

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

DAIANE APARECIDA VACARI

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA
CURVATURA LOMBOSSACRAL OBTIDOS POR IMAGEM
RADIOGRÁFICA E FOTOGRÁFICA

DISSERTAÇÃO

CURITIBA
2013

DAIANE APARECIDA VACARI

**COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA
CURVATURA LOMBOSSACRAL OBTIDOS POR IMAGEM
RADIOGRÁFICA E FOTOGRÁFICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para a obtenção do título de “Mestre em Engenharia Biomédica” – Área de Concentração: Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Borba Neves

**CURITIBA
2013**

V112 Vacari, Daiane Aparecida
Comparação entre métodos de avaliação da curvatura lombossacral obtidos por imagem radiográfica e fotográfica / Daiane Aparecida Vacari. – 2013.
93 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Eduardo Borba Neves.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica. Curitiba, 2013.
Bibliografia: f. 83-88.

1. Coluna vertebral. 2. Região lombossacral. 3. Radiografia – Técnicas digitais. 4. Fotogrametria. 5. Medição – Testes. 6. Instrumentos e aparelhos médicos. 7. Engenharia biomédica – Dissertações. I. Neves, Eduardo Borba, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica. III. Título.

CDD (22. ed.) 610.28

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Campus Curitiba



Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica

Título da Dissertação Nº 004

“*Comparação Entre Métodos de Avaliação da Curvatura Lombossacral Obtidos por Imagem Radiográfica e Fotográfica*”

por

Daiane Aparecida Vacari

Esta dissertação foi apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de **MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc.)** – Área de Concentração: Engenharia Biomédica, pelo **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica (PPGEB)**, – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (**UTFPR**), *Campus Curitiba*, às 14h00min do dia **15 de maio de 2013**. O trabalho foi aprovado pela Banca Examinadora, composta pelos professores:

Prof. Eduardo Borba Neves, Dr.
(Presidente – UNIANDRADE)

Profª. Denise Da Vinha Ricieri, Dra.
(UFPR)

Prof. Fábio Kurt Schneider, Dr.
(UTFPR)

Visto da coordenação:

Prof. Bertoldo Schneider Jr., Dr.
(Coordenador do PPGEB)

AVISO: A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do PPGEB

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e a Nossa Senhora, por ter alcançado tantas graças. Sem a presença divina em minha vida, eu não teria encontrado tantas pessoas maravilhosas que auxiliaram nessa trajetória.

Aos meus pais, que me concederam a vida, além de me ensinar exemplarmente o valor da palavra dignidade, a minha infinita gratidão.

Aos meus irmãos queridos, Rô, Néia, Celso e Má, simplesmente AMO vocês, obrigada por sempre me ajudarem.

Ao noivo amado, Iuri, determinante em minhas escolhas e, PRINCIPALMENTE em minhas conquistas, muito obrigada por ter passado tantas noites em branco ao meu lado, ter corrigido infinitas vezes meus erros ortográficos, e ter “aturado” tanto estresse. Você é tudo de mais precioso que eu posso ter ganhado em minha vida, e realmente, serei responsável até o fim da minha vida por quem cativei!

Ao fabuloso orientador e mestre Eduardo Borba Neves, por ter se revelado um profissional exemplar, com sua postura ética, comprometida e eficiente. Por ter se demonstrado uma pessoa paciente e compreensiva nas situações impossibilitastes e por ter me auxiliado na realização de um sonho, o de ser uma professora acadêmica, por estes e diversos outros motivos, muito obrigada Professor Eduardo.

Devo agradecer infinitamente a Professora Leandra Ulbricht, a quem devo muito respeito, admiração e gratidão, pois sempre será um referencial de profissionalismo em minha vida, além da pessoa Leandra que indiscutivelmente para mim se tornou uma amiga, sempre me aconselhando e me apoiando, também em minha vida pessoal.

Aos professores, nossos mestres eternos, que tanto nos auxiliaram no mestrado, com certeza não nos ensinaram apenas os conteúdos programáticos de aulas, mas sim como ser pessoas de bem.

A amiga querida que sempre me acompanhou e auxiliou nesses dois anos, Andrea Perin, muito obrigada!

Enfim, a todos que colaboraram como voluntários ou que nos auxiliaram neste trabalho o meu muitíssimo obrigado.

RESUMO

VACARI, Daiane Aparecida. **Comparação entre métodos de avaliação da curvatura lombossacral obtidos por imagem radiográfica e fotográfica.** 2013. 99 f. (Mestrado em Engenharia Biomédica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

Introdução: Os avanços tecnológicos no desenvolvimento de medidas preventivas são indispensáveis no processo de manutenção da qualidade de vida dos seres humanos. O incremento de novos métodos avaliativos para estruturas complexas como a coluna vertebral e, mais especificamente a coluna lombossacral, é demanda constante no âmbito de pesquisa científica. **Objetivo:** Investigar a correlação e a concordância entre diferentes métodos radiográficos de avaliação da concavidade lombossacral e desenvolver um protocolo de avaliação dessa curvatura por meio de fotogrametria. **Metodologia:** A seleção da amostra ocorreu no município de Curitiba-PR, totalizando 58 indivíduos de ambos os sexos, com idades entre 18 e 28 anos. Nos procedimentos de tratamento de imagem e dos critérios de inclusão foram detectadas seis perdas técnicas, reduzindo a amostra para 52 indivíduos. Para o desenvolvimento da nova técnica utilizou-se: uma câmera fotográfica digital Samsung[®] de 14,2 Mega Pixels, um tripé da marca Midas[®] e marcadores adesivos circulares da marca Pimaco[®]. Os procedimentos relacionados às coletas da imagem radiográficas foram realizados em um centro diagnóstico por imagem. Os ângulos da concavidade lombossacral foram avaliados por sete técnicas diferentes (Centroide, Cobb₁_{L1-S1}, Cobb₂_{L1-L5}, Cobb₃_{L2-S1}, Cobb₄_{T12-S1}, Tangente Posterior e Trall) e ainda, por duas novas técnicas com imagens fotográficas (Cobb_{Foto} e Trall_{Foto}). **Resultados:** Durante a elaboração da nova técnica, detectou-se a necessidade do desenvolvimento de um marcador metálico proeminente, para ser observado nas fotografias e radiografias em vistas laterais. Apesar dos baixos valores de concordância entre os métodos radiográficos, foram constatados altos coeficientes de correlação entre algumas técnicas: Cobb₄_{T12-S1s} e Cobb₁_{L1s-S1s} (0,893), Cobb₄_{T12-S1s} e Cobb₂_{L1s-L5i} (0,820), Cobb₃_{L2s-S1s} e Cobb₁_{L1s-S1s} (0,810). As técnicas fotogramétricas para a análise da coluna lombossacral apresentaram correlações moderadas e fracas quando comparados aos testes radiográficos. As medidas de Trall_{Foto} em relação às medidas de Cobb₁_{L1s-S1s} e Cobb₃_{L2s-S1s} apresentaram valores de $r=0,40$ e $0,45$, respectivamente. Adicionalmente, promoveu-se uma classificação categórica dos valores angulares obtidos através de cada método, tanto aqueles que são validados na radiologia, quanto àqueles desenvolvidos por fotogrametria. Com nos resultados obtidos, optou-se pela análise de uma nova variável, o ponto de inflexão entre a cifose torácica e a lordose lombar. Este ponto de inflexão apresentou maior incidência na região entre a décima segunda vértebra torácica e a primeira lombar (63,5%). **Conclusão:** Pode-se concluir que a diversidade de referências anatômicas utilizadas nas técnicas estudadas deve ser considerada no momento da escolha daquela a ser aplicada, em diferentes pacientes, dependendo do posicionamento referente ao ponto de inflexão toracolombar, pois o conhecimento de sua localização permite a escolha da técnica a ser empregada com mais exatidão. As técnicas de avaliação desenvolvidas a partir da fotogrametria (Cobb_{Foto} e Tall_{Foto}) não apresentaram valores estatísticos suficientemente compatíveis para a substituição do método radiográfico.

Palavras-chave: Coluna Lombossacral. Radiografia. Fotogrametria. Protocolo de Avaliação.

ABSTRACT

VACARI, Daiane Aparecida. **Comparison of methods for assessing lumbosacral curvature obtained by radiography and photograph.** 2013. 99 f. (Masters in Biomedical Engineering) – Postgraduate Program in Biomedical Engineering, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

Introduction: Technological advances in the development of preventive measures are indispensable in the process of maintaining the quality of life of human beings. The rise of new methods of assessment of complex structures such as the spine, and more specifically the lumbosacral spine is in constant demand for scientific research. **Objective:** To investigate the correlation and agreement between different radiographic methods for evaluation of lumbosacral concavity and develop a protocol for assessment of curvature through Photogrammetry. **Methodology:** The sample selection was in Curitiba-PR, totaling 58 individuals of both sexes, aged between 18 and 28 years. In image processing procedures and criteria for inclusion were detected six technical losses, reducing the sample to 52 individuals. For the development of the new technique was used: a digital camera Samsung ® 14.2 Mega Pixels, a tripod Midas ® and markers adhesives of brand Pimaco®. During construction of the new technique, we detected the need to develop metallic marker of prominence to be seen in the photographs and radiographs in lateral views. The procedures related to collect radiographic image were carried out in partnership with a diagnostic imaging center of a hospital in the capital of Curitiba. The angles of the concavity lumbosacral were evaluated seven different techniques (Centroid, Cobb_{1L1-S1}, Cobb_{2L1-L5}, Cobb_{3L2-S1}, Cobb_{4T12-S1}, Posterior tangent and Trall) and also by two new techniques with photograph (Cobb_{Photo} e Trall_{Photo}). **Results:** Despite the low values of correlation between radiographic methods, high correlation coefficients were found between some techniques: Cobb_{4T12-S1s} e Cobb_{1L1s-S1s} (0,893), Cobb_{4T12-S1s} e Cobb_{2L1s-L5i} (0,820), Cobb_{3L2s-S1s} e Cobb_{1L1s-S1s} (0,810). The techniques the photogrammetric analysis of the lumbosacral spine demonstrated correlation moderate to weak when compared to radiographic tests. The Measures of Trall_{Photo} in 0, 45, respectively. Additionally, we promoted a categorical classification of angle values obtained by each method, both those validated in radiograph, and developed by photogrammetry. With these results, we opted for the analysis of a new variable, the tipping point between the thoracic kyphosis and lumbar lordosis. This inflection point presented higher incidence in the region between the twelfth thoracic vertebra and the L1 (63,5%). **Conclusion:** It was concluded that the diversity of anatomical references used in the studied techniques should be considered when choosing to apply in different patients, depending on the position assigned to the inflection point thoracolumbar, because knowledge of its location allows choice of technique to be used more accurately. Assessment techniques developed from photogrammetry (Cobb_{Photo} e Tall_{Photo}) showed no statistical values sufficiently compatible to replace the radiographic method.

