

# AVALIAÇÃO DO PERFIL LIPÍDICO SANGUÍNEO DE ATLETAS CORREDORES NO ENSAIO ERGOESPIROMÉTRICO DE BRUCE UTILIZANDO ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO

*Francielle Pasqualotti Meinhardt<sup>1</sup>*

*Hildegard Hedwig Poh<sup>2</sup>*

*Miriam Beatris Reckziegel<sup>3</sup>*

*Valeriano Antonio Corbellin<sup>4</sup>*

## RESUMO

Os constituintes do perfil lipídico são importantes marcadores bioquímicos de doenças cardiovasculares (grande causa de morbidade e mortalidade). Para um diagnóstico de alterações do perfil lipídico se apresenta o método da espectroscopia no infravermelho (FT-IR). Este estudo avalia a aplicação da FT-IR na obtenção de dados do perfil lipídico de atletas corredores. Trata-se de um estudo analítico observacional comparativo, tendo como método de referência os ensaios enzimáticos baseados na reação de Trinder, comparados à espectroscopia no infravermelho por reflectância difusa com Transformada de Fourier (DRIFTS), com auxílio das ferramentas quimiométricas de análise exploratória por agrupamento hierárquico (HCA) e análise preditiva por mínimos quadrados parciais (PLS) para previsão destes marcadores bioquímicos. Foram sujeitos 14 atletas da equipe de Atletismo da UNISC, de 18 a 30 anos, de ambos os sexos, avaliados em repouso e após o teste ergoespirométrico de Bruce. Os resultados apontam que, na avaliação de atletas, a técnica de infravermelho (DRIFTS) juntamente com o PLS, foi adequada para a construção de modelos de calibração e na definição da correlação entre testes bioquímicos padrões no perfil lipídico e na determinação pelo infravermelho.

**Palavras-chaves:** Lipídios. Doenças Cardiovasculares. Espectroscopia no Infravermelho. Análises multivariada.

---

1 Acadêmica do Curso de Farmácia da Universidade de Santa Cruz do Sul. fran2403@hotmail.com;

2 Doutora em Desenvolvimento Regional – Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), Professora da UNISC; hpohl@unisc.br;

3 Doutoranda em Ciências Aplicadas a La Actividad Física y Salud da Universidade de Córdoba/ES. Professora da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC). miriam@unisc.br;

4 Doutor em Química: área de concentração: Síntese Orgânica – Universidade Federal do Rio Grande Sul – UFRGS. valer@unisc.br;

## ABSTRACT

The constituents of the lipid profile are important biochemical markers of cardiovascular disease (major cause of morbidity and mortality). For a diagnosis of lipid profile is presented the method of infrared spectroscopy (FT-IR). This study assesses the application of FT-IR obtaining data on the lipid profile of athletes. This is a analytical comparative observational study, taking as the reference method assays based on the Trinder reaction, compared to spectroscopy Diffuse reflectance infrared Fourier transform spectroscopy (DRIFTS) with the aid of chemometric tools for exploratory analysis

hierarchical clustering (HCA) analysis and predictive least squares partial (PLS) for prediction of biochemical markers. The subjects were 14 Athletes Team Athletics UNISC from 18 to 30 years, of both sexes, evaluated at rest and cardiopulmonary exercise testing after Bruce. Results indicate that the evaluation of athletes, the technique of infrared (DRIFTS) together with the PLS was adequate for the construction of calibration models

and determining the correlation between the biochemical profile patterns lipid and determination by infrared.

**Keywords:** Lipid. Cardiovascular Disease. Infrared. Multivariate Analysis.

## INTRODUÇÃO

O perfil lipídico é constituído pelas concentrações de triglicerídeos, colesterol total, HDL e LDL no sangue dos indivíduos e deve ser controlado, pois concentrações alteradas podem estar relacionadas à doenças (LERARIO, BETTI & WAJCHENBERG, 2009; MOTTA, 2003). Eles atuam como fontes energéticas, são componentes da membrana celular, isolantes na condução nervosa, precursores hormonais e utilizados para a produção de energia, principalmente os ácidos graxos livres (CAMPBELL & FERRELL, 2007; KANAAN & GARCIA, 2008).

