



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE QUÍMICA  
**PLANO DE DESENVOLVIMENTO DE DISCIPLINA**



**2º Semestre 2025**

| Disciplina |                                      |
|------------|--------------------------------------|
| Código     | Nome                                 |
| QO424      | Fundamentos em Espectroscopia de RMN |

| Turmas | Horário | Local |
|--------|---------|-------|
| A      | 16/18   | IQ01  |

**Docentes**

Prof. Cláudio F. Tormena, [tormena@unicamp.br](mailto:tormena@unicamp.br) (sala I-201)

**Forma de Condução/Organização da Disciplina e das Avaliações**

Descrição: As aulas serão presenciais sendo que todo material será disponibilizado via classroom. Uma atividade (A1) durante o semestre e uma prova (P1) ao final do semestre.

**Prazos de Entrega das Atividades e dos Resultados das Avaliações**

Descrição: A atividade A1 e a prova P1 serão presenciais e terá duração de 120 min. Os resultados da atividade e da prova serão divulgados em no máximo uma semana.

**CrITÉRIOS de Avaliação e Aprovação**

Uma Prova (P1) mais uma atividade (A1). A média final será  $MF = 0,8 \times P1 + 0,2 \times A1$ . Nota < 5 exame. Para quem for para exame:  $(MF + \text{Nota Exame})/2$ , se  $\geq 5$  aprovado; se < 5 reprovado. O exame final substituirá a prova no caso de faltas abonadas pelo inciso V do artigo 72 do regimento geral de graduação.

**Forma de Atendimento Extra-Classe**

Descrição: Os alunos serão atendidos pelo PED e PAD em horários a serem agendados no início do semestre.

| Calendário                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Data                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Atividade              |
| 07, 14, 21*, 28/08                                                                                                                                                                                                                                                                         | 21* não haverá aula SQ |
| 04, 11, 18, 25/09                                                                                                                                                                                                                                                                          |                        |
| 02, 09, 16, 23, 30/10                                                                                                                                                                                                                                                                      | 09/10 Atividade 1      |
| 06, 13, 27/11                                                                                                                                                                                                                                                                              | 27/11 Prova            |
| 11/12                                                                                                                                                                                                                                                                                      | exame                  |
| <i>Art. 58 do Regimento Geral de Graduação: O Exame deverá ser realizado no período previsto pelo Calendário Escolar e deverá estar agendado para o mesmo dia da semana e horário em que são ministradas as aulas da disciplina, exceto na ocorrência de feriado ou ponto facultativo.</i> |                        |
| 18 a 22/08 - Semana da Química - não haverá aula para as disciplinas dos cursos 05/50.                                                                                                                                                                                                     |                        |
| 15/10 - Avaliação e discussão de cursos - Não haverá aula                                                                                                                                                                                                                                  |                        |
| 27 e 28/10 - Feriado/Expediente Suspenso - Não haverá atividades                                                                                                                                                                                                                           |                        |
| 15/11 - Feriado/Expediente Suspenso - Não haverá atividades                                                                                                                                                                                                                                |                        |

20 a 22/11 - Feriado/Expediente Suspenso - Não haverá atividades  
01 a 06/12 - Semana de Estudos  
08/12 - Feriado/Expediente Suspenso - Não haverá atividades  
09 a 15/12 - Semana de Exames

#### **Outras informações relevantes**

(1) Art. 56 do Regimento Geral de Graduação: São condições para aprovação: II - nas disciplinas em que nota e frequência são adotadas como forma de avaliação – obter **nota final** igual ou superior a 5,0 (cinco vírgula zero) e a frequência mínima estabelecida para a disciplina no Catálogo dos Cursos de Graduação; a frequência mínima de 75%.

(2) **Sobre o Abono de Faltas:** os critérios do Abono de Faltas são definidos pelo artigo 72, do Regimento Geral de Graduação.

(3) Quaisquer alterações no PDE, propostas pelo(a) Docente ou Discentes, no transcorrer do semestre, só poderão ser realizadas mediante a concordância do(a) Docente e Discentes, e autorização da Comissão de Graduação.

(4) **INSTRUÇÃO NORMATIVA CCG Nº 02/2025 Cláusula de Honestidade e Lisura Acadêmica:**

Todas as atividades relacionadas às disciplinas devem ser realizadas em conformidade com as orientações fornecidas pelos docentes e com o devido rigor ético.

Caso o(a) docente responsável, no exercício de sua liberdade de cátedra, forme convicção acerca da ausência de lisura ou de condições adequadas para a realização da atividade avaliativa, poderá atribuir nota zero, seja para a atividade única ou, conforme o caso, para o conjunto de atividades do semestre. A ocorrência deverá ser fundamentada e comunicada à Coordenação de Curso de Graduação, podendo o(a) estudante estar sujeito a processo administrativo.