Keywords: Lumbosacral Spine. Radiography. Photogrammetry. Evaluation Protocol.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Disco intervertebral e suas estruturas	16
Figura 2 - Método Centróide	21
Figura 3 - Método Cobb L1-S1.....	23
Figura 4 - Método Cobb L1-L5	24
Figura 5 - Método Cobb L2-S1.....	25
Figura 6 - Método Cobb T12-S1.....	26
Figura 7 - Método Tangente Posterior.....	28
Figura 8 - Método Trall	29
Figura 9 - Câmera fotográfica digital Samsung® PL121	33
Figura 10 - <i>Software</i> ImageJ 1.46r.....	34
Figura 11 - Emissor de Raios X.....	35
Figura 12 – Buck Mural.....	36
Figura 13 - Mesa de comando digital	36
Figura 14 - Filme radiográfico.....	37
Figura 15 - CR e Leitor Óptico.....	37
Figura 16 - Monitor e <i>software</i> utilizado para armazenamento das imagens	38
Figura 17 - Procedimentos para execução do método centróide	40
Figura 18 - Procedimentos para execução do método Trall	41
Figura 19 - Procedimentos para execução do método Tangente Posterior.....	42
Figura 20 - Procedimentos para execução do método Cobb 1 _{L1-S1}	43
Figura 21 - Procedimentos para execução do método Cobb 2 _{L1-L5}	43
Figura 22 - Procedimentos para execução do método Cobb 3 _{L2-S1}	44
Figura 23 - Procedimentos para execução do método Cobb 4 _{T12-S1}	44
Figura 24 - Serra Fita, ST 1101	47
Figura 25 - Marcador metálico	48
Figura 26 - Projeção do corpo vertebral em relação ao marcador metálico	48

Figura 27 – Na imagem “a” não há tratamento de rotação, já na imagem “b” são demonstrados os recursos para calibrar a imagem.....	51
Figura 28 - Procedimentos para execução do método Cobb Foto s1-t12	52
Figura 29 - Procedimentos para execução do método Trall Foto	53
Figura 30 - Classificação da intensidade dos coeficientes de correlação positivos e negativos	55
Figura 31 - Traçado dos ângulos Cobb Foto, Cobb ₁ , Cobb ₂ , Cobb ₃ e Cobb ₄	56
Figura 32 - Traçado dos ângulos Trall Foto, Cobb ₁ , Cobb ₂ , Cobb ₃ e Cobb ₄	59
Figura 33 – Procedimento detecção do ponto de inflexão da coluna toracolombar	66

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 - Fluxogramas das etapas de execução do estudo..... 31
- Gráfico 2 - Análise de concordância entre o traçado de ângulos de curvatura lombossacral: a) concordância ente o ângulo de Cobb obtido por fotogrametria e o ângulo de Cobb₁ (L1-S1) obtido pelo traçado na radiografia; b) concordância ente o ângulo de Cobb obtido por fotogrametria e o ângulo de Cobb₂ (L1-L5) obtido pelo traçado na radiografia; c) concordância ente o ângulo de Cobb obtido por fotogrametria e o ângulo de Cobb₃ (L2-S1) obtido pelo traçado na radiografia; d) concordância ente o ângulo de Cobb obtido por fotogrametria e o ângulo de Cobb₄ (T12-S1) obtido pelo traçado na radiografia. 57
- Gráfico 3 - Análise de concordância entre o traçado de ângulos de curvatura lombar: a) concordância ente o ângulo de Trall obtido por fotogrametria e o ângulo de Cobb₁ (L1-S1) obtido pela traçado na radiografia; b) concordância ente o ângulo de Trall obtido por fotogrametria e o ângulo de Cobb₂ (L1-L5) obtido pela traçado na radiografia; c) concordância ente o ângulo de Trall obtido por fotogrametria e o ângulo de Cobb₃ (L2-S1) obtido pela traçado na radiografia; d) concordância ente o ângulo de Trall obtido por fotogrametria e o ângulo de Cobb₄ (T12-S1) obtido pela traçado na radiografia. 60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatística Descritiva da Amostra.....	53
Tabela 2 - Estatísticas das amostras pareadas – Cobb _{Foto1} x Cobb _{Foto2}	54
Tabela 3 - Teste de Kolmogorov-Smirnov para uma amostra.....	54
Tabela 4 – Correlação entre métodos obtidos por meio de fotogrametria e radiografia.....	55
Tabela 5 – Coeficientes de Correlação Linear de Pearson entre métodos radiográficos	61
Tabela 6 – Classificação dos valores angulares a partir da média e do desvio padrão de cada método	62
Tabela 7 - Classificação categórica dos valores angulares por método de identificação da curvatura lombar.....	63
Tabela 8 – Distribuição percentual da classificação categórica dos valores angulares	63
Tabela 9 – Intensidade de concordância relacionada à estatística Kappa.....	64
Tabela 10 - Estatística Kappa entre os métodos da curvatura lombar	65
Tabela 11 - Estatística descritiva dos pontos de inflexão na curvatura toracolombar	67
Tabela 12 - Classificação definida para as divisões das regiões anatômicas e os respectivos métodos recomendados	68

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	JUSTIFICATIVA.....	12
2	OBJETIVOS DA PESQUISA	14
2.1	OBJETIVO GERAL	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2.3	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	14
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1	ANATOMIA DA COLUNA VERTEBRAL	15
3.2	TIPOS DE ACOMETIMENTOS DA COLUNA LOMBOSSACRAL.....	18
3.3	MÉTODOS EMPREGADOS PARA AVALIAÇÃO LOMBOSSACRAL	19
3.3.1	Técnicas de Captura da Imagem por Meio de Radiograma.....	20
3.3.2	Técnicas de Captura por Meio de Fotogrametria.....	30
4	METODOLOGIA	31
4.1	DELINEAMENTO DO ESTUDO.....	31
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA POPULAÇÃO.....	32
4.3	LOCAL DE DIVULGAÇÃO E COLETAS DOS DADOS	32
4.3.1	Aspectos Éticos.....	32
4.4	MATERIAIS UTILIZADOS PARA A APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE FOTOGAMETRIA.....	33
4.5	EQUIPAMENTOS EMPREGADOS PARA A COLETA COM A TÉCNICA RADIOGRÁFICA.....	35
4.6	PROCEDIMENTOS COM OS PARTICIPANTES DA AMOSTRA.....	38
4.7	TRATAMENTO DAS IMAGENS ATRAVÉS DOS MÉTODOS RADIOGRÁFICOS	40
4.7.1	Método Centroide	40
4.7.2	Método Trall	41
4.7.3	Método Tangente Posterior.....	41
4.7.4	Método Cobb 1 L1-S1.....	42
4.7.5	Método Cobb 2 L1-L5	43
4.7.6	Cobb 3 L2-S1	44
4.7.7	Cobb 4 T12-S1.....	44
4.8	TESTES ESTATÍSTICOS	45
4.9	BENEFÍCIOS AOS PARTICIPANTES	46
5	RESULTADOS	47
5.1	DESENVOLVIMENTO DO MARCADOR METÁLICO, PERCEPTÍVEL SIMULTANEAMENTE NA IMAGEM DIGITAL E RADIOGRÁFICA.....	47

5.2	DESENVOLVIMENTO DO PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO POR MEIO DE FOTOGRAMETRIA.....	48
5.3	APLICAÇÃO PRÁTICA DO PROTOCOLO DE FOTOGRAMETRIA	49
5.3.1	Método Cobb Foto S1-T12.....	51
5.3.2	Método Trall Foto	52
5.4	CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	53
5.5	ANÁLISE DA CONFIABILIDADE DAS NOVAS TÉCNICAS.....	54
5.6	NORMALIDADE DAS DISTRIBUIÇÕES	54
5.7	CORRELAÇÃO ENTRE MÉTODOS FOTOGRAMETRIA X RADIOGRAFIA.....	55
5.8	ANÁLISE DE CONCORDÂNCIA E EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO ENTRE FOTOGRAMETRIA E RAIOS X	56
5.8.1	Cobb Foto x Métodos Radiografia.....	56
5.8.2	Trall Foto x Métodos Radiografia.....	59
5.9	CORRELAÇÃO ENTRE MÉTODOS RADIOGRAFIA X RADIOGRAFIA	61
5.10	CLASSIFICAÇÃO CATEGÓRICA DOS VALORES ANGULARES OBTIDOS POR CADA MÉTODO.....	62
5.11	ANÁLISE DA CONCORDÂNCIA KAPPA ENTRE AS CLASSIFICAÇÕES CATEGÓRICAS DOS DISTINTOS MÉTODOS DE MENSURAÇÃO ANGULAR..	64
5.12	MÉTODO DE DETECÇÃO DO PONTO DE INFLEXÃO DA COLUNA TORACOLOMBAR	66
5.13	RESULTADOS DA IDENTIFICAÇÃO DO PONTO DE INFLEXÃO ENTRE A CURVATURA TORACOLOMBAR	67
6	DISCUSSÃO 69	
6.1	CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	69
6.2	CORRELAÇÃO ENTRE MÉTODOS BASEADOS EM RADIOGRAFIA E FOTOGRAMETRIA.....	70
6.3	CONCORDÂNCIA ENTRE AS MEDIDAS DE FOTOGRAMETRIA E RADIOGRAFIA E EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO	73
6.4	CONCORDÂNCIA ENTRE OS MÉTODOS APLICADOS NAS RADIOGRAFIAS E EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO.....	76
6.5	DETERMINAÇÃO DO PONTO DE INFLEXÃO DA CURVATURA TORACOLOMBAR E PROPOSTA DE APLICAÇÃO DOS MÉTODOS RADIOGRÁFICOS	78
7	CONCLUSÃO.....	81
	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	83
	APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	89
	APÊNDICE B - RELATÓRIO INDIVIDUAL	92

1 INTRODUÇÃO

Constituída por uma complexa estrutura anatômica, a coluna lombossacral é um ponto de investigação no meio científico (LE HUEC et al., 2011). Atualmente, estudos são direcionados ao desenvolvimento de novas técnicas de análise para esta estrutura (SAAD et al., 2012). Esse fato é decorrente do aumento de demandas relacionadas a lombalgias e dos acometimentos na estrutura lombossacral, geralmente, são oriundos de má adequação postural, e na maioria dos casos, provinda da falta de adaptação dos postos de trabalho nas atividades laborais, da inatividade ou, ainda, de doenças crônicas e congênitas (DAWSON et al., 2011).

Para que os acometimentos da coluna lombossacral sejam prevenidos, o padrão de alinhamento postural considerado ideal deve possuir características de uniformidade óssea, muscular, ligamentar, tendinosa e articular, além disso, deve apresentar em conjunto, um eficiente funcionamento do sistema nervoso e labiríntico (THOMAS; VANLUNEN; MORRISON, 2012).

Devido às constantes demandas dos conhecimentos científicos relacionados à coluna vertebral, diversas técnicas de captura de imagem foram desenvolvidas para analisar e diagnosticar quadros de anormalidades na postura. As técnicas que se apresentam eficientes neste âmbito são a radiografia e a ressonância magnética, entretanto alguns inconvenientes são observados, e entre eles se destacam, o efeito da radiação sobre o sistema orgânico do ser humano, os custos e as exigências sofisticadas para a aplicabilidade (MORVAN et al., 2011).

Junto à evolução das técnicas de captura, observa-se o progresso dos métodos voltados à mensuração das imagens radiográficas (HWANG et al., 2010). Para que o diagnóstico referente a esse tipo de imagem seja confiável, é imprescindível a utilização de métodos que demonstram confiabilidade e validade entre avaliadores. Atualmente, testes como Cobb, Trall, Centroide e Tangente Posterior possuem tais características, conforme evidencia o estudo de Lee et al. (2012).

Outras alternativas para a medição da curvatura lombossacral já foram testadas, entre elas, destacam-se a fotogrametria e a biofotogrametria. Estas técnicas apresentam praticidade em sua aplicação e possuem baixos custos, viabilizando seu acesso em qualquer âmbito (RICIERI; FILHO, 2009).