O colesterol é sintetizado por quase todos os tecidos, principalmente pelo fígado, e basicamente transportado pelas lipoproteínas (CAMPBELL & FERRELL, 2007; BAYNES & DOMINICZACK, 2007), podendo ser de origem exógena, (proveniente da dieta) ou endógena (sintetizado a partir da Acetil-CoA) (DEVLIN, 2007). A fração LDL transporta o colesterol do fígado para o plasma e fração HDL faz o processo inverso, atuando na captação do colesterol celular e conduzindo-o até o fígado onde é catabolizado e eliminado (CAMPBELL & FERRELL, 2007; BAYNES & DOMINICZACK, 2007). Os triglicerídeos são sintetizados no fígado e intestino, se acumulando principalmente nas células adiposas, como uma forma de armazenamento de energia (KANAAN & GARCIA, 2008; BAYNES & DOMINICZACK, 2007; DEVLIN, 2007; WANG, & MIZAIKOFF, 2008).

Alterações no metabolismo dos lipídios, especialmente a elevação dos níveis de colesterol e triglicerídeos, associados a doenças como a hipertensão e obesidade, constituem-se fatores de risco no aumento das doenças cardiovasculares como a

aterosclerose e podem causar restrição do fluxo sanguíneo, podendo levar a conseqüências mais graves. Concentrações elevadas de HDL atuam como um fator de proteção, pois retiram este lipídeo da circulação sanguínea (KANAAAN & GARCIA, 2008; BAYNES & DOMINICZACK, 2007; DEVLIN, 2007).

Para o diagnóstico das alterações metabólicas em fluidos biológicos pode ser utilizada a técnica de espectroscopia FT-IR, caracterizada pela identificação de compostos e análise de misturas com base em movimentos vibracionais (WANG & MIZAIKOFF, 2008). A região denominada por infravermelho corresponde à região situada na faixa de onda de 14290 a 200  $\text{cm}^{-1}$ , sendo mais utilizada a faixa entre 4.000 e 400  $\text{cm}^{-1}$ , denominada infravermelho médio (MIR) (SHAW & MANTSCH, 2006; BARBOSA, 2007).

A aplicação clínico-laboratorial de espectroscopia no infravermelho é bastante utilizada, e apresenta como vantagem um espectro de maior sensibilidade (menor razão sinal ruído), além de ser uma técnica simples e rápida, não destrutiva, capaz de oferecer precisão e exatidão para análises, elimina a utilização de reagentes e necessidade de pouca amostra. A espectroscopia é uma ferramenta da análise química para detectar constituintes biológicos, tais como DNA/RNA, proteínas e lipídeos entre outros (WANG & MIZAIKOFF, 2008; SILVERSTEIN & WEBSTER, 2007; HALL & POLLARD, 1992; GREFF, STROOBANT & HEIJDEN).

Os espectros de FT-IR contêm muitas bandas sobrepostas e sua interpretação é realizada por ferramentas analíticas multivariadas (WANG & MIZAIKOFF, 2008; ELLIS & GOODACRE, 2006). Estes métodos de calibração multivariada estão sendo aplicados com sucesso, a fim de construir modelos para análises específicas em amostras biológicas. A Análise Discriminante (DA) é um algoritmo que se caracteriza como uma análise de agrupamento baseado em método e envolve a projeção de dados. Os métodos não supervisionados, como análise por agrupamento hierárquico (HCA) usado para encontrar diferenças e semelhanças entre os espectros e também os métodos da regressão que são intrinsecamente lineares, têm sido propostos para a análise multicomponentes, onde encontram-se o de mínimos quadrados parciais (PLS) (ELLIS & GOODACRE, 2006; ESCANDAR et al., 2006; HOLLYWOOD, BRISON & GOODACRE, 2006).

Devido à grande demanda destes testes em laboratórios e importância clínica, esse trabalho tem como objetivo geral avaliar a utilização do método de FT-IR, para determinação do perfil lipídico de atletas visando oferecer melhorias para os treinamentos.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Trata-se de um estudo analítico observacional comparativo, de determinação de perfil lipídico em adultos, por métodos de referência e por espectroscopia FT-IR e se encontra inserida no projeto: "Correlação entre perfil bioquímico sanguíneo e desempenho de atletas corredores, no ensaio ergoespirométrico de Bruce e em provas específicas utilizando espectroscopia no infravermelho", que é realizado na

Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC e aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa pelo protocolo 2280/09.