SEGUEM A EMENTA, O PROGRAMA E A BIBLIOGRAFIA

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |   |   |    |    |          |           |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|----|----|----------|-----------|----------|
| Código: <b>Q0424</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |    |    |          |           |          |
| Nome: <b>Fundamentos em Espectroscopia e Ressonância Magnética Nuclear</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |   |   |   |    |    |          |           |          |
| Nome em Inglês: <b>Fundamentals of Spectroscopy and Nuclear Magnetic Resonance</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                         |   |   |   |    |    |          |           |          |
| Nome em Espanhol: <b>Fundamentos de Espectroscopia y Resonancia Magnética Nuclear</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                      |   |   |   |    |    |          |           |          |
| Tipo de Disciplina: <b>Semanal</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |   |   |   |    |    |          |           |          |
| Tipo de Aprovação: <b>Nota e Frequência</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |   |   |    |    |          |           |          |
| Característica: <b>Regular</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |   |   |   |    |    |          |           |          |
| Frequência: <b>75%</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |   |   |    |    |          |           |          |
| Tipo de Período / Período de Oferecimento: <b>Semestral / Todos os períodos</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |   |   |    |    |          |           |          |
| Exige Exame: <b>Sim</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |   |   |    |    |          |           |          |
| Vetores                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |   |   |    |    |          |           |          |
| T                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | L | P | O | PE | OE | SL       | SEMANAS   | CRÉDITO  |
| <b>2</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | - | - | - | -  | -  | <b>2</b> | <b>15</b> | <b>2</b> |
| Ocorrência nos Currículos: <b>05, 50, 63</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |   |   |    |    |          |           |          |
| Pré-requisitos: <b>Q0321</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |   |   |    |    |          |           |          |
| Ementa: <b>Fundamentos experimentais, interpretação de dados e aplicações da Espectroscopia de Ressonância Magnética Nuclear.</b>                                                                                                                                                                                                                                          |   |   |   |    |    |          |           |          |
| Programa:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |   |   |   |    |    |          |           |          |
| 1 - Princípios fundamentais                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |   |   |    |    |          |           |          |
| Núcleos spin-ativos; momentum angular; momento magnético; núcleo em campo magnético estático; população dos níveis; condição de ressonância.                                                                                                                                                                                                                               |   |   |   |    |    |          |           |          |
| 2- Espectrômetro de Ressonância Magnética Nuclear                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   |   |    |    |          |           |          |
| Componentes eletrônicos básicos do espectrômetro; sonda; detecção do sinal de RMN; transformada de Fourier; preparação de amostra; solventes deuterados.                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |    |    |          |           |          |
| 3- Parâmetros espectrais                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |   |   |    |    |          |           |          |
| Deslocamento Químico ( $\delta$ )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   |   |    |    |          |           |          |
| Proteção nuclear e deslocamento químico (ambiente químico); blindagem diamagnética; blindagem paramagnética; compostos de referência; escala de deslocamento químico; intensidade do sinal.                                                                                                                                                                                |   |   |   |    |    |          |           |          |
| Constante de Acoplamento Escalar (J)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |   |    |    |          |           |          |
| Origem da constante de acoplamento escalar (J) spin-spin; regra $2nI + 1$ , intensidade das componentes dos multipletos; triângulo de Pascal; acoplamentos homonucleares e heteronucleares.                                                                                                                                                                                |   |   |   |    |    |          |           |          |
| 4- Constante de acoplamento homonuclear ( $^nJ_{HH}$ )                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |   |   |    |    |          |           |          |
| Acoplamentos geminais ( $^2J_{HH}$ ) positivo e negativo; acoplamento vicinal ( $^3J_{HH}$ ) relação de Karplus; acoplamento a longa distância (alílicos); acoplamentos em moléculas rígidas; acoplamentos em moléculas flexíveis (mudança conformacional); tautomerismo ceto-enólico; hidrogênios diastereotópicos; não equivalência química; não equivalência magnética. |   |   |   |    |    |          |           |          |
| 5- Espectro de RMN de $^{13}\text{C}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |   |   |   |    |    |          |           |          |
| Núcleo de $^{13}\text{C}$ ; espectro acoplado; espectro desacoplado; deslocamento químico de $^{13}\text{C}$ .                                                                                                                                                                                                                                                             |   |   |   |    |    |          |           |          |

#### 6- Resolução de espectros

Atribuição de sinais de espectros de RMN de  $^1\text{H}$  e de  $^{13}\text{C}$  e determinação estrutural de compostos orgânicos alifáticos saturados e insaturados, sistemas aromáticos e heteroaromáticos.

#### 7- RMN de outros núcleos

Espectros de RMN de  $^1\text{H}$  e  $^{13}\text{C}$  para compostos contendo  $^{19}\text{F}$  e/ou  $^{31}\text{P}$ ; efeito de núcleos quadrupolares ( $^{14}\text{N}$ ) nos espectros de RMN de  $^1\text{H}$ ; comparação com moléculas enriquecidas em  $^{15}\text{N}$ .

#### 8- Outras técnicas de RMN

Espectros de RMN de  $^{13}\text{C}$  DEPT; mapas de contorno 2D homonuclear (COSY, TOCSY e NOESY) e heteronuclear (HSQC e HMBC).

#### Bibliografia básica

- 1) SILVERSTEIN, R. M. et al. **Identificação espectrométrica de compostos orgânicos**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.
- 2) FRIEBOLIN, H. **Basic one- and two-dimensional NMR spectroscopy**. 5. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2011.
- 3) PAVIA, D. L.; LAMPMAN, G. M.; KRIZ, G. S. **Introduction to spectroscopy: a guide for students of organic chemistry**. 3. ed. South Melbourne: Brooks/Cole, 2001.

#### Bibliografia Complementar

- 1) MITCHELL, T. N.; COSTISELLA, B. **NMR – From spectra to structures: An experimental approach**, 2. Ed, Springer Nature ebook 2007
- 2) MOHAN, J. **Organic Spectroscopy: Principles and applications**, 2<sup>nd</sup> edition, Alpha Science (2004)
- 3) KEELER, J. **Understanding NMR spectroscopy**, 2<sup>nd</sup> edition; Wiley, 2010.
- 4) LEVITT, M. H. **Spin Dynamics: Basic of NMR**, 2<sup>nd</sup> ed., Wiley (2008)
- 5) CARBAJO, R. J.; NEIRA, J. L. **NMR for chemists and biologists**, 1 ed. Springer nature ebook 2013.