Anais do Congresso Brasileiro de Iniciação Científica
(https://periodicos.unisanta.br/COB)

ISSN 2317-1316

USO DA ESPECTROSCOPIA RAMAN COMO METODOLOGIA ALTERNATIVA PARA DOSAGEM DE COLESTEROL SÉRICO

USE OF RAMAN SPECTROSCOPY AS AN ALTERNATIVE METHOD FOR MEASURING SERUM CHOLESTEROL

Júlia Bianchinni Neves Baraldi, Giovana Balducci Elias Leite, Landulfo Silveira Júnior, Walber Toma, Carlos Eduardo Pires de Campos, Luciana Lopes Guimarães

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Ciências da Saúde, Curso de Biomedicina.
Universidade Santa Cecília, Laboratório de Pesquisa em Produtos Naturais.
E-mail para contato: julia_baraldi@yahoo.com

RESUMO – As dislipidemias são alterações do metabolismo lipídico associadas às doenças cardiovasculares e cerebrovasculares. Este estudo avaliou a espectroscopia Raman como alternativa à espectrofotometria na análise de colesterol total. Foram analisadas amostras de soro de voluntários e um soro controle. As amostras foram analisadas por espectrofotometria e submetidas a uma análise espectroscópica utilizando um espectrômetro Raman dispersivo (830 nm, 350mW, 30 s). Os espectros obtidos foram comparados aos espectros Raman de um padrão autêntico de colesterol total. Os resultados revelaram bandas relacionadas ao colesterol total, demonstrando o potencial da técnica para a dosagem de colesterol total, fortalecendo alternativas sustentáveis e tecnológicas na rotina clínica.

Palavras-chave: Espectroscopia Raman; Espectrofotometria; Colesterol; Desempenho analítico; Comparação de métodos.

ABSTRACT – Dyslipidemias are abnormalities in lipid metabolism associated with cardiovascular and cerebrovascular diseases. This study evaluated Raman spectroscopy as an alternative to spectrophotometry for the analysis of total cholesterol. Serum samples from volunteers and a control serum sample were analyzed. The samples were analyzed by spectrophotometry and subjected to spectroscopic analysis using a dispersive Raman spectrometer (830 nm, 350 mW, 30 s). The spectra obtained were compared to the Raman spectra of an authentic total cholesterol standard. The results revealed bands associated with total cholesterol, demonstrating the technique's potential for total cholesterol assay and reinforcing sustainable and technological alternatives in routine clinical practice.

Keywords: *Raman spectroscopy; Spectrophotometry; Cholesterol; Analytical performance; Comparison of methods.*

ISSN 2317-1316

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a dislipidemia é considerada um dos principais fatores da ocorrência de DCV e cerebrovasculares, dentre elas aterosclerose, infarto agudo do miocárdio (IAM), doença isquêmica do coração e acidente vascular cerebral (AVC) (Brasil, 2011). Nesse contexto, o monitoramento preciso do perfil lipídico e a identificação precoce são fundamentais tanto na prevenção quanto nas condutas terapêuticas (Ahmed, Clasen e Donnelly, 1998).

O colesterol é um componente lipídico importante presente no organismo, o qual desempenha papéis essenciais para a manutenção da integridade das membranas celulares e para a homeostase de muitas funções corporais. Entretanto, alterações em suas concentrações séricas estão relacionadas às dislipidemias, o que pode contribuir para o desenvolvimento de diversas condições patológicas, tornando sua determinação e acompanhamento laboratorial relevantes para a saúde (Rached et al., 2025; Duan et al., 2022).

A espectrofotometria destaca-se entre as metodologias empregadas nas análises clínicas devido à ampla utilização na determinação de diferentes analitos. A concentração dos analitos sanguíneos é obtida comparando a absorção ou a transmissão de luz de um comprimento de onda específico, resultante da reação química entre um reagente e seu analito de interesse (Giana et al., 2025). Ao incidir fótons em uma amostra, observa-se atenuação da sua intensidade luminosa devido à absorção desses fótons pela amostra, podendo haver eventual emissão de comprimentos de onda que provocam alteração na intensidade da luz absorvida ou transmitida pela solução, sendo diretamente proporcional à concentração do analito presente nesta solução (Giansante et al., 2022). Essa relação pode ser contemplada pela Lei de Lambert-Beer pela seguinte equação (1):

$$A = \varepsilon \cdot b \cdot c \quad (1)$$

Onde: A = absorbância; ε = coeficiente de extinção molar; b = comprimento do caminho óptico; c = concentração da substância na solução (Lima, 2013).