Foram realizadas duas coletas sanguíneas nos 14 atletas (Atletismo da UNISC), adultos de 18 a 30 anos, de ambos os sexos e de várias modalidades. Os atletas foram submetidos à coleta (realizada por pessoal capacitado) de 5 mL de sangue total com vacutainer® sem anticoagulante em repouso e 10 min após a aplicação do teste de força através do protocolo de Bruce. Logo em seguida, foram recolhidas três alíquotas de 5 µL do sangue total de cada coleta e introduzidos em tubos eppendorfs de 2 mL com 150 mg de brometo de potássio grau espectroscópico (Vetec) sendo o material liofilizado por 2 horas a  $1 \times 10^{-3}$  torr.

O restante das amostras de sangue foram processadas para obtenção do soro o qual foi armazenado a  $-20^{\circ}\text{C}$  até a determinação de triglicerídeos, colesterol total e colesterol HDL pelos métodos de referência baseados na determinação fotocolorimétrica de antipirilquinonimina conforme protocolos dos kits nº de catálogo 76, 13 e 87, respectivamente, da LABTEST® (BUCOLO & DAVID, 1973; ALAIN et al., 1974). LDL foi calculado pela fórmula de Friedewald (FRIEDEWALD, LEVY & FREDRICKSON, 1972).

Os espectros das amostras de sangue dos atletas foram adquiridos em triplicatas utilizando acessório de reflectância difusa com fonte de luz monocromática (PIKE Technologies Madison, USA) conectado a um espectrofotômetro Nicolet Magna 550 FT-IR (Thermo Nicolet Coporation, Madison, USA) com 32 varreduras na faixa  $4000-600\text{ cm}^{-1}$ ,  $4\text{ cm}^{-1}$  de resolução. Todos os espectros foram adquiridos em escala de absorbância e normalizados entre 0 e 1, utilizando o programa computacional OMNIC® E.S.P vol 4.1.

Foi utilizada a avaliação multivariada conduzida pelo programa computacional PIROUETTE® 3.11 da INFOMETRIX, com aplicação dos algoritmos de análise por agrupamento hierárquico (HCA) das replicatas e regressão por mínimos quadrados parciais (PLS) para prever os valores dos parâmetros estudados usando como conjunto de previsão as amostras excluídas nos respectivos modelos de validação cruzada (mútua exclusão de um por vez). A seleção do melhor modelo PLS-DRIFTS para cada parâmetro bioquímico analisado baseou-se (pela ordem de prioridade) nas seguintes figuras de mérito: valor de coeficiente de correlação ( $R^2$ ) mais próximo de 1 e valor de erro de validação cruzada (root mean square error of cross validation-RMSECV) mais próximo de zero.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 se encontram descritos os dados dos atletas, como modalidade e idade. Os resultados de peso e altura foram obtidos antes da realização do exercício e através da divisão do peso pela altura<sup>2</sup> foi calculado o índice de massa corporal (IMC) dos atletas. Esta variável apresentou médias de 22,8 e 21,20, correspondendo, respectivamente, ao sexo masculino e feminino ambas classificadas como “faixa recomendável”.

Tabela 1 - Dados dos atletas que foram submetidos ao protocolo de Bruce realizado em novembro de 2009.

N°	Modalidade	Idade	Sexo	Altura (cm <sup>-1</sup> )	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	IMC
1	Fundista	16	masculino	1,78	18,30	BP
2	Velocista (100 e 200m)	18	masculino	1,68	22,25	FR
3	Atleta	19	masculino	1,84	20,88	FR
4	Atleta	16	masculino	1,64	31,40	OI
5	Fundista	29	masculino	1,73	22,89	FR
6	Fundista	29	masculino	1,72	22,03	FR
7	Fundista	14	masculino	1,75	21,71	FR
Média		20,14		1,73	22,80	FR
Continua...						
8	400m	19	feminino	1,66	21,44	FR
9	Salto em distância e triplo	20	feminino	1,68	21,12	FR
10	Fundista	16	feminino	1,61	18,90	FR
11	Arremesso de peso	19	feminino	1,68	28,20	S
12	Meio fundista	19	feminino	1,65	16,60	BP
13	Marcha	21	feminino	1,67	22,45	FR
14	Atleta	34	feminino	1,72	19,71	BP
Média		21,14		1,67	21,20	FR

IMC: Índice de massa corpórea. CLAS: Classificação do IMC; BP = baixo peso; FR = faixa recomendável; S = sobrepeso; OI = obesidade tipo 1. Valores em negrito são as médias dos parâmetros calculados.