A fotogrametria foi desenvolvida a princípio para a área de cartografia, porém, com o decorrer dos anos, foi adaptada ao meio clínico para a quantificação de padrões anatômicos

posturais (IUNES et al., 2009). A Biofotogrametria foi desenvolvida com padronizações diferenciadas no processo de avaliação, pois tornou viável a avaliações desde os aspectos respiratórios, até as variáveis de desordens estruturais posturais (RICIERI; COSTA; FILHO, 2008).

Todavia, algumas restrições são observadas nas técnicas de avaliação de imagem radiográfica e imagem fotográfica, e é neste contexto, que se prevê comparar por meio de estatísticas inferenciais nove diferentes aplicações de métodos avaliativos das curvaturas lombossacral, entre eles se encontram duas novas propostas, ambas desenvolvidas para aplicação em imagens fotográficas, originárias de técnicas que se empregava convencionalmente em filmes radiográficos.

1.1 JUSTIFICATIVA

A busca contínua por uma vida saudável promove diversas consequências positivas, entre elas se destacam as reduções dos custos voltados a medicamentos, recursos terapêuticos, afastamento das atividades laborais por doença e afastamento das atividades de vida diária (AVD). Dentro deste quadro, evidenciam-se as medidas preventivas de saúde, as quais auxiliam a promoção da qualidade de vida e suas atribuições (DAWSON et al., 2011).

Atitudes de prevenção voltadas à saúde colaboram para o retardamento do desenvolvimento de doenças degenerativas. Menciona-se, como exemplo, o cuidado com a manutenção do alinhamento da coluna vertebral. Através de exercícios físicos específicos e do controle periódico por meio de diagnósticos preventivos, problemas como a lordose lombar podem ser detectados com brevidade, evitando, assim, acometimentos mais graves na coluna lombar.

Entre as técnicas diagnósticas recomendadas para a avaliação lombossacral, encontra-se a radiografia, pois sua aplicação principal é o delineamento ósseo. Todavia, algumas atribuições negativas são dedicadas a esta técnica, entre elas mencionam-se as dosagens de radiação ionizante, os custos para o paciente e a acessibilidade de aplicação (SAAD et al., 2012).

As investigações por técnicas diagnósticas que gerem menores agravos à saúde e possuam custos menores são necessárias, contudo as que possuem apenas o referencial de

superfície não apresentam capacidades avaliativas tais como o procedimento radiográfico (GADOTTI; MAGEE, 2012).

Em virtude das constantes necessidades de aperfeiçoamento demandado para tal área de conhecimento diagnóstica preventiva, fundamentou-se a ideia de comparação entre diferentes métodos de mensuração lombossacral através de imagem radiográfica digitalizada e imagem fotográfica.

2 OBJETIVOS DA PESQUISA

2.1 OBJETIVO GERAL

Investigar a correlação e a concordância entre diferentes técnicas radiográficas de avaliação da concavidade lombossacral e desenvolver um protocolo de avaliação dessa curvatura por meio de fotogrametria.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver um protocolo das medidas angulares da curvatura lombar por fotogrametria;
- Avaliar a correlação entre os ângulos de curvatura lombar obtidos pela fotogrametria e pela radiografia;
- Determinar a concordância entre os resultados dos métodos aplicados nas imagens radiográficas e nas fotografias;
- Propor parâmetros para a classificação categórica das medidas angulares da curvatura lombar a partir da distribuição dos dados coletados.

2.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação está organizada em sete capítulos. O primeiro capítulo introduzirá quais serão as perspectivas do estudo, sua importância e suas possíveis contribuições. O segundo capítulo apresenta os objetivos gerais e específicos, além da estrutura da dissertação. Já o terceiro capítulo, discorrerá sobre a revisão de literatura, necessária para o embasamento dos conteúdos referenciais e para o fomento de novas alternativas. No quarto capítulo, serão tratados todos os procedimentos metodológicos empregados no estudo. Sucessivamente, será abordada a apresentação dos resultados, no quinto capítulo. Ao longo do sexto capítulo, serão discutidos os resultados obtidos na pesquisa e, por fim, no sétimo capítulo será exposta a conclusão da pesquisa.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação bibliográfica desta dissertação se amparará em tópicos e subtópicos que aprofundarão detalhadamente o tema proposto. Entre os assuntos a serem tratados, encontram-se: estrutura anatômica da coluna vertebral, tipos de acometimentos da coluna lombossacral e métodos empregados para avaliação lombossacral. Entre os subtópicos apresentam-se: as técnicas de mensuração por meio de radiografia e as técnicas mensuradas por meio de fotogrametria.

3.1 ANATOMIA DA COLUNA VERTEBRAL

Estruturalmente, a coluna vertebral é composta pelas vértebras, as quais se dividem em cinco grupos distintos.

O primeiro grupo é composto pelas vértebras cervicais, localizadas na região apical da coluna vertebral e possuem, entre outras características, processos espinhosos que possuem formatos mais horizontais, outros curtos ou divididos em duas pontas.

Logo abaixo da sétima vértebra cervical, inicia-se a coluna torácica, esta se caracteriza por possuir processos espinhosos escarpados e direcionados para baixo, no total de doze vértebras.

Seguidamente, localiza-se a coluna lombar formada por cinco vértebras, as quais possuem corpos vertebrais maiores com placa basilar, processos espinhosos mais horizontais, maciços e achatados lateralmente (SOBOTTA, 2000).

Podem ser observadas, consecutivamente as vértebras sacrais, que revelam uma característica diferenciada, pois suas cinco vértebras apresentam-se fundidas por sinostose. Esta condição é causada pelo processo de maturação das interdigitações ou suturas presentes em ossos, como exemplo, os do crânio e do próprio sacro. Em consequência disto, esse grupo ósseo apresenta menor mobilidade.

Na extremidade inferior, localiza-se o cóccix, cuja estrutura, assim como o sacro, também apresenta fundição entre suas vértebras. Essas estruturas vertebrais são pequenas e podem variar de três a cinco, conforme cada indivíduo (ABRAHAMS; MARKS; HUTCHINGS, 2005).

Outros componentes determinantes da coluna vertebral são os discos intervertebrais. Estas estruturas são compostas por um anel fibroso que circunda o núcleo pulposo, sendo protegidas por um revestimento cartilaginoso hialino localizado em cada placa terminal dos corpos vertebrais (Figura 1). Os discos intervertebrais ficam interpostos às vértebras, exercendo a função prioritária de proteger a estrutura da vértebra, pois atuam como amortecedores naturais, evitando que as mesmas se atritem (LAW et al., 2013).

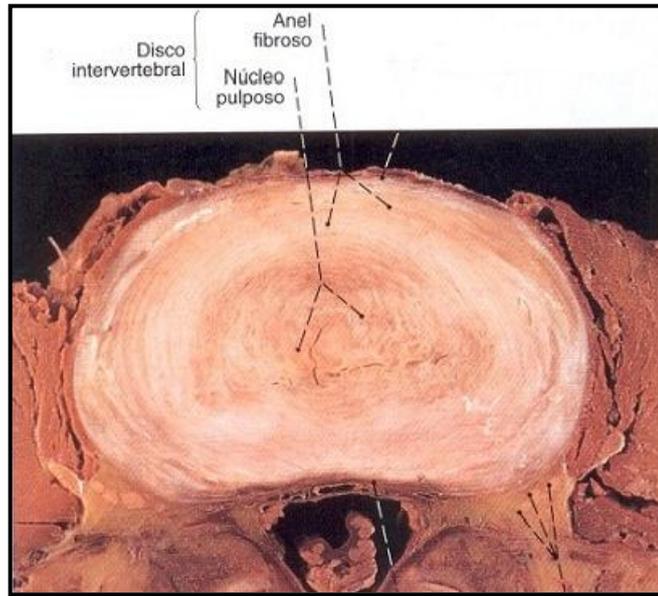


Figura 1 – Disco intervertebral e suas estruturas
Fonte: SOBOTTA (2000)

Ademais componentes da coluna vertebral são indispensáveis para o seu bom funcionamento, entre eles são mencionados os ligamentos. Estas estruturas desempenham função indispensável para a estabilização das vértebras. Entre os mais importantes, cita-se o ligamento longitudinal anterior, localizado entre a região basilar do osso occipital, abrangendo todas as superfícies dos corpos vertebrais anteriormente, e o osso sacro. O ligamento longitudinal posterior possui a função de conter a coluna vertebral no momento de flexão. Por este motivo, sua fixação dá-se na porção posterior dos corpos vertebrais. Sua extensão compreende desde o forame magno até o sacro (EBRAHEIM et al., 2004).

De mesma forma, para contenção posterior da coluna, cita-se o ligamento flava, cujo início se localiza na superfície anterior de cada lâmina vertebral e, subsequentemente, insere-se na superfície posterior da lâmina abaixo. Este ligamento apresenta características mais espessas na região lombar, pois a proporção de flexão imposta é maior, quando comparada a outras regiões da coluna. Existem, também, os ligamentos inter e intraespinhosos, ambos localizados na porção posterior da coluna interligando os processos espinhosos. Eles

sinalizam prioritariamente a limitação de movimentos de flexão demasiada (NEUMANN, 2011).

Destaca-se ainda o sistema neural da coluna vertebral. Este complexo sistema inicia-se a partir da medula espinhal, cuja aparência é de uma tubulação contínua que se estende da região occipital até o cóccix. No entanto, algumas características dessa estrutura são modificadas ao longo do crescimento, pois o tecido nervoso, que compõem a medula espinhal, não se desenvolve tão rápido quanto o tecido ósseo vertebral. Por esse motivo, a medula não alcança a região caudal, estendendo-se apenas até a área aproximada das primeiras vértebras lombares (COHEN; WOOD, 2002).

É parte integrante do sistema neural na coluna vertebral, o conjunto de nervos espinhais. Estas estruturas são denominadas assim por se originarem justamente a partir dos forâmens intervertebrais, dispostos ao longo da coluna. Os nervos espinhais são divididos por suas áreas de atuação. Existem oito pares atuantes que saem da região cervical, doze pares torácicos, cinco pares lombares, cinco pares sacrais e apenas um par coccígeo. Após se originarem da medula espinhal, as inervações dispõem-se de acordo com as respectivas áreas de atuação (EBRAHEIM et al., 2004).

Os nervos cervicais atuam na região da nuca, pescoço, ombros, membros superiores e região apical do tronco. Já as inervações torácicas se inserem na pele, na musculatura da parede torácica e da parede abdominal, e em restrita porção dos membros superiores. Quanto aos nervos lombares, estes interatuam nas áreas lombar, inguinal e regiões anteriores e mediais dos membros inferiores. Por fim, as áreas dos glúteos, do períneo e posterior dos membros inferiores são estimuladas pelos nervos sacrais e coccígeos (ZORZI; STARLING, 2010).

Além do sistema nervoso, o sistema muscular esquelético apresenta função determinante no processo de estabilização da coluna vertebral. Entre os grupos musculares mais extrínsecos, detecta-se o músculo trapézio, latíssimo do dorso (grande dorsal), levantador da escápula e romboides. O único músculo que compõem a região extrínseca intermediária do dorso é o serrátil anterior, que possui a designação de auxiliar no controle respiratório (MOORE; DALLEY, 2007).

