



¹Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, FEUP, Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal

²Departamento de Física, ISEP, Politécnico do Porto, Rua Dr. António Bernardino de Almeida 431, 4249-015 Porto, Portugal

³CIETI/NBIN, ISEP, Politécnico do Porto, Rua Dr. António Bernardino de Almeida 431, 4249-015 Porto, Portugal

⁴Departamento de Física Aplicada, Faculdade de Ciências da Universidade de Vigo & CINBIO, Campus As Lagoas Marcosende, 36310 Vigo, Espanha

Resumo

O espectro de perda dielétrica é influenciado pela condutividade DC, que pode se sobrepor aos relaxamentos dielétricos das moléculas numa determinada gama de frequências. Este estudo analisa a permitividade dielétrica do nanofluido de grafeno as temperaturas de 333,15K e 343,15K. Utilizou-se esqualano como fluido base com 0,75% de nanopartículas de grafeno, sem surfactantes. A permitividade complexa foi medida entre 20 Hz a 30 MHz, e foram examinadas a condutividade elétrica, a permitividade estática e de alta frequência, e a tangente de perda. Observou-se variação significativa na condutividade entre as temperaturas, mas pouca variação na permitividade estática. A diminuição do tempo de relaxamento é atribuída à agitação térmica das moléculas. A permitividade infinita aumentou ligeiramente com a temperatura, possivelmente devido à "nanocamada" do fluido base ao redor das partículas de grafeno.

Introdução

Na espectroscopia dielétrica de sistemas líquidos contendo nanopartículas, o espectro de perda dielétrica é afetado pela contribuição da condutividade de corrente contínua (DC) σ , que às vezes se sobrepõe significativamente aos relaxamentos dielétricos relacionados à dinâmica lenta das moléculas que se distribuem a baixas frequências. Neste estudo, analisamos a permitividade dielétrica do nanofluido de grafeno nas temperaturas de 333,15K e 343,15K. O nanofluido foi preparado utilizando esqualano como fluido base com concentração volumétrica de 0,75% de nanopartículas de grafeno, sem adição de surfactantes para evitar interferências.

Metodologia

O nanofluido foi preparado pelo método de duas etapas [2], utilizando nanopartículas de grafeno com espessura entre 11 a 15 nm e área superficial de 50 a 80 m²g⁻¹ da casa comercial MK-nano com número CAS 7782-42-5, o fluido base foi o esqualano da casa comercial Caroline – Cosmética com número CAS 111-01-3. A permitividade complexa foi analisada na faixa de frequência de 20 Hz a 30 MHz, também examinamos a condutividade elétrica, a permitividade estática e de alta frequência e a tangente de perda. Para a realização das medidas experimentais de cálculo da permitividade relativa em função da frequência foi utilizado um medidor de precisão LCR, da casa comercial Hewlett Packard, modelo HP 4284A, para a faixa de frequência entre 20 Hz e 1 MHz, e o modelo HP 4285A, para frequências entre 75 kHz e 30 MHz.

Análise e Discussão

Os valores experimentais da permitividade, ϵ' , do nanofluido são apresentados na figura 1a e a variação do fator de perda experimental, ϵ'' , na figura 1b, em função da frequência angular para temperaturas de 343 e 333 K.