A necessidade de preparar as amostras, o uso de reagentes e a possibilidade de sofrer interferências analíticas durante a leitura são algumas limitações relacionadas a este método (Barman et al., 2012). Diante da necessidade de métodos que superem essas limitações, a espectroscopia Raman apresenta-se como uma técnica alternativa de interesse. Fundamentada

ISSN 2317-1316

no espalhamento inelástico da luz, permite obter informações relacionadas às características vibracionais das moléculas presentes no analito (Qi e Berger, 2007). Nesse sentido, a investigação de sua aplicabilidade na determinação do colesterol pode contribuir para a validação de uma metodologia alternativa à análise espectrofotométrica (Qi e Berger, 2007; Giana et al., 2025).

Quando um feixe de luz incide sobre uma molécula, a maior parte da radiação é espalhada elasticamente, mas uma pequena fração sofre alteração na frequência, ou seja, a energia espalhada é diferente da incidida, e então é observado o espalhamento inelástico ou fenômeno conhecido como efeito Raman. Essa interação gera o espalhamento dos fótons anteriormente incididos, de acordo com o material analisado. O espalhamento dessa luz polariza a nuvem de elétrons e movimenta os núcleos, produzindo a emissão de uma unidade vibracional de energia diferente do feixe incidente, sendo possível detectar a variação de energia e, como resultado, identificar o material. Cada substância tem um "perfil vibracional" único: funciona como uma "impressão digital molecular" (Qi e Berger, 2007; Uskokovic-Markovic et al., 2013; Giansante et al., 2022).

Esse método também possui alta sensibilidade e natureza não destrutiva, mantendo a integridade da amostra. Seu diferencial está em sua necessidade mínima de preparação, sem o uso de reagentes ou aditivos, minimizando o custo e reduzindo possíveis erros analíticos em comparação com a espectrofotometria, representando uma alternativa tecnológica inovadora, sustentável e promissora no setor da saúde (Giana et al., 2025). Outra vantagem dessa técnica é a possibilidade de uso em tempo real com sistemas portáteis (Qi e Berger, 2007).

Segundo Giansante et al. (2021), o método apresenta algumas limitações, como a ocorrência da fluorescência e a baixa intensidade do sinal espalhado; além disso, não permite o estudo de metais, íons e não detecta elementos em baixíssimas concentrações. Ainda assim, a espectroscopia Raman tem se mostrado eficaz na análise de constituintes biológicos como glicose, proteínas, ácidos nucleicos e, principalmente, lipídios (Silveira et al., 2017; Qi e Berger, 2007).

Dessa forma, o objetivo geral deste trabalho é avaliar o desempenho analítico da espectroscopia Raman na identificação de colesterol nas amostras trabalhadas. Já os objetivos específicos são determinar o colesterol total por espectrofotometria; determinar o colesterol

ISSN 2317-1316

total por espectroscopia Raman; comparar os valores obtidos pelas duas metodologias analíticas; avaliar os valores de referência descritos na literatura.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 DESENHO DO ESTUDO

O presente trabalho caracteriza-se como um estudo analítico e comparativo de caráter *in vitro*, destinado à avaliação do desempenho da espectroscopia Raman na determinação da concentração de colesterol total. Para a realização das análises, foi utilizado um soro controle da marca Bioclin®, contendo uma concentração conhecida de colesterol, possibilitando a comparação dos resultados obtidos por meio de diferentes métodos analíticos. Também foram utilizadas algumas amostras de soro de pacientes voluntários, permitindo a comparação dos resultados obtidos por diferentes métodos analíticos. As amostras foram submetidas a dois métodos de análise: a espectrofotometria, utilizada como método de referência para comparação e a espectroscopia Raman, avaliada como metodologia alternativa.