As médias obtidas, somando-se os valores no repouso e pós-exercício, nos testes bioquímicos de triglicerídeos, colesterol total, colesterol HDL e colesterol LDL são, respectivamente, 79,75; 161,60; 49,57 e 96,08 mg dL-1. No entanto, quando se observa os valores de repouso as médias são 77,44; 162,88; 48,95 e 98,46 mg dL-1, já após o protocolo de Bruce foram obtidos os resultados de 82,06; 160,33; 50,19 e 93,71 mg dL-1. Ao comparar essas duas médias, observa-se o aumento na média dos parâmetros de triglicerídeos e colesterol HDL e diminuição nos outros parâmetros (colesterol total e LDL), o que é possível visualizar na tabela a seguir.

Tabela 1 - Parâmetros bioquímicos (em mg dL-1) avaliados em amostras de atletas corredores do Projeto de Atletismo - UNISC durante avaliação espiroergométrica no protocolo de Bruce, com destaque aos valores considerados elevados pelas referências.

Atletas	Triglicerídeos		Colesterol Total		Colesterol HDL		Colesterol LDL	
	Repouso	Final	Repouso	Final	Repouso	Final	Repouso	Final
01	47,5±1,4	66,4±3,2	185,7±10,6	172,4±9,3	57,1±1,2	57,7±0,5	119,06	101,37
02	111,1±1,2	82,1±7,3	142,4±9,6	139,0±5,8	40,3±0,8	45,1±4	79,9	77,49
03	77,7±6,6	90,1±6,9	153,3±12,8	162,2±10,9	46,7±1,5	48,3±1,5	91,12	95,86
04	68,0±1,8	100,5±5,5	120,9±10,6	113,1±9,5	39,6±1,3	39,0±3,1	67,74	54,02
05	70,4±3,8	94,8±3,2	276,0±45,9	196,2±6,5	44,3±2,1	52,2±0,1	217,63	125,13
06	110,9±3,7	93,8±4,6	163,9±8,4	172,7±10,9	43,9±3,7	45,7±2,8	97,83	108,33
07	28,9±1,3	44,6±1,9	118,2±4,2	125,7±7,3	43,9±2,0	44,0±1,4	68,49	72,76
08	153,5±9,5	129,2±7,9	208,5±8,2	187,0±2,5	49,5±2,2	48,5±0,5	128,37	112,37
09	66,0±3	65,6±0,7	198,0±2,9	209,5±4,6	61,9±1,7	62,2±0,3	122,82	134,25

10	52,3±2,5	54,7±0,7	127,4±6,3	131,5±4,3	56,9±1,6	59,4±2,7	60,07	61,19
11	66,2±6,4	92,6±5,7	127,7±11,3	136,9±4,7	57,9±2,2	55,4±2,0	56,61	62,35
12	78,9±7,4	44,7±3,6	124,1±2,7	139,3±8,1	44,6±2,5	45,2±1,3	63,75	85,23
13	78,9±7,4	93,0±7,5	176,8±7,4	183,0±8,4	45,1±1,2	48,4±0,4	115,94	115,92
14	73,9±5,3	96,6±6,3	157,4±3,0	176,1±8,4	53,6±1,6	51,7±0,7	89,06	105,71
Média	77,44	82,05	162,88	160,33	48,95	50,19	98,46	93,71
M. Geral	79,75		161,60		49,57		96,08	

LDL calculado pela fórmula de Friedewald; valores de referência: triglicerídeos(TG): >150 mg dL-1; Colesterol Total(CT): desejável < 200 mg dL-1, limitrofes: 200 a 239 mg dL-1 e alto > 240 mg dL-1 Colesterol HDL: entre 40 a 60 mg dL-1 e Colesterol LDL: desejável <130 mg dL-1, limitrofe: 130 a 159 mg dL-1 e elevados >160 mg dL-1. Em negrito estão os valores que se encontram acima dos valores de referência.

A análise dos parâmetros estudados apresenta desvio padrão dentro da variabilidade aceitável, descrita pelos protocolos dos testes. Os valores dos três parâmetros estavam dentro dos limites aceitáveis para utilizar a fórmula de Friedewald.

Na figura 1 encontra-se o conjunto de todos os espectros dos atletas investigados, podendo se observar uma homogeneidade entre os mesmos, tornando necessária a utilização de análise multivariada para obter informações com poder discriminatório.

