

7 Conclusões

O presente trabalho tinha por objetivo o desenvolvimento de um sensor a fibra óptica baseado no efeito de LSPR. Além da proposta desse sensor, foram apresentadas duas formas de fabricação de nanopartículas metálicas: através do aquecimento de filmes metálicos obtidos pelo processo de evaporação e de sputtering e através de reações químicas que resultam em uma solução de nanopartículas metálicas. O resultado esperado era que o sensor tivesse comportamento linear e o valor do comprimento de onda para o qual ocorre máxima extinção da luz se deslocasse para o vermelho (red-shift). O valor encontrado na simulação computacional foi uma variação de $100nm/RIU$.

Observou-se que fabricando-se as nanopartículas através do aquecimento de filmes de ouro depositados por sputtering não se obteve uma resposta satisfatória. No entanto, os resultados de deposições de filmes de ouro por este mesmo processo em substratos vítreos geraram resultados muito consistentes. O processo de fabricação de nanopartículas utilizando-se a deposição por sputtering será investigado em trabalhos futuros.

Com nanopartículas obtidas através do aquecimento de filmes metálicos feitos por evaporação foi possível visualizar a mudança na aparência da curva de extinção da luz quando as nanopartículas estavam imersas em água ($n=1,33$) em relação à curva de extinção da luz quando as nanopartículas estavam imersas em ar ($n=1,00$). Utilizando nanopartículas de ouro, os comprimentos de onda LSPR ficaram em torno de 500nm (para medições feitas no ar), o que é compatível com o valor encontrado na literatura ($\sim 520nm$, $n=1,00$).

Já fazendo uso das nanopartículas de prata como elemento sensor, apesar da semelhança que os resultados tiveram com os resultados obtidos usando nanopartículas de ouro, verificou-se que é necessário fazer uma investigação mais profunda dos resultados a fim de confirmar a eficácia dessas nanopartículas como elemento sensor. Nos resultados que forneceram curvas condizentes com às vistas para as nanopartículas de ouro, os comprimentos de onda de pico LSPR

encontrados são aproximadamente iguais à 400nm. Esses valores estão próximos aos encontrados na literatura (~430nm, no ar). Em um dos resultados mostrados (Figura 27), os valores dos comprimentos de onda de LSPR não se deslocaram linearmente para valores mais altos, mas, o resultado mostrado na Figura 28, houve o deslocamento dos comprimentos de onda para o vermelho (red-shift) como esperado e em ambos acontece a mudança do formato das curvas de extinção da luz quando aumentou-se o valor do índice de refração onde as nanopartículas estavam imersas.

Foi possível observar também bons resultados utilizando as nanopartículas fabricadas quimicamente. As medições feitas com as nanopartículas de 13nm foram as que tiveram os melhores resultados. Entretanto, os melhores resultados aconteceram quando foram realizados testes logo após o fim do processo de deposição e também quando foram utilizadas soluções de água + glicose. Nessas medições foi possível observar o deslocamento de λ_{LSPR} para comprimentos de onda mais altos (red-shift), concordando com a simulação computacional feita. Os resultados apresentados são reprodutíveis, fato que é indispensável para dizer se um sensor funciona. Foram realizadas também medições em líquidos diferentes das soluções de água + glicose que não apresentaram o comportamento linear desejado. Como as medições foram feitas muito dias depois do processo de deposição, é possível que haja um envelhecimento das nanopartículas, fato este que será investigado futuramente, e por isso os resultados obtidos não tenham sido os resultados esperados. Além disso, a conversão dos vales das curvas de extinção da luz em índices de refração próximos a $n=1,00$ para picos em curvas obtidas na medição feita em índices de refração superiores a $n=1,33$ não foi observada em nenhum momento. A sensibilidade do sensor proposto neste trabalho foi de $39,22nm/RIU$, que é aproximadamente 40% da sensibilidade calculada na simulação computacional.

As medições feitas com nanopartículas de ouro de 40nm não indicaram qualquer mudança no valor do comprimento de onda de pico LSPR em relação aos valores obtidos com a utilização das nanopartículas de 13 nm. Entretanto, será necessária a realização de mais testes, visto que a quantidade de medições que foi possível fazer é insuficiente para fornecer uma conclusão acerca do funcionamento dessas nanopartículas como elemento sensor.

Os próximos passos a serem cumpridos para que se tenha um trabalho publicável são o teste da reprodutibilidade do sistema sensor considerando o tempo entre o preparo das nanopartículas e a aquisição dos dados. Outro fator a ser testado é o envelhecimento das amostras, como já citado. Deve ser feito também um estudo profundo sobre o comportamento da luz na interface dielétrico-MPTMS-metal quando se faz uso de nanopartículas produzidas e depositadas na face da fibra através de reações químicas para descobrir o motivo pelo qual o efeito LSPR está em comprimentos de onda mais curtos que aqueles observados quando foram utilizadas nanopartículas feitas através de evaporação de filmes finos na face das fibras (em torno de 470nm, para $n=1,00$).

Outro estudo que deve ser feito é se existe um índice de refração para o qual o sensor satura. Ainda não foi possível saber com exatidão a partir de que valores de n o sensor não funciona corretamente.

Para ampliar ainda mais a gama de substâncias usadas como meio onde as nanopartículas serão imersas, serão feitos testes utilizando soluções de aminoácido e de proteína. Isso servirá para sabermos se esse sensor que está sendo proposto pode ser usado como um biossensor.

Portanto, neste trabalho adquiriu-se o conhecimento das diferentes formas de fabricação das nanopartículas metálicas e de uso das mesmas como elemento sensor e os resultados obtidos mostram a potencialidade do sensor proposto.