2.2 CASUÍSTICA E PROCESSO DE AMOSTRAGEM

Alunos de graduação na área da saúde da Universidade Santa Cecília, com faixa etária acima de 18 anos e de ambos os sexos foram convidados a participar voluntariamente desta pesquisa. Após assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), foi realizada a coleta de sangue venoso em tubo sem anticoagulante.

2.3 ASPECTOS ÉTICOS

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Santa Cecília (CAAE: 93170025.1.0000.5513). A pesquisa seguiu todas as recomendações da Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) e demais documentos normativos de pesquisa com seres humanos. Sobre a questão de identificação do indivíduo da pesquisa e armazenamento de dados, foram utilizados códigos de identificação e não dados do paciente, com o objetivo de manter sua integridade e privacidade durante todo o estudo. Foi declarado aos participantes que as informações coletadas neste estudo são consideradas confidenciais e usadas pelo pesquisador responsável e seu orientador do projeto, sob sua autorização, além dos

ISSN 2317-1316

objetivos do estudo, procedimentos adotados e os riscos do protocolo. Os participantes assinaram o TCLE antes de dar início ao estudo.

2.4 PRÉ-PROCESSAMENTOS

Inicialmente, foi realizada a aliquotagem de um soro controle adquirido do fornecedor Bioclin (Belo Horizonte, MG), sendo distribuídos 200 µL da amostra em tubos do tipo Eppendorf. O soro controle é uma amostra com concentrações conhecidas de analitos. Para este estudo foi utilizado o Biocal (lote 0062), um calibrador multiparamétrico liofilizado, com diversos analitos em matriz humana complexa, com valor conhecido de colesterol de 190 mg/dL.

Dos participantes voluntários da pesquisa, denominados de pacientes 1, 2 e 3, foram coletados 8 mL de amostra de sangue venoso de cada um em tubos sem anticoagulante (soro) para analisar o colesterol total, tanto por espectrofotometria quanto por espectroscopia Raman. Para as análises, o sangue foi centrifugado por 15 minutos à velocidade de 3500 RPM à temperatura de 21ºC e, logo após, o soro foi aliquotado e mantido no freezer à temperatura de -21ºC até a realização das análises.

2.5 ANÁLISES POR ESPECTROFOTOMETRIA

Para as análises pelo método convencional (colorimétrico), foram utilizados 20 µL das amostras e do soro controle. As análises foram realizadas utilizando kits de laboratório do fornecedor Ebram (São Paulo, SP) para colesterol total, conforme as instruções do fabricante. As leituras foram realizadas em 500 nm, utilizando um Espectrofotômetro K37-UVVIS UV-Visível (Kasvi, Pinhais, PR). A concentração de colesterol de cada amostra foi determinada a partir da absorbância da amostra em relação à absorbância do padrão, considerando a concentração conhecida do padrão, conforme a equação (2):

$$CT\ (mg/dL) = \frac{Abs_{amostra}}{Abs_{padrão}} \times Conc_{padrão}\ (mg/dL) \qquad (2)$$

Onde: CT = concentração de colesterol total; Abs amostra = absorbância da amostra; Abs padrão= absorbância do padrão; Conc padrão= concentração do padrão, expressa em mg/dL.

As análises pelo método convencional foram feitas no Laboratório de Biomedicina da Universidade Santa Cecília.

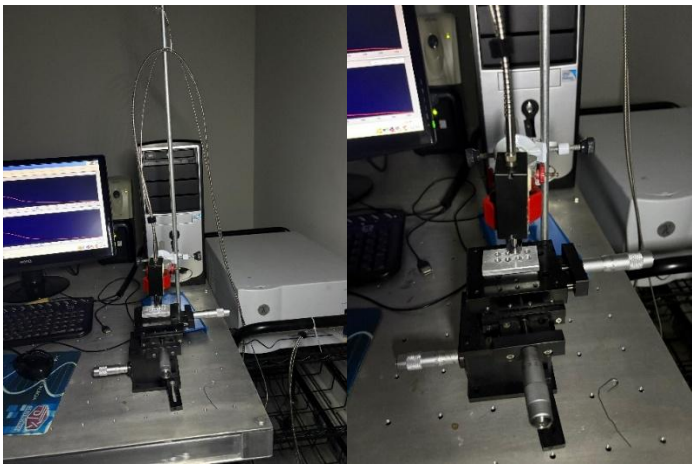
ISSN 2317-1316

2.6 ANÁLISES POR ESPECTROSCOPIA RAMAN

As análises por espectrometria Raman foram realizadas no Laboratório de Diagnóstico Óptico do Centro de Inovação Tecnológica em Saúde (CITS), complexo que pertence ao Parque de Inovação Tecnológica (PIT) em São José dos Campos – SP. Foram utilizados 80 µL das amostras em um suporte de alumínio com oito orifícios, analisadas em triplicata. Paralelamente, obtiveram-se espectros de um padrão autêntico de colesterol total (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, EUA).