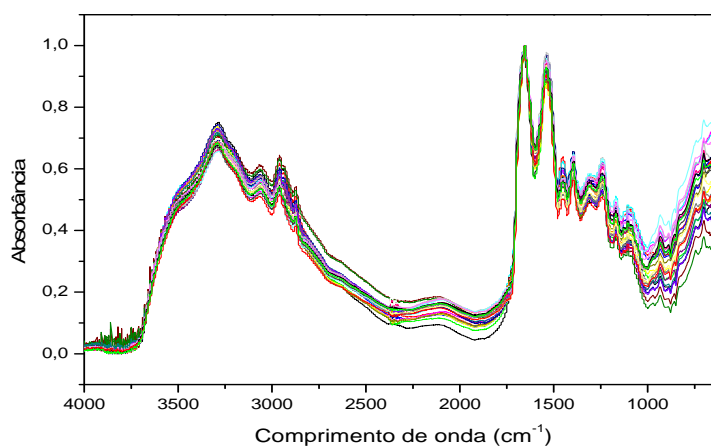


Figura 1 - Conjunto de espectros de infravermelho médios de sangue total de atletas submetidos ao ensaio espiroergométrico de Bruce.

A aplicação de análise por agrupamento hierárquico (HCA) gerou um dendrograma (Figuras 2 a 4), onde foi possível visualizar o grau de reprodutibilidade das replicatas de leituras espectrais, observando a formação de dois grupos com níveis de similaridade de 30%, mantendo as replicatas das mesmas amostras próximas e dentro do mesmo grupo.

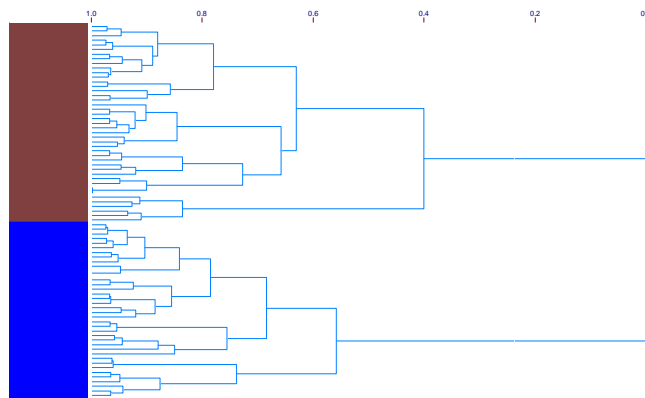


Figura 2 - Dendrograma fornecido pela HCA das triplicatas de espectros no infravermelho de sangue total de amostra de atletas.

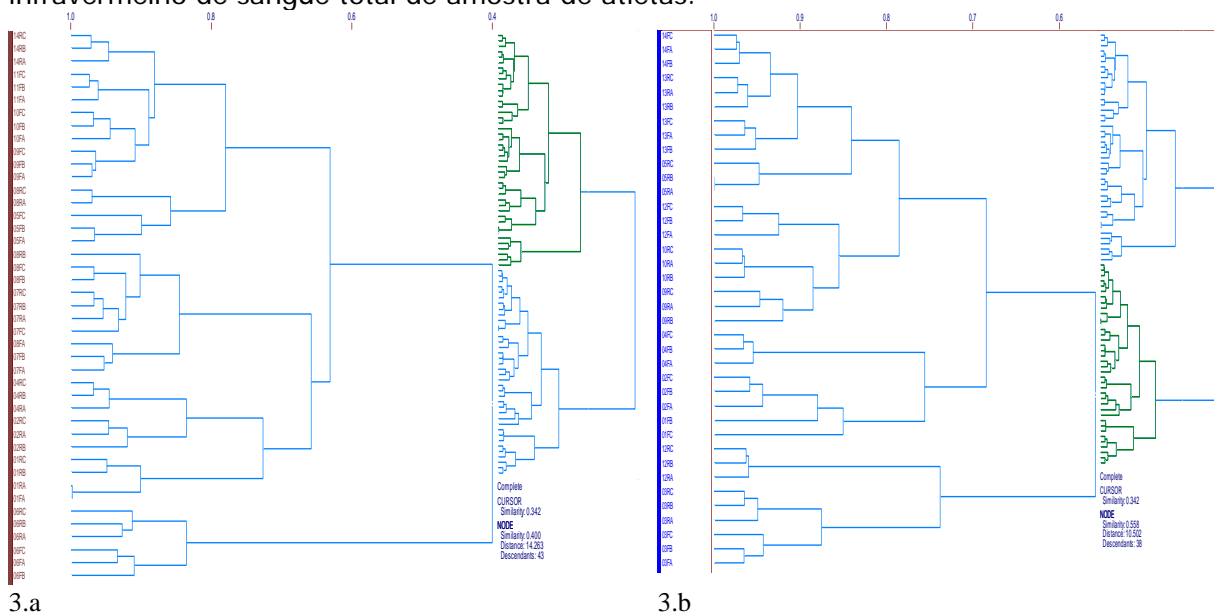


Figura 3 - Dendrogramas referentes aos grupos do HCA das triplicatas de sangue total de amostra de atletas. 3.a Dendrograma do primeiro grupo (superior) 3.b Dendrograma do segundo grupo (inferior) do HCA.