A musculatura mais intrínseca do dorso é compreendida por uma gama complexa de músculos, que se prolongam desde o quadril até o crânio. Entre os músculos envolvidos neste grupo, encontram-se o esplênio da cabeça e o esplênio do pescoço, cujas funções são estender os segmentos da cabeça e do pescoço, respectivamente, quando estão sendo requisitados. O sacroespinhal subdivide-se em três grupos de atuação. O primeiro refere-se à coluna lateral,

na qual se envolvem os músculos iliocostal lombar, iliocostal torácico e iliocostal cervical. Todos estes músculos são responsáveis em estender a coluna e promover a inclinação segmentadamente, de acordo com a região que está sendo solicitada. A coluna intermediária abrange os músculos dorsais longos: torácico, cervical e da cabeça. A função deste compêndio de músculos é também de estender a coluna, incliná-la lateralmente, inclinar a cabeça isoladamente para um lado, além de tracionar as costelas em direção do quadril. E o último grupo da subdivisão é a coluna medial, esta é responsável por apenas estender a coluna vertebral, cujos músculos são denominados como espinhal torácico, espinhal cervical e espinhal da cabeça (GRAY, 1988).

A camada mais profunda do dorso compõe-se pelos músculos transversos espinhais, semiespinhal, multífidos e rotadores. As suas principais funções são a extensão da cabeça, estabilização vertebral e estabilização em movimentos rotacionais, respectivamente. A porção mais interna deste grupo de músculos auxilia em movimentos como a extensão e rotação, e ajudam na flexão lateral da coluna elevando as costelas. Sua composição dá-se pelos interespinhais, intertransversários e levantadores das costelas, consecutivamente. Por fim, a musculatura acessória nos movimentos articulares intervertebrais é o reto do abdome e o psoas maior, com a função de flexão (EBRAHEIM et al., 2004).

Na extensão, são responsáveis: o eretor da espinha, multífidos e semiespinhal do tórax. Na ação de flexão lateral, recruta-se a musculatura de longuíssimo do tórax, multífidos, oblíquo externo e interno, quadrado lombar, romboides e serrátil anterior. Finalmente, para a rotação, são responsáveis o grupo muscular de rotadores, multífidos, iliocostal, longuíssimo e esplênio do tórax (MOORE; DALLEY, 2007).

3.2 TIPOS DE ACOMETIMENTOS DA COLUNA LOMBOSSACRAL

Geralmente a presença de alguma desordem em coluna vertebral é sinalizada por quadros algícos, e entre as causas desse tipo de quadro, encontra-se a degeneração dos discos intervertebrais. A desidratação, as alterações biomecânicas estruturais dos segmentos ou até mesmo deformações de vértebras isoladas, podem ser fatores altamente influentes no quadro de acometimento dos discos intervertebrais (NASTO et al., 2013).

Estudos epidemiológicos evidenciam que os casos de dor lombar têm aumentado. Nestes estudos, são apontadas como causas mais dominantes, as posturas adotadas nos

ambientes laborais. Além disso, cerca de 60 a 80% dos adultos investigados, que estão em fase produtiva demonstraram algum tipo de quadro algico (DAWSON et al., 2011).

Entre as patologias que geram a sintomatologia algica na coluna lombossacral, encontra-se a estenose, hérnia discal, irritação inflamatória nos discos intervertebrais, e inflamação por compressão facetária. Segundo Cox (2002), o desenvolvimento dos quadros patológicos mencionados acima é favorecido por desordens estruturais ósseas, identificando-se entre as mais constantes a lordose lombar.

Sabido o tipo de desordem estrutural que afeta a coluna lombossacral, algumas investigações vêm sendo propostas para a detecção das possíveis causas de intensificação ou do desenvolvimento da lordose lombar. As descobertas demonstram que essa ocorrência pode estar associada a fatores de fraqueza dos músculos extensores da lombar, e a diminuição de força pode gerar ainda a desestabilização dos corpos vertebrais provocando o aumento das cargas de compressão e cisalhamento (SINGH; BAILEY; LEE, 2011).

Variados tipos de acometimentos podem afetar o funcionamento adequado da coluna lombossacral. Entre eles estão dispostos intervenientes biomecânicos, como a má distribuição geométrica dos corpos vertebrais, dos processos espinhosos ou de estruturas mais complexas, como as inervações (ELLA et al., 2010). A extensão dos efeitos causados pela lordose lombar abrange ainda quadros clínicos como a herniação do núcleo pulposo, muito caracterizada pela dor na região lombar e nos membros inferiores. A lombocitalgia, outro problema ocasionado pela lordose lombar e que pode deflagrar dores intensas entre a região da coluna lombar, coxa posterior, podendo chegar até a face posterior das pernas (MOORE; DALLEY, 2007).

Portanto, o controle das causas e dos efeitos dos acometimentos da região lombossacral deve ser realizado preventivamente, para que deste modo, entre outras consequências, seus efeitos sobre os movimentos funcionais não venham causar limitações das atividades diárias em seus portadores (DAWSON et al., 2011).

3.3 MÉTODOS EMPREGADOS PARA AVALIAÇÃO LOMBOSSACRAL

Atualmente, observam-se esforços para o desenvolvimento científico-clínico de metodologias que possam promover exames diagnósticos mais acurados, viabilizando a praticidade de aplicação, custos minimizados e menores fatores expositivos oriundos da radiação. Por esse motivo, será revisada nessa seção a técnica mais difundida na captura da

imagem óssea, a radiografia, e também a técnica fotogramétrica. Além disso, serão expostos os métodos que mensuram o ângulo da curvatura lombossacral.

3.3.1 Técnicas de Captura da Imagem por Meio de Radiograma

Considerado como referência, o radiograma é empregado amplamente no diagnóstico de osteopatias e também na conclusão clínica prognóstica (FERREIRA, 1999).

Novos estudos que evidenciaram a radiografia como o padrão ouro na avaliação da coluna lombossacral revelaram que as técnicas radiográficas estão sendo exploradas e aprimoradas, com o propósito de reduzir os efeitos nocivos da radiação e de facilitar a operacionalização de captura das imagens (MORVAN et al., 2011).

Estudos com telerradiografia digitalizada apresentam baixas incidências de radiação, quando comparados aos testes convencionais. Segundo os autores, a proposta deste teste é incidir simultaneamente através de dois tubos de raios X (um posicionado na vista anterior e o outro posicionado na vista lateral do paciente) onde as ondas eletromagnéticas, que serão detectadas por dois receptores alocados nos dois planos ortogonais mencionados, permitirão, a aquisição simultânea das imagens da vista anterior e lateral. Em uma única aplicação desta técnica, é possível se obter informações sobre o crânio, os membros superiores, toda extensão da coluna e a pelve. Além destes fatores, os estudiosos revelaram que a incidência da radiação neste teste pode representar uma redução de 80 a 90%, quando comparada a de um teste convencional (MORVAN et al., 2011).

Em um estudo de revisão, observou-se que o método mais empregado para a análise da inclinação pélvica diagnóstica foi a “radiografia dinâmica”. Esta técnica permite classificar a mobilidade coccígea, através da captura de três imagens radiográficas: uma na posição em pé, outra na posição sentada e a última na posição deitada. A partir destas imagens, eram traçados os ângulos nas três posições aludidas e, então, transferidas para uma interface capaz de reproduzi-las de maneira sobreposta, permitindo a comparação da movimentação pélvica nas três posturas (MAIGNE; DOURSOUNIAN; CHATELLIER, 2000).

Todavia, alguns estudos apontaram as contraindicações na técnica de radiografia. O procedimento, quando utilizado como diagnóstico de acometimentos da coluna lombar, pode ser muito invasivo, devido às dosagens de radiação ionizante, e também apresentar custos ao paciente (BIERMA-ZEINSTRAS et al., 2001).

Para o conhecimento dos recursos empregados nas avaliações radiográficas serão tratados, a seguir, os métodos responsáveis por mensurar a curvatura lombossacral através de imagens radiográficas.

3.3.1.1 Método Centroide

Este método consiste em obter medidas angulares a partir do referencial de quatro vértebras do segmento lombossacral da coluna (Figura 2). A marcação é realizada a partir da identificação dos contornos dos corpos vertebrais de L1, L2, L5 e da superfície da primeira vértebra sacral, para que em seguida possam ser traçadas quatro tangentes em cada corpo vertebral. Os vértices encontrados a partir dessas tangentes permitem a identificação de duas retas diagonais dentro de cada corpo vertebral, cujo centro (centroide) é indicado pelo cruzamento destas retas. A partir disto, projeta-se uma terceira reta sobre os centroides de L1 e L2. Então, é traçado o ponto médio na superfície do platô superior da vértebra S1, através do contorno da região anterior, superior e posterior do corpo vertebral. Depois de encontrado o ponto médio, traça-se uma reta que sobrepõe o centroide do corpo vertebral de L5. Por fim, as duas retas projetadas a partir de L1 e S1 cruzam-se, formando o ângulo a ser mensurado (CHEN, 1999).



Figura 2 - Método Centroide
Fonte: LEE et al. (2012)

Este método baseou-se na existência da não uniformidade das vértebras. Por esse motivo, demarca-se o real formato do corpo vertebral, para que possa ser diminuída a influência negativa causada pela irregularidade das vértebras, principalmente nas medições angulares (HWANG et al., 2010). Outro fator que influenciou a criação da técnica centroide considerou as possíveis doenças que podem afetar estruturalmente as vértebras, como as artroses, osteofitoses, e espondilolisteses (CHEN, 1999) .

O método de centroide demonstrou possibilidades potencialmente favoráveis, pois sua proposta tem aplicações em distintas estruturas ósseas e padrão geométrico diferenciado (BLONDEL et al., 2011).

3.3.1.2 Método Cobb

Um dos recursos mais utilizados para a obtenção da angulação em anormalidades da coluna vertebral é o ângulo de Cobb. Este método pode ser aplicado tanto para o diagnóstico das lordoses, quanto para os quadros de cifose e escolioses (LEE et al., 2012) . A principal fundamentação desse método consiste em traçar duas retas limítrofes: a primeira demarca o início da curvatura anatômica da coluna e a segunda, o final dessa curvatura. Partindo desta concepção, foram criados métodos que utilizam referencial anatômico vertebral diferente, visando medir o arco de curvatura da curva lombar ou lombossacral nestes pontos distintos (CUNHA; ROCHA; CUNHA, 2009).

No caso das medidas voltadas para a detecção de escoliose, aplica-se uma metodologia similar, no entanto, os pontos anatômicos utilizados como referencial podem variar conforme o arco de curvatura. Por esse motivo, a medição se dá pelo padrão anômalo entre a primeira e a última vértebra que limitam a curvatura escoliótica (WU et al., 2012).

Entre os ângulos utilizados para a detecção de anomalias lombares, encontra-se o método que utiliza como referencial anatômico o platô superior de L1 e superior de S1, intitulado neste estudo como Cobb1_{L1-S1}. O método Cobb2_{L1-L5}, aplica a demarcação na superfície superior e inferior das vértebras L1 e L5, respectivamente. Já para a técnica de Cobb3_{L2-S1}, utiliza-se o tracejo do platô superior das vértebras L2 e S1. Por fim, o método intitulado como Cobb4_{T12-S1}, obtém os valores angulares a partir da superfície inferior de T12 e superior de S1.

Para melhor elucidação dos diversificados métodos de Cobb estudados, passa-se a descrever cada um deles, bem como sua aplicabilidade.

3.3.1.2.1 Método Cobb 1 $L1-S1$

Nesta metodologia é realizada, em primeiro lugar, a demarcação de duas retas paralelas à superfície superior da vértebra L1 e S1. Devido ao fato de normalmente o cruzamento destas linhas não ocorrer dentro dos limites das imagens radiográficas, utiliza-se um artifício geométrico para que isso ocorra, traçando-se retas auxiliares perpendiculares a elas. Obtém-se, então, o valor angular a ser mensurado a partir da intersecção das duas retas auxiliares (Figura 3).

