatura de 60°C.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através de microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura visualizamos grande quantidade de nanofios de prata, com diferentes tamanhos. Também observamos a presença nanopartículas de prata. Na Figura 1, observa-se que os nanofios estão uniformes em tamanho e forma. Observa-se também, a presença de nanopartículas de prata e alguns bastões de prata.

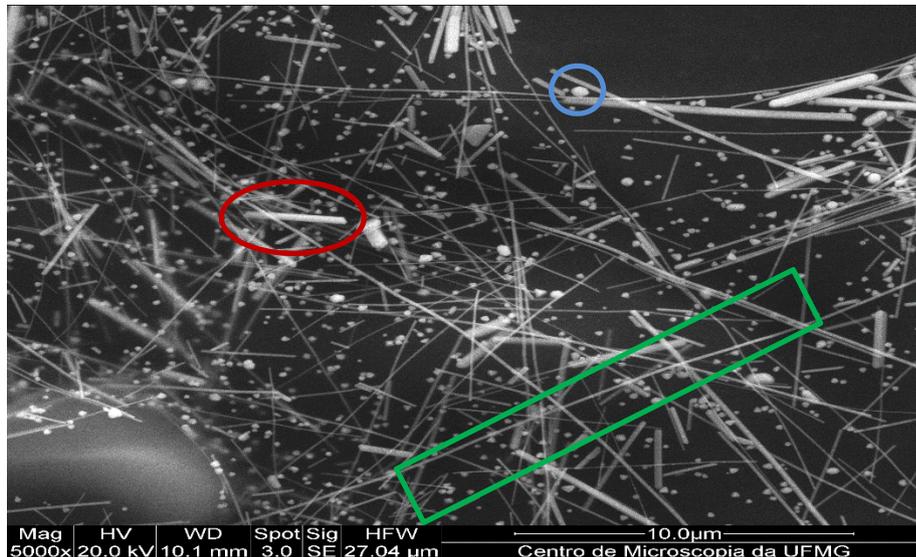


Figura 1: Microscopia eletrônica de varredura dos nanofios de prata crescidos pelo método poliol. Observa-se a presença de nanopartículas e nanobastões de prata (escala 10 μm).

Através deste resultado, destacamos a influência do PVP utilizado na síntese, pois ele desempenha um papel importante no controle da forma dos mesmos [4]. Nos espectros UV-Vis da solução de nanofios de prata (Figura 2), observa-se que o comprimento de onda máximo de absorção (λ) para os nanofios está centrado em aproximadamente 360 e 382 nm. Logo, pode-se constatar a presença de nanofios de prata, no produto da síntese conforme descrito por Zhu (2011). Tal trabalho, destaca comprimentos de onda de absorção em 355 e 390nm [5]. Essa observação é consistente com os resultados das microscopias obtidas. Assim, podemos concluir que foi possível sintetizar os nanofios de prata pelo método adotado.

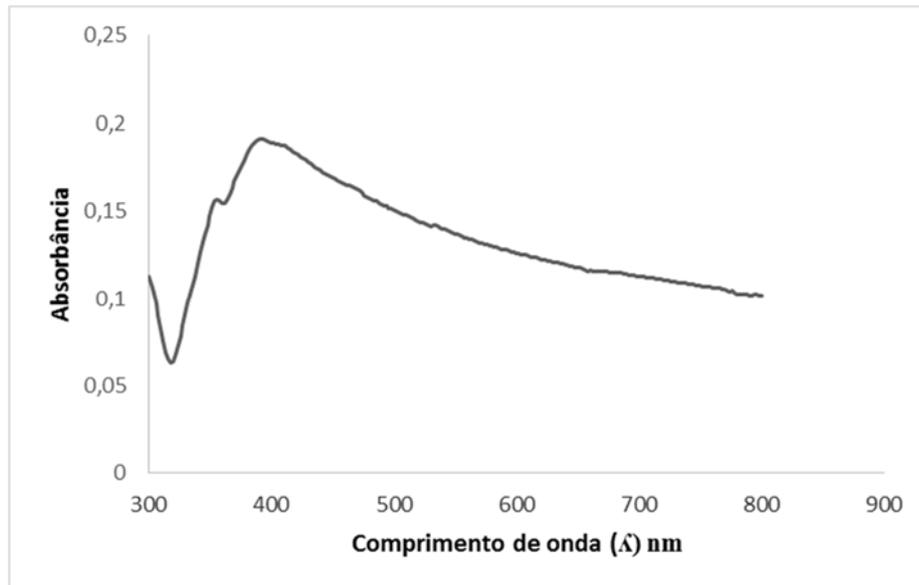


Figura 2: Espectroscopia de UV-Vis para a amostra de nanofios de prata obtidos pelo método poliol

A Figura 3 mostra o resultado da medida da resistência da tinta produzida à base de nanofios de prata através de uma diferença de potencial.