O método se mostrou reprodutível, entretanto, as replicatas geradas foram de forma aparentes no que se refere a três leituras seqüenciais da mesma amostra. Como o sangue total é um fluido muito instável, sugere-se muita atenção na impregnação deste, na literatura foram somente encontrados estudos realizados com soro e plasma (ELLIS & GOODACRE, 2006).

Um espectro de infravermelho de sangue contém muitas informações importantes e não há necessidade de utilização de todas as bandas para descrevê-las, sendo necessário, então, selecionar aquelas onde há maior quantidade de informação química relevante (SHAW & MANTSCH, 2006; ESCANDAR et al., 2006). Este princípio, junto com a exclusão de amostras consideradas outliers, foi aplicado aos conjuntos de dados em estudo sendo obtidos os modelos de regressão por mínimos quadrados parciais (PLS) para alguns parâmetros bioquímicos da amostra populacional, descritos na Tabela 3 junto com as respectivas figuras de mérito.

Tabela 3 – Resultados de modelagem de PLS-DRIFTS entre amostras de sangue total e níveis séricos de triglicerídeos, colesterol total e colesterol HDL de atletas.

Modelo	Região Espectral ( $\text{cm}^{-1}$ )	RMSECV ( $\text{mg dL}^{-1}$ )	$R^2$	VRA (%)	VL
TG-C	4000-2400 e 2200-400	23	0,55	99	9
TG-O	3150-2960 e 1700-1400	12,2	0,88	99,8	8
CT-C	4000-2400 e 2200-400	26	0,60	98	5
CT-O	3150-2700	9,3	0,94	98	8
HDL-C	4000-2400 e 2200-400	7,20	0,04	99	10
HDL-O	4000-3600 e 3290-3060	3,8	0,82	91,8	5

RMSECV=erro de validação cruzada;  $R^2$ =coeficiente de correlação de validação cruzada; VRA=variância relativa acumulada; VL=variáveis latentes; TG=triglicerídeos; CT=colesterol total; HDL=colesterol HDL. C=Faixa espectral completa; O=Faixa espectral otimizada.

Em todos os três modelos otimizados observa-se uma melhora significativa na capacidade preditiva dos componentes do perfil lipídico mostrando que parte da informação apresentada pelo conjunto de espectros FTIR de sangue total não tem relação com os níveis séricos dos respectivos biomarcadores. Em relação às regiões espectrais selecionadas observa-se, em todos os modelos, a contribuição total ou parcial de frequências vibracionais características de lipídios incluindo 3020-3000 ( $\nu$ =CH de ácidos graxos insaturados e ésteres de colesterol), 3000-2950  $\text{cm}^{-1}$  ( $\nu$ asCH<sub>3</sub> e  $\nu$ asCH<sub>2</sub> de ésteres de colesterol e lipídios) e 2950-2880  $\text{cm}^{-1}$  ( $\nu$ sCH<sub>3</sub> e  $\nu$ sCH<sub>2</sub> de ácidos graxos, ésteres, glicerol, fosfolipídios e triglicerídeos). Neste contexto, o modelo preditivo de colesterol total é o mais simples e seletivo constituído por contribuições de todas as vibrações acima referidas sem mais nenhuma outra informação estrutural provinda do infravermelho médio (SILVERSTEIN & WEBSTER, 2007).

Já o modelo de colesterol HDL considera apenas parte da contribuição de  $\nu$ C=CH de lipídios insaturados mas inclui informações parciais sobre movimentos vibracionais de proteínas ( $\nu$ N-H, a 3700-3400  $\text{cm}^{-1}$ ) mostrando a grande contribuição deste componente bioquímico na organização da estrutura desta lipoproteína.