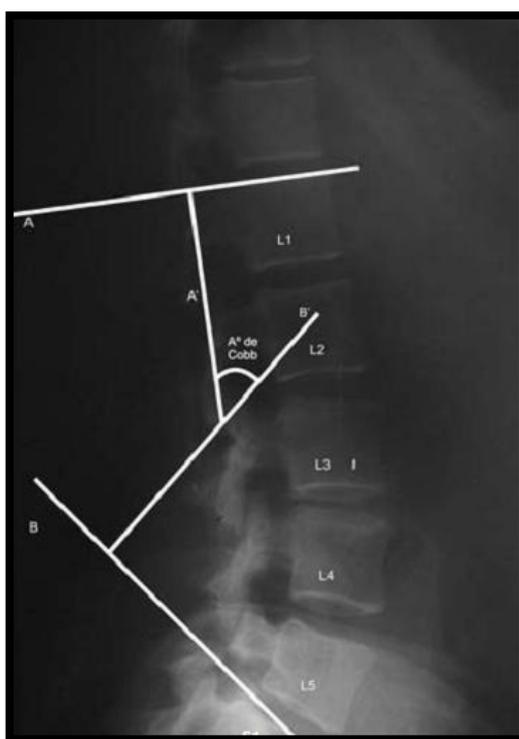


Figura 3 - Método Cobb L1-S1
Fonte: ARAÚJO et al. (2010)

A utilização do método Cobb $_{L1-S1}$ para a detecção de acometimentos de lordose lombar foi difundida no meio clínico, pois ele consegue abranger todas as vértebras lombares (MILANI, 2008).

Entretanto, existem fatores intervenientes que dificultam a obtenção de um bom resultado na medida de Cobb $_{L1-S1}$. Entre eles destaca-se a visualização da placa terminal superior de S1, pois esta estrutura pode se omitir atrás de outras, como o osso íliaco, por exemplo (CHEN, 1999).

3.3.1.2.2 Método Cobb 2 $L1-L5$

Também definida como medida lombo-lombar, essa medida quantifica a angulação gerada a partir da superfície superior da vértebra L1 e inferior de L5. Possui a característica de favorecer somente a delimitação das vértebras da coluna lombar, além disso, pode apresentar um diagnóstico mais específico para as possíveis anormalidades existentes exclusivamente na coluna lombar (GONÇALVES; PEREIRA, 2008). Evidências reveladas apontam que a medida de Cobb $L1-L5$ mostrou uma maior confiabilidade interobservadores, quando relacionada ao método de Cobb L1-S1 (GONÇALVES; PEREIRA, 2008; HARRISON et al., 2001; HWANG et al., 2010).

Estudos como o de Kwok et al. (2012) elege a técnica de Cobb L1-L5 como a mais apropriada, para a aquisição das medidas angulares. Justamente por apresentar fácil aplicação e identificação dos corpos vertebrais lombares, pois essa classificação de vértebras apresenta corpos vertebrais maiores e geralmente, são elas que aparecem com maior clareza nas imagens radiográficas (KWOK et al., 2012).

A aquisição da medida angular é muito similar a técnica de Cobb $L1-S1$, pois a única variação expressiva, é em relação ao tangenciamento superior da vértebra S1 substituída pelo inferior da L5 (Figura 4).

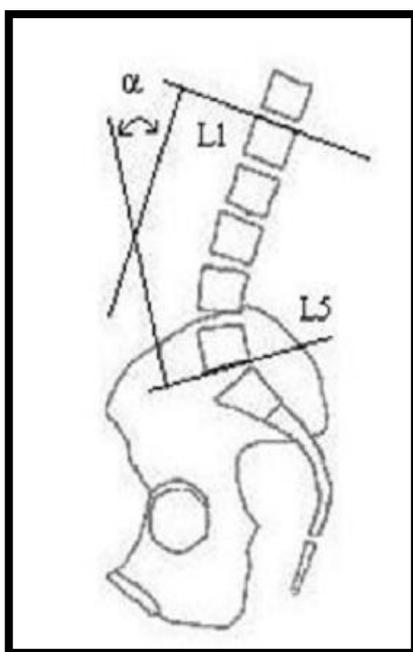


Figura 4 - Método Cobb L1-L5
Fonte: HAHN; ULGUIM; BADARAÓ (2011)

3.3.1.2.3 Método Cobb 3 L2-S1

Apresentada como uma medida menos usual, a técnica de Cobb L2-S1 utiliza os mesmos princípios envolvidos nos demais métodos de Cobb, contudo a medição vertebral empregada nesta técnica apresenta algumas distinções.

A demarcação referencial atribuída para essa medida baseia-se no traçado de retas paralelas ao platô superior da vértebra L2 e da S1. Do mesmo modo, isso ocorre entre os outros métodos de Cobb, podendo-se utilizar um artifício geométrico para trazer o encontro das linhas para dentro da imagem, por meio de linhas perpendiculares a cada reta, cujo cruzamento determinará o ângulo L2-S1 (Figura 5).



Figura 5 - Método Cobb L2-S1
Fonte: Autoria própria.

Os resultados apontados em pesquisas mostram que a medida gerada a partir da segunda vértebra lombar é mais adequada quando comparada à da primeira vértebra lombar, pois apresenta menor influência da área de transição toracolombar (FERNAND; FOX, 1985; LORD et al., 1997).

3.3.1.2.4 Método Cobb 4 T12-S1

Entre as técnicas validadas, a medida de Cobb T12-S1 é considerada a mais abrangente. Sua demarcação parte da placa terminal inferior de T12 e superior de S1, utilizando a mesma metodologia de projeção das demais técnicas (Figura 6).

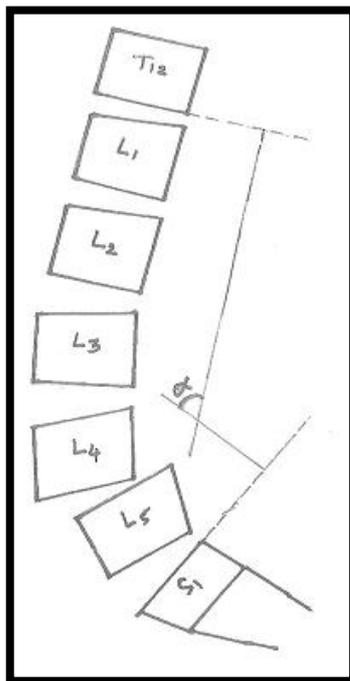


Figura 6 - Método Cobb T12-S1
Fonte: HWANG et al. (2010)

Através de um estudo voltado à comparação de quatro métodos de Cobb, foi revelado que, entre todos os resultados obtidos por três avaliadores diferentes, a técnica de Cobb_{T12-S1}, confrontada com outros métodos, demonstrou uma média maior dos valores de coeficientes de correlação interclasse 0,91; 0,85; 0,95 (POLLY et al., 1996).

Além de esta técnica ser amplamente empregada no diagnóstico de lordose lombar, ela apresenta aplicação para a detecção de escoliose toracolombar (CHANG et al., 2010).

3.3.1.3 Método Tangente Posterior

Esse método possui um padrão geométrico diferenciado, por meio de retas tangentes às superfícies posteriores dos corpos vertebrais de duas vértebras referenciais.

Resultados demonstrados por um estudo recente aponta que mensuração do ângulo das tangentes posteriores de L1-S1 se revelou reprodutível, pois expôs índices de confiabilidade classificados em 0,92; 0,86 e 0,89 medidos em pacientes diferentes que não apresentavam anquilose, anquilose incompleta e anquilose completa respectivamente (LEE et al., 2012). Em outra aplicação do método tangente posterior, os resultados apresentaram índices de CCIs elevados, entre 0,89 e 0,97 (HARRISON et al., 2001).

Em outra pesquisa, empregou-se a técnica de tangente posterior entre as vértebras L1-S1 e L1-L5, devido à maior abrangência de marcação. Os pesquisadores detectaram neste estudo que o método de posterior tangente, juntamente ao método Cobb L1-L5, são os métodos que apresentaram maiores resultados de confiabilidade inter e intra-avaliadores, de 0,98 para ambos (HONG et al., 2010).

Para realização de testes a partir dos pares referenciais L1-S1 e L1-L5, são identificados primeiramente os corpos vertebrais referenciais na imagem radiográfica; em seguida, aplicam-se os traçados das tangentes e, então, é obtido valor angular. Nos primeiros referenciais ósseos (L1-S1), é traçada uma reta que demarca o prolongamento da parede posterior do corpo vertebral da L1 e outra que indica o de S1. Para a aquisição do ângulo, utiliza-se a intersecção das duas retas oriundas das porções posteriores das referidas vértebras. O processo para a aquisição do ângulo referente à L1-L5, segue os mesmos procedimentos das medidas L1-S1, como demonstra a Figura 7 (HONG et al., 2010).



Figura 7 - Método Tangente Posterior
Fonte: LEE et al. (2012)

3.3.1.4 Método Trall

Este método é obtido a partir da intersecção de retas que partem do vértice posterossuperior da vértebra L1 e do vértice posteroinferior da vértebra S1, cruzando sobre o ponto de maior profundidade da lordose, ou seja, o ponto de maior distância em relação à reta que passa sobre os vértices (Figura 8).



Figura 8 - Método Trall
Fonte: LEE et al. (2012)

A origem desta medida surgiu com o intuito de substituir o método de Cobb e suas variações. O método Trall foi desenvolvido com a finalidade de utilizar o referencial ósseo de L1-S2, entretanto a dificuldade de detecção e marcação da vértebra S2 inviabilizou a medida originalmente proposta (CHERNUKHA; DAFFNER; REIGEL, 1998).

Com a evolução do método, um novo padrão de medida foi determinado para a técnica, sendo utilizado atualmente com maior frequência o padrão L1-S1 (HARRISON et al., 2001; HONG et al., 2010; LEE et al., 2012).

O método Trall vem despertando interesse em estudos recentes e seus resultados têm se demonstrado expressivos. Esse fato é evidenciado em uma investigação feita com seis métodos voltados para a detecção de lordose lombar, o método Trall foi o único teste, entre aqueles que utilizam a vértebra S1, que apresentou níveis de confiabilidade e reprodutibilidade superiores a $CCI=0,96$ em um grupo com classificação de distribuição amostral normal (HONG et al., 2010).

Presume-se que a utilização do método Trall possa ser muito difundida ainda, além de possivelmente passar por aprimoramentos ou inovadoras aplicações.

3.3.2 Técnicas de Captura por Meio de Fotogrametria

As pesquisas que se desenvolvem amparadas no recurso de imagens digitais apresentam ampla variedade metodológica e constante busca pelos aprimoramentos, colaborando para isto o fato de a técnica ser muito recente (PEZZAN et al., 2011).

A mensuração através da técnica de fotogrametria é conferida por meio da anatomia palpatória, que é amplamente empregada, em diversos testes clínicos. Todavia, para que haja uma boa aplicação desta metodologia, é necessário um excelente conhecimento das estruturas anatômicas da região a ser investigada. Além disso, requisitos pormenorizados, como a detecção de segmentos com hipermobilidades são indispensáveis para haver um padrão avaliativo (GREENMAN, 2001). A técnica de fotogrametria depende de outra variável importante, a demarcação na pele. O método mais difundido para fazer essas demarcações é através do lápis dermatográfico. No entanto, a marcação com adesivos circulares vem sendo empregada com ampla frequência. Estes componentes apresentam maior higiene, praticidade e precisão na aplicação, por este motivo, estão substituindo os lápis (RICIERI; FILHO, 2009). Há relatos da continuidade da evolução dos marcadores, novos testes vêm sendo realizados através de marcadores proeminentes (projetados) e marcadores que simulam alguma componente estrutural do corpo humano (PINTO et al., 2008).