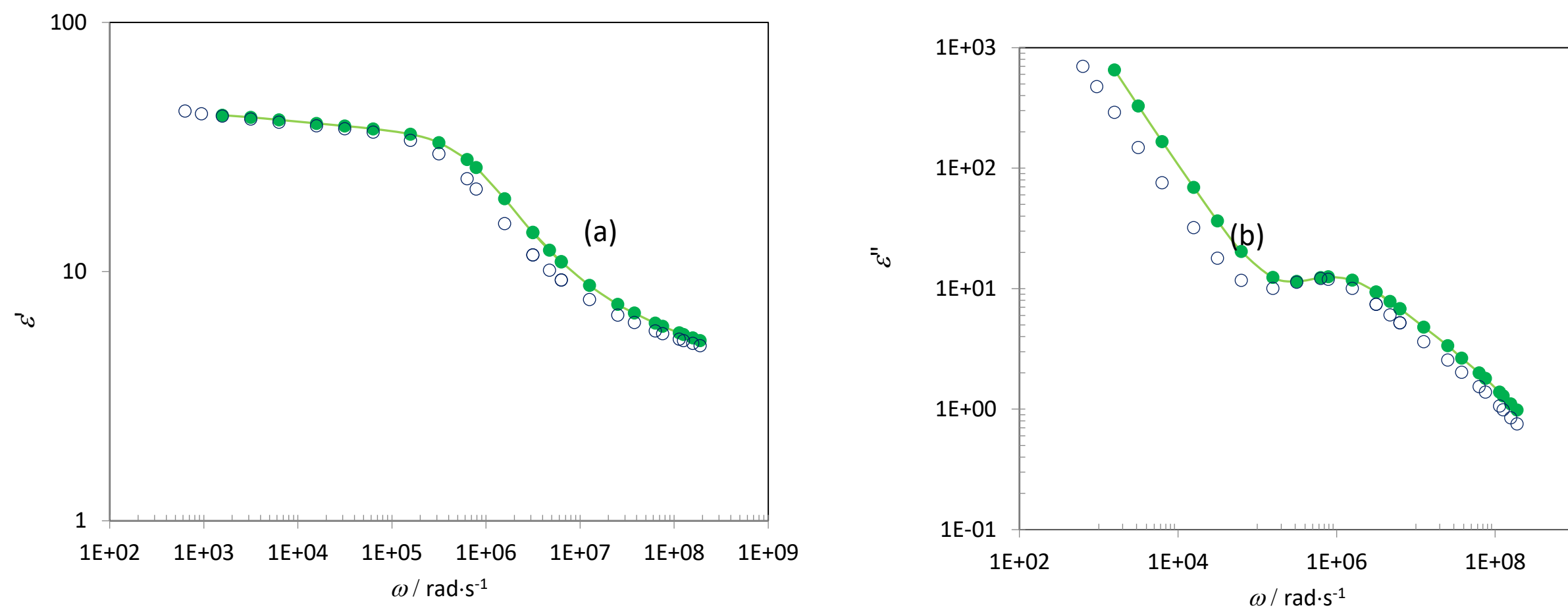


Figura 1 – (a) Variação da permitividade experimental com a frequência angular, e (b) variação do fator de perda experimental com a frequência angular nas temperaturas de: 343,15K (●), 333,15K (○). A linha contínua é orientada visualmente.