Os espectros Raman foram obtidos por meio de um espectrômetro Raman dispersivo (modelo Dimension P-1, Lambda Solutions Inc., MA, EUA), com excitação no infravermelho próximo (830 nm, 350 mW). Os espectros Raman das amostras foram coletados no porta-amostras com auxílio de uma sonda Raman (modelo Vector Probe, Lambda Solutions Inc.) (figura 1). O espectrômetro é constituído por um espectrógrafo compacto (f# 1/8, 1200 linhas/mm) para a dispersão da luz e uma câmera CCD (back-thinned, deep-depleted, 1320x100 pixels, refrigerada por Peltier a -75 °C) para a conversão do sinal óptico em sinal elétrico, o que resulta em espectros com resolução de 4 cm^{-1} no centro da faixa espectral entre 400 e 1800 cm^{-1}. Os espectros foram obtidos e armazenados usando um microcomputador e software (RamanSoft versão 2.0, Lambda Solutions Inc.), com parâmetros de aquisição de cada espectro (5 segundos de exposição e 10 segundos de acumulações), que resultaram em espectros com relação sinal-ruído maior que 15 medidos na faixa espectral de 1400 a 1500 cm^{-1}. Desse modo, a calibração prévia do espectrômetro foi feita utilizando-se bandas Raman conhecidas do naftaleno na região de 600 a 1800 cm^{-1} (Giansante et al., 2021).

Figura 1. O sistema Raman dispersivo utilizado no estudo.



Fonte: Produção Autoral, 2026.

ISSN 2317-1316

2.7 ANÁLISE DOS DADOS

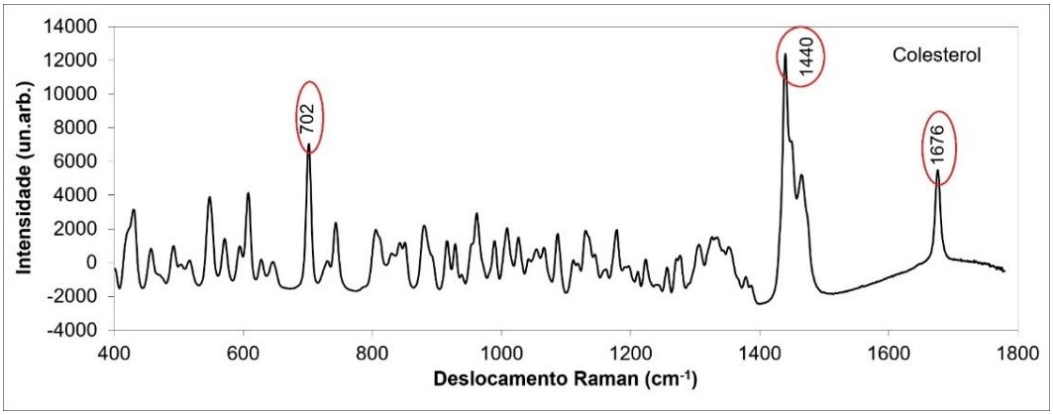
Após a obtenção dos espectros, os resultados foram submetidos a uma nova análise visual para avaliação do perfil espectral. Em seguida, realizou-se a identificação e a comparação das bandas características observadas com padrões conhecidos na literatura, com ênfase na identificação dos picos pertinentes ao colesterol em relação aos demais padrões analisados. Por fim, os dados foram transformados em gráficos de intensidade em função do deslocamento Raman, possibilitando a representação e interpretação dos resultados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises dos soros dos pacientes 1, 2 e 3 pela espectrofotometria revelaram os valores de colesterol total de 196, 215 e 248 mg/dL, respectivamente. Após a etapa das análises pelo método convencional, foram realizadas as análises por espectroscopia Raman, e então foram obtidos os espectros Raman das amostras dos soros dos pacientes, soro controle e do padrão autêntico de colesterol total utilizados para posterior comparação dos perfis espectrais.