Outro ponto relevante para a determinação da técnica de avaliação corporal por meio de fotogrametria é a captura das imagens. Ao longo dos anos, a acessibilidade para a utilização deste tipo de recurso aumentou. Hoje, com a era digital, a facilidade de arquivamento e tratamento deste tipo de material viabiliza e dinamiza a qualidade de atendimento as demandas populacionais (COMERLATO, 2007). Apenas algumas uniformizações devem ser levadas em consideração para a aplicação desta metodologia. Entre elas encontram-se, a utilização do tripé, a padronização das distâncias entre a câmera e o paciente, o alinhamento da câmera e a iluminação do local da avaliação (SACCO et al., 2007; SACCO et al., 2012).

Atualmente, o processamento das imagens digitais é um componente indispensável para a aquisição de bons resultados. Pesquisas são alçadas com a finalidade de desenvolvimento de teste sofisticados. Geralmente, estes aplicativos de processamento dispõem de ferramentas de medida angular, medidas de área, altura, comprimento e, em alguns casos, podem proporcionar a avaliação das imagens em terceira dimensão (BERTHONNAUD; DIMNET; HILMI, 2009)

4 METODOLOGIA

O referido capítulo demonstrará sequencialmente todos os procedimentos empregados na metodologia deste estudo. Norteará a abordagem de pesquisa, a caracterização da população envolvida, os critérios inclusivos e exclusivos da amostra, o local onde foram obtidos os dados, os materiais, os procedimentos metodológicos gerais que foram empregados para a realização deste estudo e por fim o tratamento estatístico utilizado.

Para melhor elucidação foi proposto dois fluxogramas esquemáticos (Gráfico 1), propondo uma divisão das etapas adotadas para a realização deste trabalho.

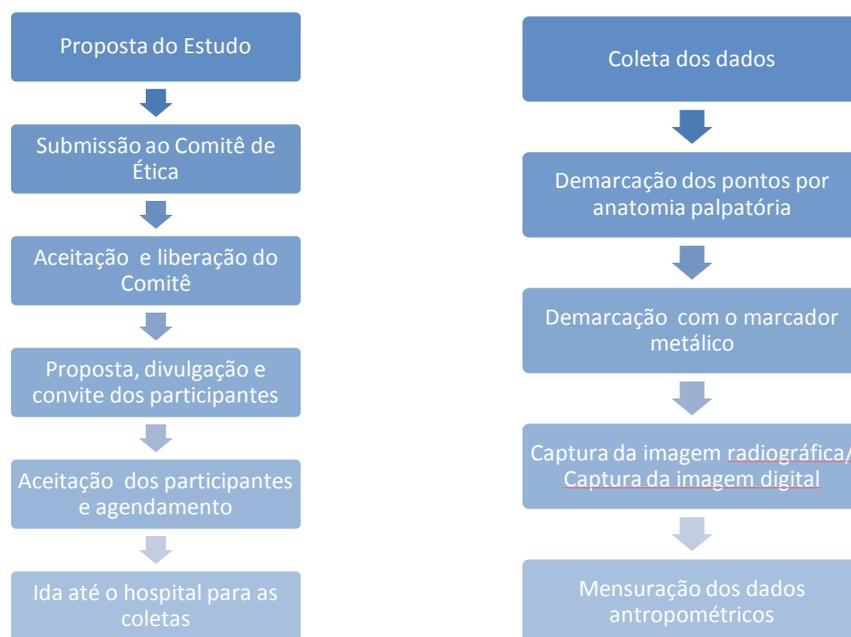


Gráfico 1 - Fluxogramas das etapas de execução do estudo
Fonte: Autoria própria.

4.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO

Trata-se de um estudo observacional, descritivo e de caráter transversal. Este método objetiva solucionar por meio de observação e registro, as casuísticas envolvidas nas hipóteses propostas na pesquisa (THOMAS; NELSON, 2004).

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA POPULAÇÃO

Ao todo, foram triados 58 indivíduos, de ambos os sexos, com idades entre 18 a 28 anos. Dos critérios de inclusão estabelecidos, definiu-se: faixa etária entre 18 a 35 anos, perfil morfológico compatível com o resultado de relação cintura/quadril (RCQ) classificado entre baixo e moderado, e avaliação por um médico ortopedista para a indicação do exame radiográfico.

Foram excluídos, os indivíduos que haviam passado por exame radiográfico pelo período de um ano, os indivíduos não selecionados pela avaliação médica e as mulheres que se apresentaram em período gestacional ou lactante.

Por ocasião da análise das imagens, seis radiogramas foram excluídos do estudo por critérios técnicos: 2 radiogramas foram excluídas devido ao mau posicionamento do participante, e 4 radiogramas por dificuldade de localização dos pontos anatômicos necessários ao processamento das imagens. Deste modo, a amostra final foi composta por 52 participantes.

4.3 LOCAL DE DIVULGAÇÃO E COLETAS DOS DADOS

Os contatos com os voluntários foram estabelecidos a partir de informativos alocados em um centro de treinamento esportivo, um quartel do exército brasileiro e uma universidade, todos localizados na cidade de Curitiba-PR. Depois de estabelecido o contato prévio feito por telefone, os agendamentos para as avaliações de cada participante foram realizados. Em segundo momento, os indivíduos deslocavam-se até o hospital, também localizado na cidade de Curitiba-PR, o qual dispôs do setor de diagnóstico por imagem, para que fosse possível a aplicação dos testes radiográficos.

4.3.1 Aspectos Éticos

A proposta foi submetida à aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Uniandrade-PR (CEP-UNIANDRADE/PR), sob o número de protocolo N° 438.

Este estudo seguiu todas as normas de pesquisa, todos os participantes receberam e assinaram o documento referente ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), APÊNDICE A.

4.4 MATERIAIS UTILIZADOS PARA A APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE FOTOGRAMETRIA

Entre os recursos materiais empregados para a realização das coletas utilizou-se uma Câmera fotográfica digital Samsung® de 14,2 Mega Pixels, com zoom óptico 5x e *Digital Image Stabilization*, utilizada para promover a captura das imagens digitais, referentes à técnica de fotogrametria (Figura 10). Na fixação e estabilização da câmera fotográfica e na demarcação do ponto de distância pré-determinado no local das coletas, foi utilizado um tripé da marca Midas®, com alcance máximo de 160 cm de altura.



Figura 9 - Câmera fotográfica digital Samsung® PL121

Fonte: Autoria própria.

Utilizou-se uma fita métrica antropométrica com medida de 150 centímetros de comprimento dedicada à mensuração da cintura e quadril dos avaliados. Além disso, essa mesma fita foi empregada para a medição da distância entre o voluntário e o tripé. Na demarcação prévia dos pontos anatômicos, foram utilizados os marcadores adesivos Pimaco®, que possuem o formato circular, na cor branca, medindo nove milímetros de diâmetro. Essa alternativa foi escolhida, pois apresenta fácil remoção e manuseio quando aplicados no tecido cutâneo.

Foi necessário o desenvolvimento de um marcador metálico com duas características principais. A primeira relacionada à necessidade de um material metálico que reagisse com a radiação, para ser projetado na imagem radiográfica; e a segunda dedicada à projeção das marcações vertebrais da coluna, para que pudessem ser observadas nas imagens fotográficas em vista sagital.

O Computador utilizado para o armazenamento e processamento dos dados contava com um processador Intel® Core i7 de segunda geração e com uma capacidade de armazenamento de 640 GB.

O Software selecionado para os tratamentos das imagens foi o ImageJ 1.46r (Figura 10). Esse aplicativo foi desenvolvido em programação Java, possui a codificação aberta, permitindo a criação de macros para otimização do sistema.

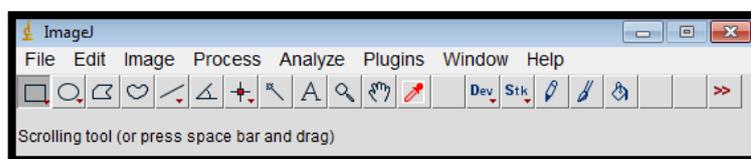


Figura 10 - Software ImageJ 1.46r
Fonte: Autoria própria.

Para o registro do padrão morfológico dos participantes, foi medido o valor de massa em uma balança digital *Plenna*, com precisão de 100g e capacidade de até 150 kg, e a estatura em um estadiômetro compacto portátil da marca *Wiso*, com capacidade de mensuração de até 200 cm.

A rotina de mensuração da massa corporal contou com a solicitação ao avaliado para se posicionar em pé, de frente para o monitor da balança, em posição centralizada na plataforma, estando os pés unidos. Na aferição da estatura, preconizou-se que os avaliados ficassem posicionados ortostaticamente, com a cabeça orientada no plano de Frankfurt, e centralizados logo abaixo do equipamento estadiômetro. Solicitava-se ao candidato, a realização de uma inspiração profunda, inflando totalmente a caixa torácica. Posicionava-se, desta forma, o cursor do equipamento no ápice do crânio do participante e então era medida sua estatura real.

4.5 EQUIPAMENTOS EMPREGADOS PARA A COLETA COM A TÉCNICA RADIOGRÁFICA

O processo da coleta das imagens radiográficas foi realizado na sala de raios X, localizada em um Centro de Diagnóstico por Imagem, utilizando os equipamentos de:

- a) Emissão da marca Philips Optimus HF Gerador, 50 KW, três fases, 380-480 VAC, 60 Hz, com CS2 Móvel/ Raios X e colimador (Figura 11).



Figura 11 - Emissor de Raios X
Fonte: Autoria própria.

- b) Buck Mural da marca Philips Optimus, onde são colocados os chassis com filmes radiográficos e, a sua frente, posiciona-se os participantes (Figura 12).



Figura 12 – Buck Mural
Fonte: Autoria própria.

- c) A mesa de comando digital, da marca Philips, é o equipamento que recebe os comandos do profissional técnico em radiologia, cuja função é controlar e monitorar as intensidades adequadas no exame radiográfico (Figura 13).



Figura 13 - Mesa de comando digital
Fonte: Autoria própria.

- d) O filme radiográfico é o local onde acontecem as interações dos fótons, lançados pela ampola catódica, e ficam localizados dentro de uma gaveta no Buck Mural no momento da emissão. O modelo empregado no exame de coluna lombar de perfil foi o de 14 x 17 polegadas, Regius RC-110 (Figura 14).



Figura 14 - Filme radiográfico
Fonte: Autoria própria.

- e) O sistema CR (Computer Radiography) Regius modelo 190 teve por finalidade digitalizar as imagens contidas nos filmes radiográficos, esse processo deu-se pela leitura óptica de um código, através do leitor Honeywell (Figura 15).



Figura 15 - CR e Leitor Óptico
Fonte: Autoria própria.

Por fim, as imagens digitalizadas pela CR foram processadas pelo *software* gerenciador (KonicaMinolta) e armazenadas em CD, através de um computador *desktop* convencional equipado com um drive gravador de CD e um monitor com recurso de toque em tela, como ilustra a Figura 16.