Por outro lado, o modelo de triglicerídeos é o mais complexo e inclui também informações de proteínas, porém de outra natureza, diferente daquelas observadas no modelo de colesterol HDL. As contribuições de informação estrutural protéica no modelo de previsão de triglicerídeos de atletas, com base nos espectros FT-IR de sangue total, incluem informações das bandas de amida I ( $\nu$ C=O a 1720-1600  $\text{cm}^{-1}$ ) e II ( $\delta$ N-H a 1600-1480 $\text{cm}^{-1}$ ). Entretanto, este modelo é ainda mais simples que o encontrado por Shaw e Mantsch (2006), com base em espectros FT-IR de soro, o qual incluiu as faixas espectrais de 3000-2800, 1800-1700 e 1500-900  $\text{cm}^{-1}$ .



A representação gráfica de correlação entre os valores preditos pelos respectivos modelos otimizados e os valores experimentais encontram-se representados na Figura 4.

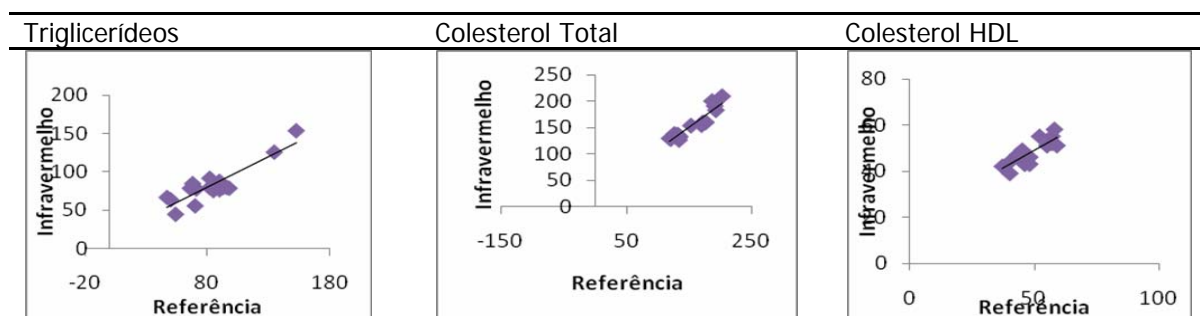


Figura 4 – Gráficos de correlação de modelagem de regressão PLS-DRIFTS otimizados, entre amostras de sangue total e triglicerídeos séricos, colesterol total e colesterol HDL, para atletas.

A calibração do modelo baseou-se na recuperação de informações analíticas quantitativas a partir dos espectros (ELLIS & GOODACRE, 2006; ESCANDAR et al., 2006). Os modelos de calibração são desenvolvidos separadamente para cada analito alvo. Por fim cada modelo é validado através de comparação dos valores previstos pelo PLS com os valores de referência.

Para calibração dos modelos, foram previstas as concentrações de algumas amostras (tabela 4), as quais foram inicialmente descartadas na elaboração do modelo em questão. Para as previsões dos valores de concentração de triglicerídeos, colesterol total e colesterol HDL, foram obtidas as correlações de 0,95, 0,15 e 0,10 e os erros de 7,4, 30 e 6,9 mg dL<sup>-1</sup> respectivamente, podendo-se observar um bom modelo para a previsão das amostras de triglicerídeos, considerando uma alta correlação aliada a um baixo erro e alcançando o objetivo frente a este parâmetro. Já para as previsões de colesterol total e HDL os valores obtidos não foram reprodutíveis, mostrando uma baixa correlação e, no caso do colesterol total, aliado a um alto erro de previsão.

Tabela 4 - Correlação de valores entre método referência e infravermelho na concentração sérica de triglicerídeos, colesterol total e colesterol HDL em atletas.

<i>Parâmetros</i>	<i>Atletas</i>	<i>Referência (mg dL<sup>-1</sup>)</i>	<i>Infravermelho (mg dL<sup>-1</sup>)</i>
TG	02R	116,09	116,75
TG	04F	97,41	92,51
TG	05F	94,76	103,92
TG	09R	68,98	71,39
TG	06R	110,88	104,19
TG	10F	54,68	54,27
TG	07F	44,65	46,92
TG	14R	73,92	85,53
TG	14F	97,16	85,53
CT	01F	178,88	178,34
CT	02R	142,42	178,35
CT	02F	143,10	178,40
CT	05R	243,78	178,40

CT	09R	197,96	178,40
CT	09F	209,54	178,40
CT	06R	169,68	178,40
CT	06F	180,41	178,40
CT	11F	139,52	178,40
CT	14R	157,41	166,48
CT	14F	176,15	166,48
HDL	05R	43,14	50,90
HDL	08R	49,46	50,94
HDL	08F	48,53	50,90
HDL	09R	61,94	60,00
HDL	09F	62,17	50,95
HDL	06R	41,98	51,00
HDL	10R	56,90	51,00
HDL	07F	43,95	50,90
HDL	14R	53,57	52,90
HDL	14F	51,71	52,90

TG = triglicerídeos; CT = colesterol total; HDL = colesterol HDL; R: Repouso; F: Final do exercício.