A Figura 2 mostra o espectro Raman obtido para o padrão autêntico de colesterol total. Foram identificadas três regiões espectrais de interesse; essas posições também são usadas como referência na literatura para a avaliação das características espectrais relacionadas ao colesterol, conforme já descrito por Giansante et al. (2021).

Figura 2: Espectros Raman do padrão de colesterol.



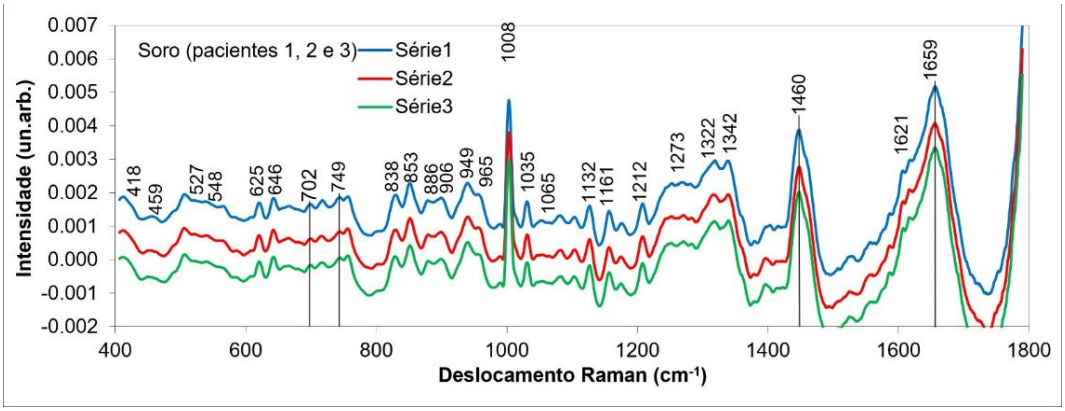
Fonte: Produção Autoral, 2026.

Nas análises dos soros dos pacientes foram identificadas quatro regiões espectrais de interesse, conforme mostra a Figura 3. As bandas foram destacadas na imagem, levando em

ISSN 2317-1316

consideração os picos observados no padrão autêntico de colesterol total e de acordo com os dados da literatura (Giansante et al., 2021). A intensidade dos picos destacados nos espectros dos soros parece estar diretamente relacionada com a concentração de colesterol total nas amostras, dados condizentes com o trabalho de Giansante et al. (2021).

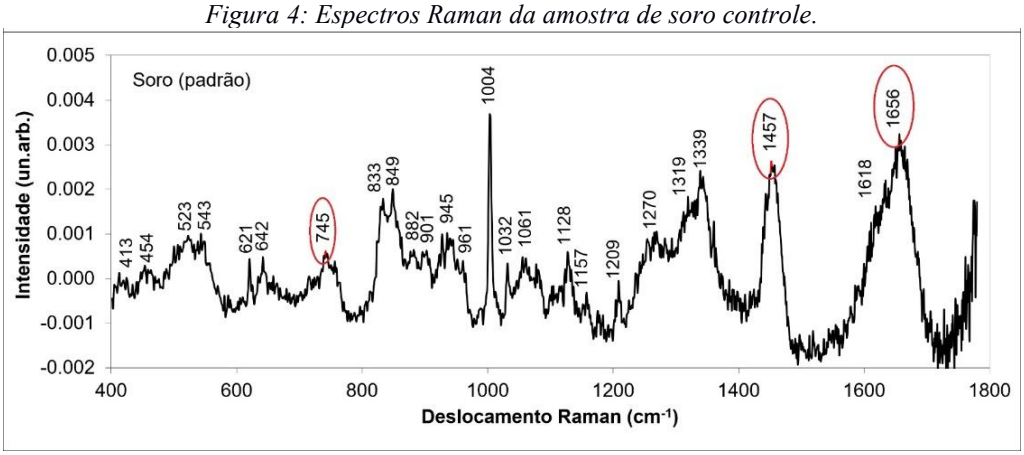
Figura 3: Espectros Raman das amostras dos soros dos pacientes 1, 2 e 3 (séries 1, 2 e 3, respectivamente).