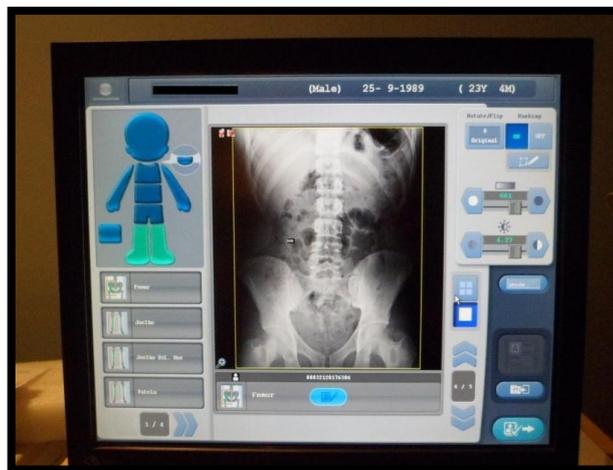


Figura 16 - Monitor e *software* utilizado para armazenamento das imagens
Fonte: Autoria própria.

4.6 PROCEDIMENTOS COM OS PARTICIPANTES DA AMOSTRA

Quando os participantes chegavam ao hospital eram encaminhados para o centro de diagnóstico por imagem, onde preenchiam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o Relatório Individual (RI), respectivamente Apêndice A e Apêndice B, com as seguintes informações: nome completo, sexo, idade, telefone para contato, entre outras.

Após o conhecimento de todos os procedimentos através do TCLE, os participantes eram submetidos à primeira etapa da coleta da pesquisa. Nesta fase, requeria-se que o indivíduo despisse as peças de roupas presentes no tronco apical; no caso das mulheres, especificamente, orientou-se a utilização de peças como tops ou biquínis, para que então fosse possível a demarcação dos pontos anatômicos previstos na técnica. O posicionamento solicitado aos participantes consistia em permanecer ortostaticamente e sagitalmente à câmera, sobre uma área pré-delimitada no piso da sala de raios X.

A segunda etapa da coleta consistia em marcar dois pontos anatômicos da coluna. O primeiro ponto referia-se à linha de intersecção da décima segunda vértebra torácica (T12) com a primeira lombar (L1) e o segundo ponto à intersecção da quinta vértebra lombar (L5) com a

primeira sacral (S1). Estes pontos foram selecionados a partir da concordância literária, que aponta maior utilização destas áreas para averiguação clínica e diagnóstica na coluna lombossacral (HARRISON et al., 2001; HWANG et al., 2010).

Com marcadores adesivos, circulares, brancos, com diâmetro de nove milímetros eram realizadas as marcações, a partir do posicionamento do indivíduo lateralmente (vista sagital direita) em frente ao Buck Mural Radiográfico fixo, onde ficava localizado o filme radiográfico e as telas de intensificação. Nesta estrutura, encontrava-se a tela dianteira, confeccionada de plástico e projetada para atenuação primária dos feixes de raios X, e a traseira que é produzida, geralmente com materiais pesados, para conter a incidência de radiação retroespalhada (BUSHONG, 2010).

Após posicionado, era solicitado ao participante que permanecesse estático e, então, fixavam-se os marcadores metálicos desenvolvidos para a função de projeção da curva lombossacral.

A ampola de raios X localizava-se à frente da estrutura do Buck Mural, centralizada a 120 centímetros de distância. Ela é o local de onde são emitidos os elétrons pelo filamento cátodo, para a obtenção da imagem radiográfica. Este aparato é adaptável, podendo ser deslocado horizontalmente e transversalmente e, ainda, girar em seu próprio eixo em até 360 graus.

O procedimento de armazenamento das imagens radiográficas coletadas foi realizado através de uma mídia em formato de CD-R. Cada imagem obtida era armazenada em CD, para cada participante, além disso, cada mídia possuía o número referente ao controle do termo de consentimento livre esclarecido (TCLE) e do relatório individual (RI), para que pudessem ser anexados.

Ao final das coletas das imagens, as medidas das circunferências da cintura e do quadril dos participantes foram coletadas, viabilizando o cálculo da equação referente à Relação de Cintura e Quadril (RCQ) (KISSEBAH et al., 1982). Esse cálculo foi realizado com o propósito de identificar índices de concentração adiposa na região visceral.

Como método complementar, foram aferidas as dobras cutâneas da região suprailíaca, estudos indicam que os resultados dessa medida cutânea são utilizados para a predição da distribuição de tecido adiposo na região abdominal, podendo determinar possíveis sobrecargas em região lombossacral (GLANER, 2005).

4.7 TRATAMENTO DAS IMAGENS ATRAVÉS DOS MÉTODOS RADIOGRÁFICOS

Nesta seção serão descritos e ilustrados os procedimentos metodológicos empregados nos testes de demarcação da curvatura lombossacral por meio de radiograma digitalizado.

4.7.1 Método Centróide

Esta técnica parte da identificação das estruturas vertebrais lombares e sacrais no radiograma e é realizada em duas etapas. Na primeira, traçou-se uma linha tangente à superfície superior da vértebra S1, delimitada pelas duas retas tangentes laterais, posterior e anterior; a seguir, foi demarcado o ponto central do platô superior da vértebra. Na segunda etapa, foram feitas as demarcações das vértebras lombares L1, L2 e L5, a partir do tracejo das tangentes de contorno de cada corpo vertebral. Suas intersecções orientam duas retas diagonais, cujo cruzamento identifica o centróide de cada corpo vertebral (Figura 17). Um esquema de ligação dos pontos foi proposto, para melhor entendimento do método: os pontos A e B foram definidos para traçar a extensão do platô superior da vértebra S1, já o ponto C, indica o centro dessa superfície. Consecutivamente, a interligação dos pontos D, E, F e G delinearão o ponto H, centróide da vértebra L5. De mesma forma, marcaram-se os pontos I e J, centróides das vértebras L2 e L1, respectivamente. Os segmentos de reta que passam pelos pontos C e H e pelos pontos I e J definirão o ângulo centróide.

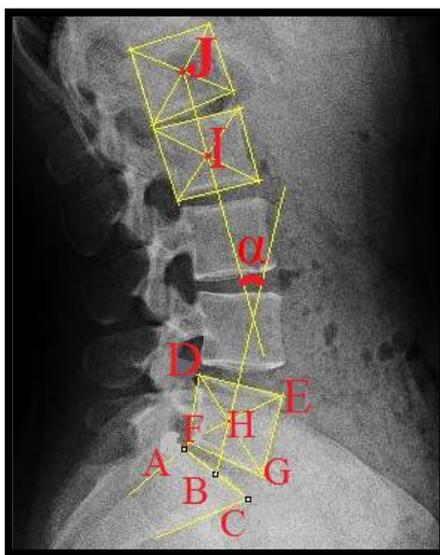


Figura 17 - Procedimentos para execução do método centróide
Fonte: Autoria própria.

4.7.2 Método Trall

Para a aquisição das medidas pelo método Trall, traçou-se uma reta (r) iniciada no platô superior da primeira vértebra lombar, que abrangeu todo o corpo vertebral na face posterior, projetando-se até as vértebras L3 e L4. Da mesma forma, foi realizada a marcação com a região posterior do corpo vertebral de S1 (reta s). Além dessas marcações, foi delineada uma reta que conectou os dois últimos pontos relatados. As ferramentas utilizadas do *software* ImageJ para a aplicação da técnica foram, a *Straight Line* e a *Angle Tool*. A primeira permitiu a criação das retas, enquanto a segunda conferiu a medida angular na intersecção das retas sobpostas.

Para melhor visualização, foi proposto um esquema (Figura 18) que remeteu a metodologia empregada no teste.

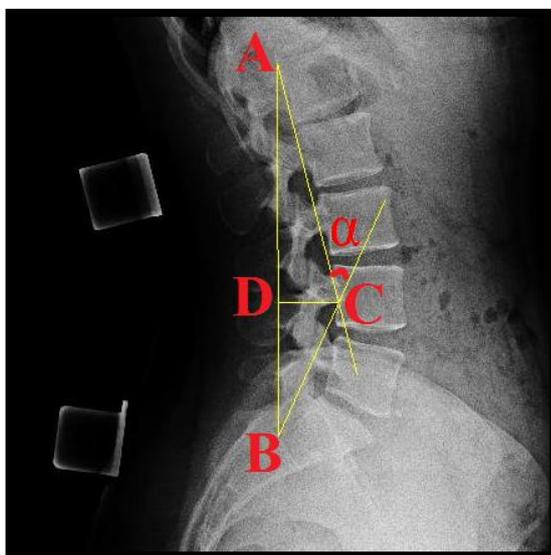


Figura 18 - Procedimentos para execução do método Trall
Fonte: Autoria própria.

4.7.3 Método Tangente Posterior

As demarcações destinadas a este método realizaram-se utilizando os referenciais anatômicos L1-S1 e L1-L5. Conforme observado na Figura 19, a reta (r) foi demarcada tangenciando-se a face posterior da quinta vértebra lombar e projetando-se ao longo das vértebras suprajacentes. Uma segunda reta (s) foi traçada de mesmo modo, a partir da

primeira vértebra sacral e, por último, uma reta (t) partindo da primeira vértebra lombar. As intersecções entre as retas t e r e entre t e s determinaram, então, a obtenção dos dois ângulos referentes às medidas de tangente posterior L1-L5 e L1-S1, respectivamente.

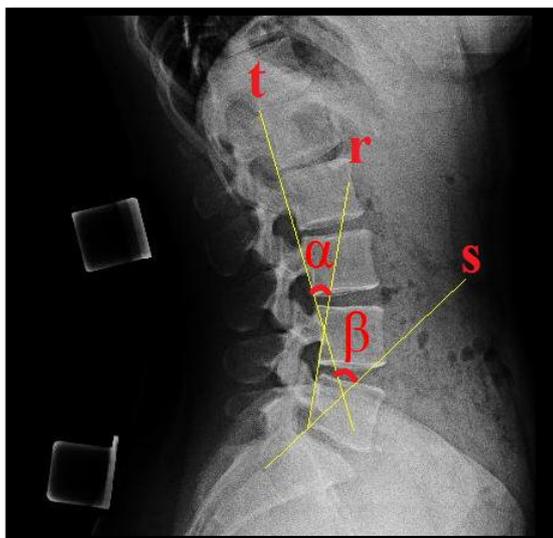


Figura 19 - Procedimentos para execução do método Tangente Posterior
Fonte: Autoria própria.

Todos os traçados e medidas foram executados por meio do software ImageJ e as ferramentas empregadas para a composição destas medidas foram a *Straight Line* e a *Angle Tool*. Ambas as ferramentas serviram para a demarcação dos pontos anatômicos e consecutiva medição dos ângulos α e β .

4.7.4 Método Cobb 1_{L1-S1}

O delineamento do ângulo por esse método executou-se através do traçado de duas retas provindas dos platôs superiores das vértebras L1 e S1: uma reta (r), traçada no ápice da vértebra L1 e uma segunda (s) traçada na superfície superior de S1. Retas ortogonais a “r” e “s” foram delineadas e o ângulo entre elas determinou a medida de Cobb_{L1-S1} (Figura 20).