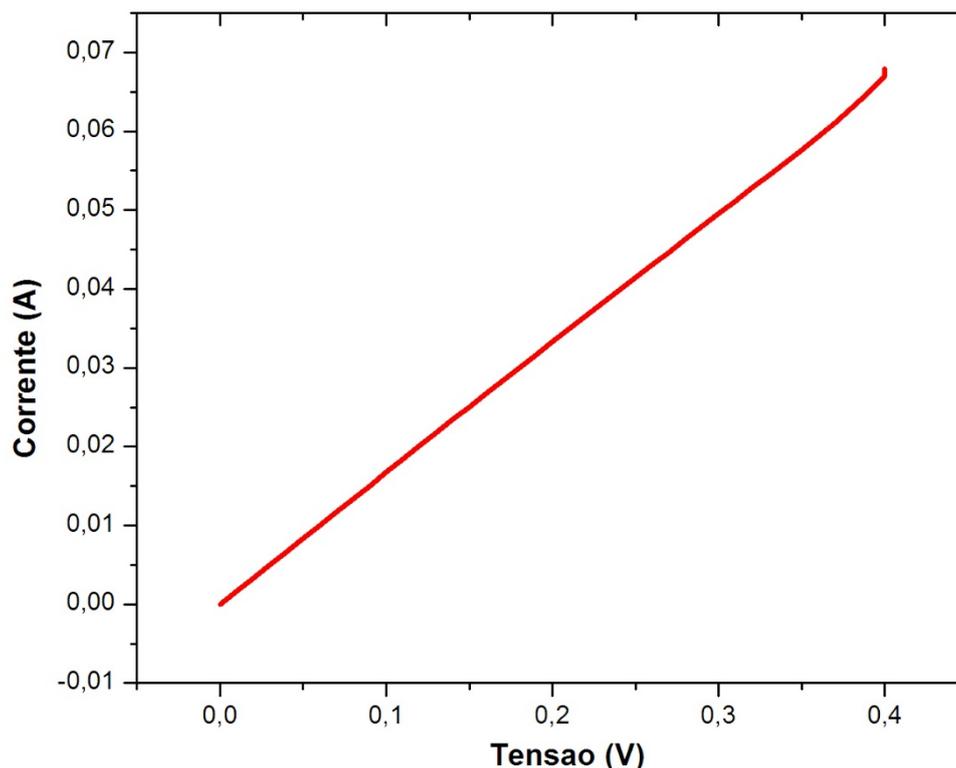


Figura 3: Medida de resistência para tinta à base de nanofios de prata.

Com este resultado pode-se concluir que a tinta produzida é um condutor ôhmico, pois obedece à lei de ohm e o valor da sua resistência é $6,58 \Omega$. Pode-se observar também que para o valor de tensão 0,4 o gráfico apresentou um pequeno desvio, indicando que, partir desse ponto, o valor da resistência do material está mudando. Isso implica que, à partir desse ponto o material deixa de ser ôhmico.

Através dos resultados, verificamos que nanofios de prata, mostraram-se eficientes na produção da tinta condutora, sendo os mesmos responsáveis pelas características elétricas da tinta. A vantagem do material ser ôhmico é que o valor da resistência do material é constante em qualquer ponto do gráfico, não ocorrendo variações na resistência.

4 CONCLUSÃO

Por meio dos resultados obtidos (caracterizações estruturais e espectroscopia de UV-Vis), pode-se concluir que o processo de redução química (método poliol) mostrou-se eficiente para obtenção dos nanofios. A medida elétrica realizada para a tinta à base de nanofios de prata foi para constatação do caráter condutor do material. Chegou-se a conclusão de que os nanofios de prata atribuem o caráter condutor para a tinta. A curva I-V permitiu a comprovação do caráter condutor da mesma, sendo que sua resistência é igual $6,58 \Omega$ e permanece constante ao longo da curva. Logo podemos dizer que o novo material é um material condutor ôhmico. Como o trabalho teve maior ênfase no processo produtivo dos nanofios e da tinta condutora. Trabalhos futuros sugerem um estudo mais aprofundado da morfologia e das propriedades elétricas do material desenvolvido, também pode-se sugerir o estudo da viabilidade de uso em desenvolvimento de telas transparentes sensíveis ao toque e como condutor em dispositivos eletrônicos nanoestruturados ou em eletrônica molecular, além de estudos sobre a influência do PVP na formação dos nanofios de prata.

Agradecimentos

Laboratório de Nanomateriais da UFMG, CNPq e CAPES.

REFERÊNCIAS

- 1 Sun Y, Gates B, Mayers B, Xia Y. Crystalline Silver Nanowires by Soft Solution Processing. Department of chemistry, University of Washington, Seattle, Washington. 2002 [acesso em 25 de maio. 2014];2:165-168. Disponível em: <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/nl010093y>
- 2 Santos CL. Estudo de Primeiros Princípios em Nanofios de Arseneto de Índio e Fosfeto de Índio [tese de doutorado]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2011.
- 3 Wu JT, Hsu SLC, Tsai MH, Liu YF, Hwang WS. Direct ink-jet printing of silver nitrate-Silver nanowire hybrid inks to fabricate silver conductive lines. 2012 [acesso em 10 de jun.2014];22,15599-15605. Disponível em: <http://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2012/jm/c2jm31761c>
- 4 Chou KS, Lai YS. Effect of polyvinyl pyrrolidone molecular weights on the formation of nanosized silver colloids. 2004 [acesso em 15 de jun. 2014];83, 82-88. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254058403004541#>
- 5 Zhu JJ, Kan CX, Wan JG, Han M, Wang GH. High-Yield Synthesis of Uniform Ag Nanowires with High Aspect Ratios by Introducing the Long-Chain PVP in an Improved Polyol Process. 2011 [acesso em 18 de jun. 2014]. Disponível em: <http://www.hindawi.com/journals/jnm/2011/982547/>