Fonte: Produção Autoral, 2026.

No soro controle também foram identificadas bandas relacionadas ao colesterol total, conforme demonstrado na Figura 4.

Figura 4: Espectros Raman da amostra de soro controle.



Fonte: Produção Autoral, 2026.

ISSN 2317-1316

Como membro do grupo dos esteroides, a molécula de colesterol possui uma estrutura composta por quatro anéis de cicloalcano interligados. Um desses anéis está ligado ao grupo hidroxila na terceira posição, permitindo sua classificação no subgrupo dos esteróis. A outra extremidade dessa molécula consiste em uma cadeia lateral de oito átomos de carbono (Czamara et al., 2015). As bandas observadas nos espectros Raman obtidos podem ser relacionadas a diferentes modos vibracionais das estruturas moleculares dos lipídios. As bandas associadas às vibrações de grupos CH_2 e CH_3, ligações C=C e C=O e deformações de CH_2 permitem a comparação com as bandas identificadas no presente estudo (Czamara et al., 2015). Adicionalmente, as posições dos picos e regiões dos espectros relacionadas ao colesterol também foram comparadas com os dados mostrados na Tabela 1, a qual representa os picos e as atribuições vibracionais das bandas relacionadas ao colesterol, conforme Giansante et al. (2021).

Tabela 1: *Posições dos picos e as atribuições vibracionais das bandas*

Posição dos picos (cm^{-1})	**Atribuição da banda**
426 e 436	Colesterol
555	Colesterol
608	Colesterol
702	Colesterol
1440	Colesterol, ácidos graxos saturados e insaturados

Fonte: Adaptado de Giansante et al., 2021.

A análise dos espectros obtidos para o soro controle permitiu observar diferentes bandas espectrais associadas às características moleculares do colesterol. A comparação do espectro do analito com os espectros dos padrões analisados possibilitou observar correspondências entre determinadas regiões espectrais, especialmente aquelas relacionadas ao componente lipídico de interesse. Na Figura 2, é possível observar que os valores estabelecidos para o colesterol são 702, 1440 e aproximadamente 1676 cm^{-1}. A comparação com os soros dos pacientes mostra uma correlação mais acentuada nos pontos 1460 e 1659 cm^{-1} e com o soro controle nos pontos 745 e 1457 cm^{-1}. Para Borges et al. (2015), picos intensos próximos à banda 1451 cm^{-1} podem estar relacionados a lipídios. As bandas de 1457 e 1460 cm^{-1} identificadas do presente estudo mostra a capacidade da espectroscopia Raman de caracterizar o comportamento espectral da amostra e identificar correspondências com o padrão analisado. Segundo a

ISSN 2317-1316

referência, a região de 1440 cm^{-1} está associada ao colesterol e a outros componentes lipídicos. Por isso, a identificação de picos tão próximos reforça sua correspondência espectral, mas sua presença em uma matriz complexa não permite atribuí-lo somente ao colesterol.

Mesmo com o espectro do colesterol sendo parecido com os espectros dos ésteres, ele apresenta características únicas. Segundo Czamara et al. (2015), a região 1672 cm^{-1} provém das vibrações de estiramento C=C do anel, tendo relação com a região 1676 cm^{-1} identificada na amostra do padrão de colesterol deste estudo (Figura 2). A banda mais intensa da região de impressão digital ocorre em 1442 cm^{-1} e está associada ao modo de deformação tipo tesoura (scissoring) dos grupos CH_2 (Czamara et al., 2015). É possível encontrar picos próximos desta região em 1457 cm^{-1} na amostra de soro controle e 1440 cm^{-1} na amostra do padrão de colesterol. Em regiões de menos intensidade, são observadas diversas bandas quase equivalentes entre 1065 e 1132 cm^{-1} no soro do paciente e 1061 e 1157 cm^{-1} no soro controle. Essas bandas podem ser associadas ao modo de estiramento C-C e C-H (Czamara et al., 2015).