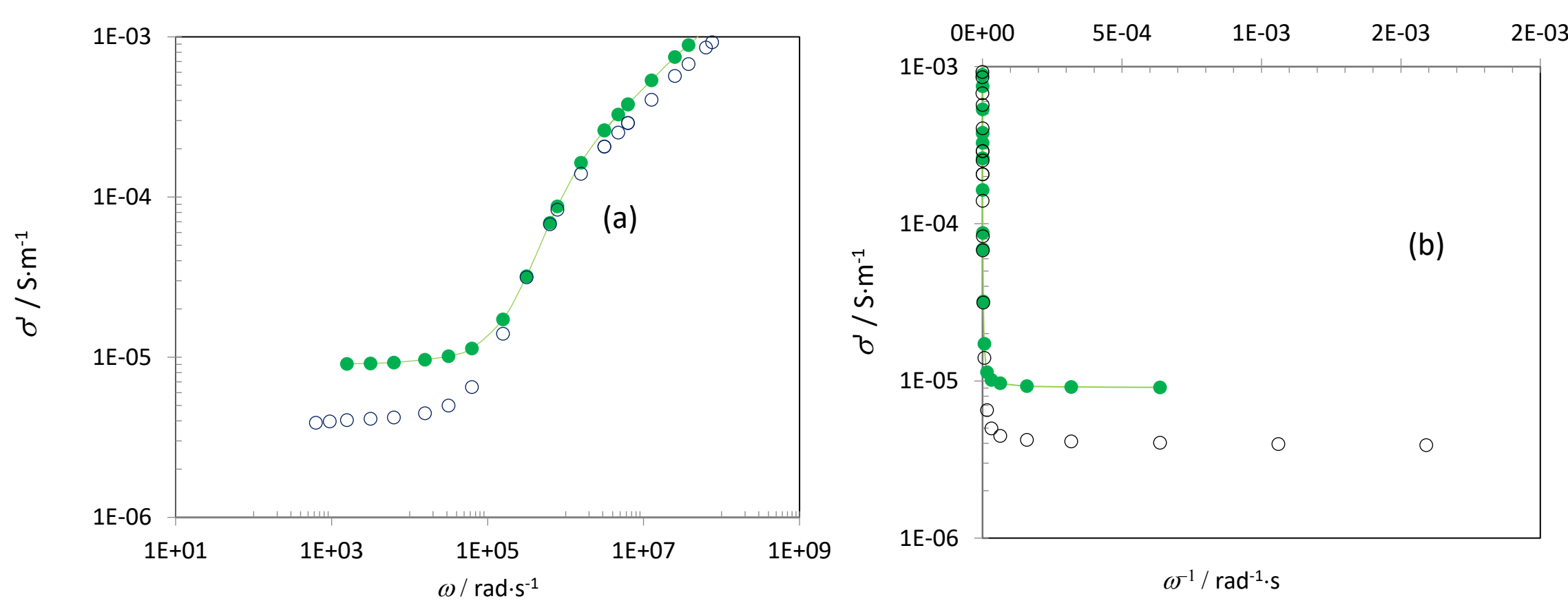


Figura 2 – (a) parte real da condutividade elétrica complexa em função da frequência, (b) em função do inverso da frequência angular nas temperaturas de: 343,15K (●), 333,15K (○)

Na figura 2a é possível observar o comportamento da parte real da condutividade elétrica complexa em função da frequência, e na figura 2b seu comportamento em função do inverso da frequência angular, verificando uma diferença significativa na condutividade σ entre as duas temperaturas.

Os parâmetros característicos da função dielétrica Cole-Cole [3][4] são apresentados na tabela 1, sendo o diagrama de Argand representado na figura a seguir, na qual se observa que para as duas temperaturas os dados se sobrepõem para este nanofluido com fluido à base de esqualano.