Os resultados apontam que, na avaliação de atletas, a técnica de infravermelho (DRIFTS) juntamente com o método de regressão multivariado (PLS) foi adequada para a construção de modelos de calibração e para a dosagem de marcadores bioquímicos de perfil lipídico. Nessa perspectiva, considera-se possível a utilização da espectroscopia FT-IR na obtenção de dados que determinam o perfil lipídico em amostras de sangue total em atletas. Contudo, é uma aplicação limitada e dependente de fatores operacionais envolvidos nas etapas de coleta e disposição das amostras de sangue em presença do KBr. Por fim, a técnica estudada se mostra promissora no monitoramento da evolução e desempenho de atletas durante diferentes testes de esforço, inclusive em provas específicas de atletismo, o que está sendo desenvolvido pelo nosso grupo de pesquisa.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela bolsa de Iniciação Científica.

## REFERÊNCIA

- ALAIN, Charles C., et al, Enzymatic determination of total plasma cholesterol. *Clinical Chemistry*, v. 20, n. 4, p. 470-475, 1974
- BARBOSA, Luiz C.A. *Espectroscopia no infravermelho na caracterização de compostos orgânicos*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 189 p. 2007.
- BAYNES, John W. e DOMINICZACK, Marek H. *Bioquímica médica*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007, 716 p.
- BUCOLO, Giovanni e DAVID, Harold. Quantitative determination of plasma triglycerides by the use of enzymes. *Clinical Chemistry*, v. 19, p. 476-482, 1973.

CAMPBELL, Mary K.; FERRELL, Shawn O. *Bioquímica*. São Paulo: Thomson, 3v, 2007.

DEVLIN, Thomas M. (Coord). *Manual de bioquímica: com correlações clínicas*. São Paulo: E. Blucher, 2007, 1186 p.

ELLIS, David I.; GOODACRE, Royston. Metabolic fingerprinting in disease diagnosis: biomedical applications of infrared and Raman. *The Analyst*, v. 131, p. 875–885, 2006.

ESCANDAR Graciela M. et al. A review of multivariate calibration methods applied to biomedical analysis. *Microchemical Journal*, v. 82, p. 29-42, 2006.

FRIEDEWALD, William T.; LEVY, Robert I.; FREDRICKSON, Donald S. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clinical Chemistry*, v. 18, n. 6, p. 499-502, 1972.

GREFF Jan van der; STROOBANT, Paul.; HEIJDEN Rob van der. The role of analytical sciences in medical systems biology. *Current Opinion in Chemical Biology*, v. 8, n. 5, p. 559–565, 2004.

HALL, Jeffrey W. e POLLARD, Alan. Near-infrared spectrophotometry: A new dimension in clinical chemistry. *Clinical Chemistry*, v. 38, n. 9, p.1623-1631, 1992.

HOLLYWOOD, Katherine; BRISON, Daniel R.; GOODACRE, Royston. Metabolomics: Current technologies and future trends. *Proteomics*, v. 6, p. 4716–4723, 2006.

KANAAN, Salim.; GARCIA, Maria A.T. *Bioquímica clínica*. São Paulo: Atheneu, 2008, p. 241.

LERARIO, Antonio C.; BETTI, Roberto T. B.; WAJCHENBERG, Bernardo L. O perfil lipídico e a síndrome metabólica. *Revista da Associação Médica Brasileira*. [online]. v. 55, n. 3, p. 232-233, 2009.

MOTTA, Valter T. *Bioquímica clínica para o laboratório: princípios e interpretações*. 4. ed. São Paulo: Robe Editorial, 2003, p. 419.

SHAW, Anthony e MANTSCH, Henry. Infrared spectroscopy in clinical and diagnostic analysis. *Encyclopedia of Analytical Chemistry*. 2006.

SILVERSTEIN, Robert M.; WEBSTER, Francis X. *Identificação espectrométrica de compostos orgânicos*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 2007, p. 490.

WANG, Liqun; MIZAIKOFF, Boris. Application of multivariate data-analysis techniques to biomedical diagnostics based on mid-infrared spectroscopy. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, v. 391, n. 5, p. 1641-1654, 2008.