

Universidade de São Paulo  
Instituto de Física de São Carlos

XII Semana Integrada do Instituto de  
Física de São Carlos

Livro de Resumos

São Carlos  
2022

# Semana Integrada do Instituto de Física de São Carlos

SIFSC 12

## Coordenadores

Prof. Dr. Osvaldo Novais de Oliveira Junior

Diretor do Instituto de Física de São Carlos – Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Javier Alcides Ellena

Presidente da Comissão de Pós Graduação do Instituto de Física de São Carlos – Universidade de São Paulo

Profa. Dra. Tereza Cristina da Rocha Mendes

Presidente da Comissão de Graduação do Instituto de Física de São Carlos – Universidade de São Paulo

## Comissão Organizadora

Adonai Hilario

Arthur Deponte Zutião

Elisa Goettems

Gabriel dos Santos Araujo Pinto

Henrique Castro Rodrigues

Jeffer Santiago Mares

João Victor Pimenta

Julia Martins Simão

Letícia Martinelli

Lorany Vitoria dos Santos Barbosa

Lucas Rafael Oliveira Santos Eugênio

Natasha Mezzacappo

Paulina Ferreira

Vinícius Pereira Pinto

Willian dos Santos Ribela

## Normalização e revisão – SBI/IFSC

Ana Mara Marques da Cunha Prado

Maria Cristina Cavarette Dziabas

Maria Neusa de Aguiar Azevedo

Sabrina di Salvo Mastrantonio

Ficha catalográfica elaborada pelo Serviço de Informação do IFSC

Semana Integrada do Instituto de Física de São Carlos  
(12: 10 out. - 14 out. : 2022: São Carlos, SP.)  
Livro de resumos da XII Semana Integrada do Instituto de  
Física de São Carlos/ Organizado por Adonai Hilario [et al.]. São  
Carlos: IFSC, 2022.

446 p.

Texto em português.

1. Física. I. Hilario, Adonai, org. II. Título

ISBN: 978-65-993449-5-4

CDD: 530

## IC63

### Avaliação de técnicas de RMN de $^1\text{H}$ no domínio do tempo para realização de experimentos de crioporometria.

TREBBI, Bruno; AZEVEDO, Eduardo Ribeiro de

brunotrebbsi@usp.br

A crioporometria por RMN consiste na aplicação de técnicas de ressonância magnética no domínio do tempo para aferir variações na temperatura de transição de fase, geralmente sólido-líquido, de líquidos conhecidos (líquido de prova), os quais foram embebidos em materiais porosos. O preenchimento dos poros com o líquido de prova é feito via pressão de capilaridade, podendo ser requisitado futuras etapas, como a centrifugação e remoção de ar via ambientes de baixa pressão, com auxílio de bombas de vácuo. (1) Os principais resultados da crioporometria, como a determinação de porosidade, tamanho e morfologia dos poros, são consequências da interação do líquido de prova com a superfície porosa, cuja variação da energia livre de Helmholtz resulta em uma variação na temperatura de fusão, modelada via equação de Gibbs-Thomson clássica, a qual permite, por meio da geometria do poro, relacionar tal variação de temperatura de transição às características citadas do material poroso. A detecção dessa variação pode ser feita por meio de mudanças na intensidade do sinal de RMN do líquido de prova, que é detectado via experimento de eco de spin. (2) Apesar da variação contínua na intensidade do sinal com a temperatura, como por exemplo, devido a Lei de Curie (3), uma transição sólido-líquido implica em uma brusca variação na intensidade do sinal. Logo, em uma amostra em que o líquido está embebido em um material poroso, serão tipicamente observadas duas variações de intensidade como função da temperatura, uma relativa ao líquido confinado e outra, ao líquido livre, assim, em um experimento ideal, espera-se duas variações de intensidade típicas de transição de fase. Enquanto a alta mobilidade aleatória em soluções isotópicas presentes nos líquidos resultam, em média, em uma interação dipolar spin-spin nula, em sólidos isso não é verdade. Portanto, devido a grande intensidade do acoplamento dipolar magnético heterogêneo, o sinal de eco de spin da fase sólida é suprimido e o eco de spin pode ser utilizado como filtro para medir o sinal apenas das partes líquidas citadas. Para tal, além dos rigorosos procedimentos na preparação das amostras, faz-se necessário determinar, por meio do tempo de relaxação  $T_2$  da amostra, a presença de líquido livre, o melhor valor de tempo ao eco, que exclua o sinal de eventuais meta-estados provenientes da refrigeração do líquido de teste e, mais importante, um eficiente controle da temperatura da amostra, uma vez que a precisão das medições dos poros está intimamente ligada a temperatura da amostra durante cada etapa do experimento. Além disso, um pós-tratamento é necessário para levar em conta a variação do sinal com a temperatura, para que, por exemplo, a Lei de Curie seja levada em conta e o sinal seja devidamente ajustado. Além da implementação da técnica padrão de crioporometria por ressonância magnética em baixo campo, o estudo de novas sequências para além de ecos de spin isolados como filtro de sinal líquido-sólido serão investigadas, para formalizar a aplicação da crioporometria com o aparato disponível no instituto.

**Palavras-chave:** Ressonância Magnética Nuclear. Materiais nanoporosos. Crioporometria.

**Agência de fomento:** FAPESP (2022/03724-9)

**Referências:**

- 1 MITCHELL, J.B.; WEBER, B. W.; STRANGE, J. H. Nuclear magnetic resonance cryoporometry, **Physics Reports**, v. 461, n. 1, 2008. DOI: 10.1016/j.physrep.2008.02.001.
- 2 HAHN, E. L. Spin echoes, **Physical Review**, v. 80, n. 4, p.580, 1950. DOI: 10.1103/PhysRev.80.580.
- 3 PETROV, O. V.; FURO, I. NMR cryoporometry: principles, applications and potential **Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy**, v. 54, n. 2., 2009. DOI: 10.1016/j.pnmrs.2008.06.001.