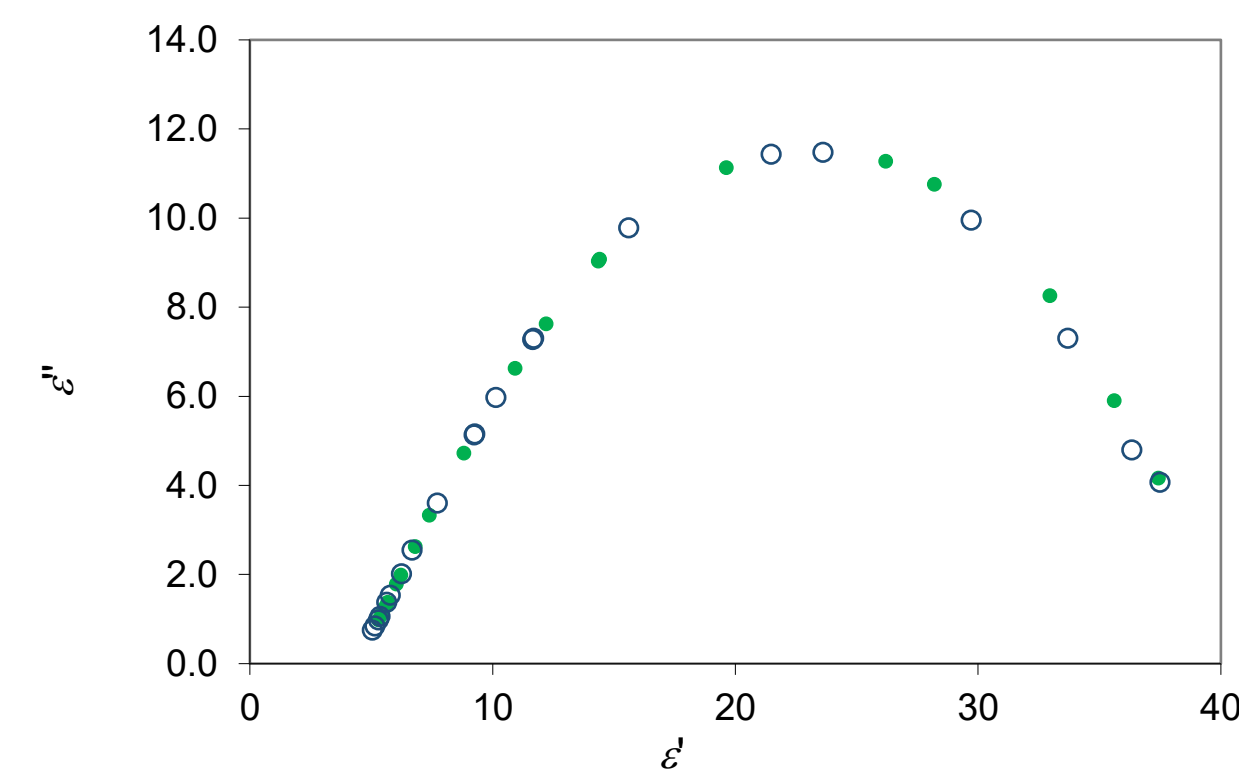


Figura 3. Diagrama de Argand para temperaturas 343.15K (●), 333.15K (○)

Equação de Cole-Cole [3][4]

$$\epsilon_{CC}^*(\omega) = \epsilon_{\infty} + \frac{\Delta\epsilon}{1 + (i \cdot \omega \tau_{CC})^{\beta}}$$

Tabela 1 – Parâmetros obtidos para a função dielétrica Cole-Cole.

T / K	$\sigma_0 / S m^{-1}$	$\omega_{max} / rad s^{-1}$	τ_{CC} / s	β	ϵ_s	ϵ_{∞}	$\Delta\epsilon$	$\delta\epsilon'$	$\delta\epsilon''$
333	3,86x10 ⁻⁶	7,1x10 ⁵	1,4x10 ⁻⁶	0,717	40,04	4,40	35,64	0,7	0,4
343	9,04x10 ⁻⁶	11,1x10 ⁵	0,9x10 ⁻⁶	0,732	40,10	4,42	35,68	0,7	0,4

Os valores experimentais para a parte real (ϵ') e parte imaginária (ϵ'') da permitividade para este nanofluido, após subtrair a contribuição da condutividade elétrica, que foi extrapolada em baixas frequências da parte real da condutividade elétrica complexa, são apresentado na figura 4.