Na faixa de análise, a banda 702 cm^{-1}, encontrada no soro do paciente e na amostra do padrão de colesterol, é atribuída às vibrações do esqueleto molecular, sendo uma característica especialmente do colesterol. Essa banda está associada às deformações no plano do anel que envolvem ligação dupla. Já a banda 749 cm^{-1} identificada no soro do paciente e a de 745 cm^{-1} identificada no soro controle podem ser associadas à deformação dos grupos C-H presentes na cadeia dos anéis (Czamara et al., 2015). No entanto, é comum haver sobreposição de sinais, pois o soro é constituído por diversos componentes, dos quais cerca de 80% são as proteínas e a fração lipídica representa menos de 1% da composição sérica. Por conseguinte, colesterol, triglicerídeos e demais componentes estão presentes em proporções menores nesta fração e, consequentemente, diferentes moléculas podem se sobrepor em determinadas bandas, o que dificulta a atribuição de um único pico a um analito específico (Borges et al., 2015). Essa característica pode ser observada na região entre 1440 e 1465 cm^{-1}, uma vez que Giansante et al. (2021) associam a banda 1440 cm^{-1} ao colesterol e a ácidos graxos saturados e insaturados, e a região 1465 cm^{-1} é relacionada ao colesterol e outros lipídios. No presente trabalho, os picos identificados em 1457 cm^{-1} no soro controle e 1460 cm^{-1} nos soros dos pacientes podem ser usados como exemplos de sobreposição de sinais. Giansante et al. (2021) também observaram as sobreposições na relação próxima dos picos atribuídos à glicose e lipídios. Os picos 520 cm^{-1}, associado à glicose, e 555 cm^{-1}, associado ao colesterol, são exemplos em seu estudo,

ISSN 2317-1316

relacionando elementos com maior concentração em relação ao de menor concentração sérica. Com isso, os resultados deste trabalho demonstram o potencial da espectroscopia Raman na investigação das características espectrais associadas aos componentes lipídicos, considerando os resultados alcançados.

4 CONCLUSÃO

Em conclusão, este trabalho explorou a aplicabilidade da espectroscopia Raman na análise de colesterol utilizando a espectrofotometria como método convencional de comparação. Com base nos resultados obtidos, foi possível identificar a presença de regiões espectrais relacionadas ao colesterol na espectroscopia Raman. Os picos identificados no estudo e as bandas descritas na literatura relacionadas ao colesterol e outros lipídios demonstram que o método foi capaz de detectar características espectrais compatíveis com a presença desses componentes. Adicionalmente, a intensidade dos picos relacionados com o colesterol total nos espectros parece estar relacionada com a concentração de colesterol total nas amostras dos soros dos participantes da pesquisa. Considerando tais fatos, a espectroscopia Raman pode ser, então, considerada como uma ferramenta promissora para a análise de colesterol total em amostras de soro. Este trabalho contou com o apoio institucional da UNISANTA e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (pela concessão de bolsa de Iniciação Científica - PIBIC/CNPq), fundamentais para o desenvolvimento e execução desta pesquisa.

5 DECLARAÇÃO DE USO DE IA

Não foram utilizadas ferramentas de IA no desenvolvimento desse artigo.

6 REFERÊNCIAS

Ahmed, S. M.; Clasen, M. E.; Donnelly, J. E. Management of dyslipidemia in adults. American Family Physician, v. 57, n. 9, p. 2192-2204, 2207-2208, 1 maio 1998.

American Chemical Society. C. V. Raman: The Raman Effect. Washington, DC: American Chemical Society, 1998. (International Historic Chemical Landmarks). Disponível em: http://www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/landmarks/ramaneffect.html. Acesso em: 19 fev. 2026.

ISSN 2317-1316

Andriolo, A. et al. Recomendações da Sociedade Brasileira de Patologia Clínica/Medicina Laboratorial para coleta de sangue venoso. 2. ed. Barueri: Manole, 2010.

Barman, I. et al. Raman spectroscopy-based sensitive and specific detection of glycated hemoglobin. Analytical Chemistry, v. 84, n. 5, p. 2474-2482, 6 mar. 2012. DOI: https://doi.org/10.1021/ac203266a.