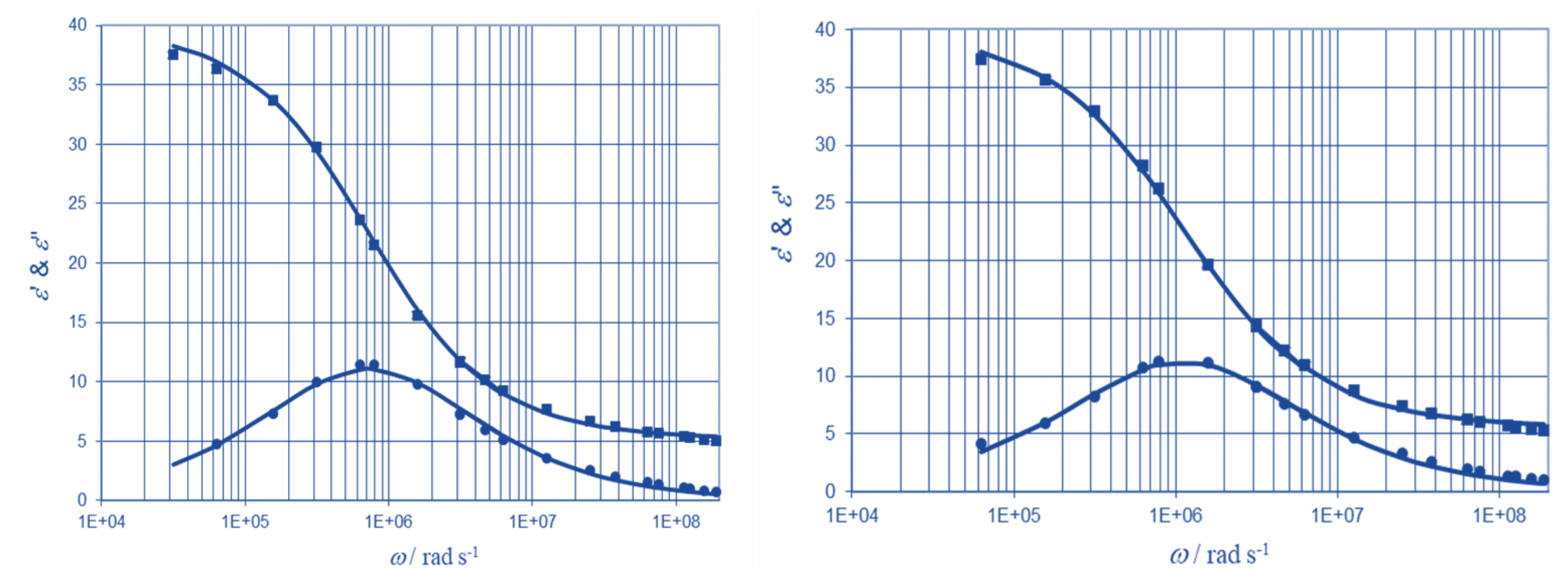


Figure 4 – Espectros dielétricos para o nanofluido grafeno em esqualano a 333,15 K e 343,15 K, respectivamente. Curva completa calculada para Cole-Cole [3-4].

Conclusão

Houve uma variação significativa na condutividade entre as duas temperaturas, mas sua permitividade estática não varia muito. Há também uma diminuição no tempo de relaxamento entre as duas temperaturas, o que é atribuído à agitação térmica das moléculas. Foi determinada a permitividade infinita, seu ligeiro aumento com a temperatura poderia ser explicado considerando a existência de uma "nanocamada" do fluido base, que envolve as partículas de grafeno, além do aumento considerado pela agitação térmica das partículas com a temperatura.

Agradecimentos

G. V. e C. R. agradece à FCT (Portugal) pelo projeto UIDB/04730/2020 e UIDP/04730/2020. T. P. I. agradece o apoio financeiro através da bolsa ED431C 2020-06 concedido pela Junta da Galiza (Espanha) e pela União Europeia H2020-MSCA-RISE-2019 PEPSA- Projeto MATE.

Referências

1. M. Spanova and G. Daumas, Eur. J. Lipid Sci. Technol., vol. 113 (2011) pp. 1299–1320.
2. M.F.Coelho, M.A.Rivas, G.Vilão, E.M.Nogueira, T.P.Iglesias, J. C. T., vol. 132 (2019) pp. 164–173.
3. K.S. Cole, R.H. Cole, J. Chem. Phys., vol. 9 (1941) pp. 341–352.
4. T.P. Iglesias, G. Vilão, João Reis, J. Appl. Phys, vol. 122, (2017) 074102.