Bioclin. Biocal: instruções de uso. Revisão: maio 2022. Belo Horizonte: Bioclin, 2022. Disponível em: https://quibasa.bioclin.com.br/anexos/Instru%C3%A7%C3%B5es%20de%20Uso%20-%20BIOCAL%20-%20Revis%C3%A3o%20Maio%202022.pdf. Acesso em: 29 ago. 2026.

Borges, R. de C. F. et al. Detecting alterations of glucose and lipid components in human serum by near-infrared Raman spectroscopy. Research on Biomedical Engineering, v. 31, n. 2, p. 160-168, abr. 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/2446-4740.0593.

Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Dislipidemias. Boletim Saúde e Economia, n. 6, out. 2011. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/fiscalizacao-e-monitoramento/mercado/boletim-saude-e-economia/boletim-saude-e-economia-no-6. Acesso em: 19 fev. 2026.

Brasil. Ministério da Saúde. Portaria Conjunta SCTIE/SAES/MS nº 8, de 30 de julho de 2019: dislipidemias: prevenção de eventos cardiovasculares e pancreatites. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2019. Disponível em: https://www.gov.br/conitec/pt-br/midias/protocolos/resumidos/pcdt_resumido_dislipidemia.pdf. Acesso em: 19 fev. 2026.

Czamara, K. et al. Raman spectroscopy of lipids: a review. Journal of Raman Spectroscopy, v. 46, n. 1, p. 15, 2015. DOI: https://doi.org/10.1002/jrs.4607.

Duan, Y. et al. Regulation of cholesterol homeostasis in health and diseases: from mechanisms to targeted therapeutics. Signal Transduction and Targeted Therapy, v. 7, n. 1, p. 265, 2 ago. 2022. DOI: https://doi.org/10.1038/s41392-022-01125-5.

Ebram Produtos Laboratoriais. Procedimento Operacional Padrão: código 7012. São Paulo: Ebram, [s. d.]. Disponível em: https://ebram.com/assets/7012.pop.pdf. Acesso em: 17 jun. 2026.

Giana, H. E.; Souza, L. O.; Silveira, L. Comparison of different Raman spectrometer models in the quantification of blood serum analytes. Lasers in Medical Science, v. 40, n. 1, p. 143, 2025.

Giansante, S. et al. Analytical performance of Raman spectroscopy in assaying biochemical components in human serum. Lasers in Medical Science, v. 37, n. 1, p. 287-298, 2022.

Giansante, Stella; Giana, Hector Enrique; Fernandes, Adriana Barrinha; Silveira JR., Landulfo. Analytical performance of Raman spectroscopy in assaying biochemical components in human serum. Lasers in Medical Science, v. 36, p. 1-12, 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/s10103-021-03247-8.

ISSN 2317-1316

Kasvi. Catálogo completo. [S. l.]: Kasvi, 2022. Disponível em: https://kasvi.com.br/wp-content/uploads/2022/12/Catalogo-Completo-v2-revisao.pdf. Acesso em: 1 set. 2026.

Lima, Luís Spencer. Lei de Lambert-Beer. Revista de Ciência Elementar, Porto, v. 1, n. 1, p. 47, dez. 2013. Disponível em: https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2013/047/. Acesso em: 20 fev. 2026.

Qi, D.; Berger, A. J. Chemical concentration measurement in blood serum and urine samples using liquid-core optical fiber Raman spectroscopy. Applied Optics, v. 46, n. 10, p. 1726-1734, 1 abr. 2007. DOI: https://doi.org/10.1364/ao.46.001726.

Rached, Fabiana Hanna et al. Diretriz Brasileira de Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose – 2025. Arquivos Brasileiros de Cardiologia, v. 122, n. 9, e20250640, out. 2025. DOI: https://doi.org/10.36660/abc.20250640.

Silveira JR., L. et al. Quantifying glucose and lipid components in human serum by Raman spectroscopy and multivariate statistics. Lasers in Medical Science, v. 32, n. 4, p. 787-795, maio 2017. DOI: https://doi.org/10.1007/s10103-017-2173-2.

Uskokovic-markovic, S. et al. Espectroscopia Raman como uma nova ferramenta bioquímica. Journal of Medical Biochemistry, v. 32, p. 96-103, 2013. DOI: https://doi.org/10.2478/jomb-2013-0004.