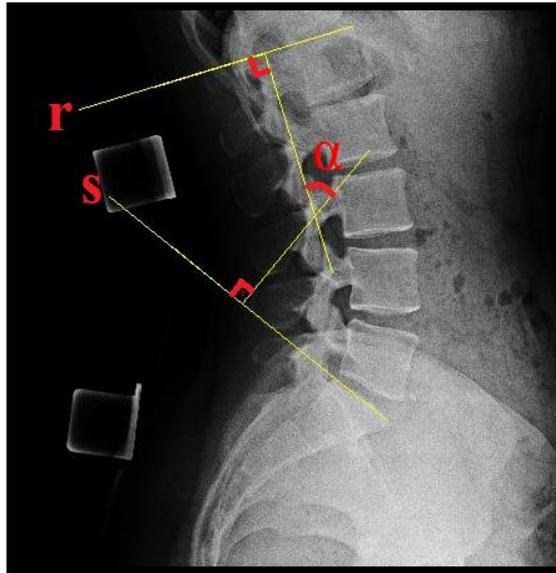


Figura 20 - Procedimentos para execução do método Cobb 1_{L1-S1}
Fonte: Autoria própria.

4.7.5 Método Cobb 2_{L1-L5}

Essa técnica consistiu no traçado de duas retas paralelas às vértebras L1 e L5: a primeira (r), na superfície superior da vértebra L5, e a segunda (s), na superfície inferior de S1. A cada uma, seguiu-se o traçado perpendicular, cuja intersecção resultou na obtenção de α (Figura 21).

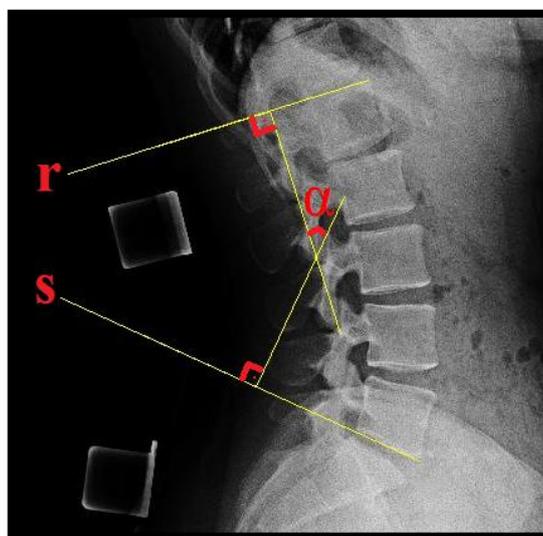


Figura 21 - Procedimentos para execução do método Cobb 2_{L1-L5}
Fonte: Autoria própria.

4.7.6 Cobb 3_{L2-S1}

Como nas outras aplicações da teoria dos traçados de Cobb, a medida angular resultou do cruzamento das perpendiculares de duas retas traçadas a partir dos limites superior e inferior dos corpos vertebrais. Neste método foram usados os limites, superior de L2 e inferior de S1 (Figura 22).

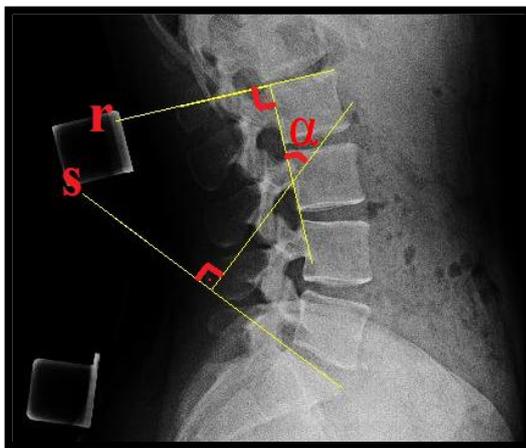


Figura 22 - Procedimentos para execução do método Cobb 3_{L2-S1}
Fonte: Autoria própria.

4.7.7 Cobb 4_{T12-S1}

A medida realizada nesta técnica consiste em mensurar uma área maior da coluna lombossacral, pois, em sua abrangência, emprega como referencial desde a superfície inferior da vértebra T12 até a superfície superior S1 (Figura 23).

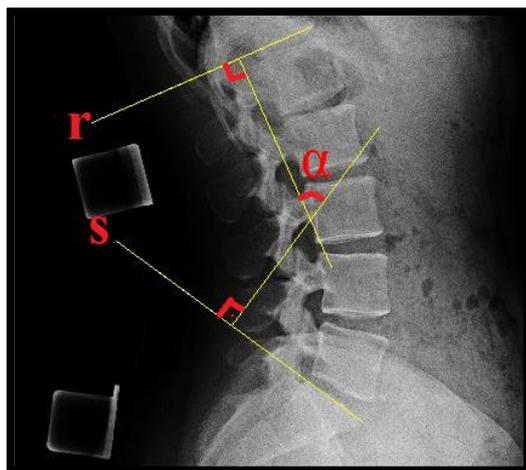


Figura 23 - Procedimentos para execução do método Cobb 4_{T12-S1}
Fonte: Autoria própria.

4.8 TESTES ESTATÍSTICOS

A amostra foi caracterizada através de tratamento estatístico descritivo, o qual permite o fornecimento, dentre outras, das seguintes informações para cada dado coletado: valor mínimo, valor máximo, média, desvio padrão e tamanho da amostra considerada.

Para analisar a confiabilidade intra-avaliador dos registros pelos métodos que abrangiam a fotogrametria, aplicou-se o teste t de Student pareado entre medidas obtidas pelos mesmos avaliadores em dois momentos distintos.

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi aplicado com o objetivo de verificar a normalidade de distribuição da amostra e, assim, estabelecer quais os tipos de testes se apresentaram paramétricos ou não paramétricos (HINTON et al., 2004). Estabeleceu-se para aplicação destes testes o nível de significância em 95% ($p < 0,05$).

Em seguida, investigou-se a intensidade da correlação linear entre os métodos baseados em fotogrametria e aqueles feitos a partir da imagem radiográfica. Utilizou-se para ambas as finalidades o Coeficiente de Correlação Linear de Pearson.

Posteriormente, aplicou-se a análise de concordância de Bland-Altman das técnicas fotográficas em relação às técnicas radiográficas para verificação da concordância entre elas e a magnitude de seus vieses. Para o traçado dos limites superiores e inferiores, foram considerados os valores da média $\pm 1,96$ desvio-padrão. Em seguida, realizou-se a regressão linear para obtenção das equações de predição dos valores das técnicas radiográficas a partir dos valores das técnicas fotogramétricas, analisando-se os coeficientes de regressão e determinação dessas equações geradas.

Além da análise de concordância de Bland-Altman, mediu-se o grau de concordância entre classificações através do índice de Kappa. Para isso, classificaram-se os valores mensurados em cada método fotográfico e radiográfico, separando-os em cinco faixas categóricas, conforme as médias e os desvios padrão encontrados. Aplicou-se, então, a estatística Kappa nos valores categorizados, obtendo-se o índice e a intensidade de concordância entre as classificações de todos os métodos estudados.

4.9 BENEFÍCIOS AOS PARTICIPANTES

Pensando nos benefícios possíveis a partir desse estudo cada participante recebeu um relatório com informações referentes aos resultados radiográficos e fotogramétricos da sua coluna lombossacral, com a finalidade clínica, sem que o mesmo tivesse que se expor novamente à radiação.

5 RESULTADOS

Com a finalidade de serem testadas novas alternativas de aplicação dos métodos de mensuração angular de Cobb e Trall, foi adaptado um novo protocolo para a utilização destes testes através da fotogrametria. No processo de desenvolvimento deste novo protocolo foram propostos marcadores metálicos que pudessem ser observados tanto em laudos fotográficos quanto nos radiográficos.

5.1 DESENVOLVIMENTO DO MARCADOR METÁLICO, PERCEPTÍVEL SIMULTANEAMENTE NA IMAGEM DIGITAL E RADIOGRÁFICA.

Para que fosse possível o desenvolvimento de um marcador metálico que representasse as características das vértebras lombossacrais e, ainda, pudesse ser observado tanto na imagem fotográfica quanto na radiográfica, foi utilizada como matéria prima uma cantoneira de aço carbono com espessura de três milímetros, moldada em uma serralheria, através de uma Serra Fita modelo ST 1101 (Figura 24), com gabarito de precisão para a medição da angulação de 90° do marcador.



Figura 24 - Serra Fita, ST 1101
Fonte: <http://rj.quebarato.com.br>



Figura 25 - Marcador metálico
Fonte: Autoria própria.

O formato estrutural do marcador foi definido com base nas características anatômicas das vértebras lombares. O molde (Figura 25) contou com duas abas planas, sendo que uma delas era destinada à fixação na pele do voluntário. Já a outra aba do marcador, teve a função de projetar extrinsecamente o platô superior ou inferior das vértebras analisadas pela imagem da fotografia digital e reproduzir o formato quadrangular do corpo vertebral na imagem radiográfica (Figura 26).

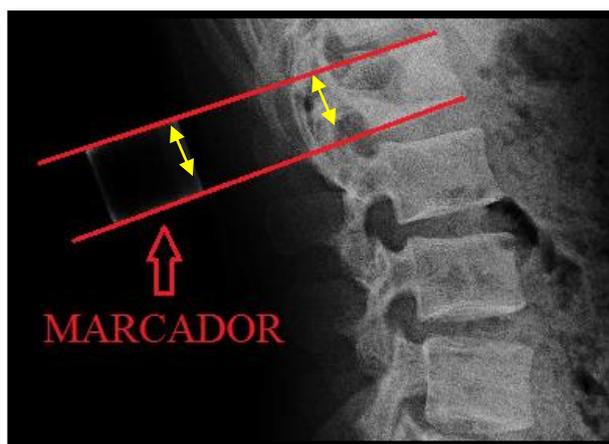


Figura 26 - Projeção do corpo vertebral em relação ao marcador metálico
Fonte: Autoria própria.

5.2 DESENVOLVIMENTO DO PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO POR MEIO DE FOTOGRAMETRIA

Diferentemente dos métodos que utilizam a imagem radiográfica para a detecção de acometimentos em coluna lombossacral, a fotogrametria com marcadores projetados e

mensuração angular através de Cobb e Trall prevê viabilizar uma avaliação de superfície não invasiva e com baixos custos. Além destes atributos, esse tipo de medição é indicado como método de análise preventiva, pois poderá viabilizar a detecção de padrões angulares anormais na região lombossacral, favorecendo o monitoramento das variações posturais, de maneira quantificada, evitando exposição radiográfica contínua aos pacientes e podendo ser aplicada em qualquer ambiente.

Entretanto, para que seja possível identificar a viabilidade metodológica desta técnica, propôs-se um trabalho de investigação dos valores angulares dos pontos de inclinação pélvica e assimetria de quadril, em atletas mirins de ginástica rítmica, no município de Curitiba-PR. O objetivo central deste estudo foi identificar a influência do posicionamento pélvico nos casos de acentuação da curvatura lombar, através do método de biofotogrametria. Os resultados angulares demonstrados no referida pesquisa não se apresentaram concordantes com os referenciais propostos pelo padrão ouro (radiografia), pois demonstraram valores de concordância inferiores em todas as medidas realizadas (VACARI et al., 2012).

Com vistas nas limitações apresentadas no estudo mencionado, o presente trabalho buscou identificar os intervenientes que interferiram nos resultados obtidos e, ademais, propor uma a metodologia de medição e marcação dos pontos referenciais utilizados na técnica de avaliação por imagem fotográfica.

Para isso, o desenvolvimento deste método se embasou em diversas metodologias aplicadas em imagens radiográficas, contudo a viabilização de reportar o método de mensuração angular radiográfica para as imagens digitais, só foi possível com duas técnicas: Cobb Foto S1-T12 e Trall Foto.

5.3 APLICAÇÃO PRÁTICA DO PROTOCOLO DE FOTOGRAMETRIA

Os procedimentos adotados para a mensuração dos valores angulares com os métodos de Cobb e Trall apontam um caráter ineditista no âmbito de estudos da fotogrametria.

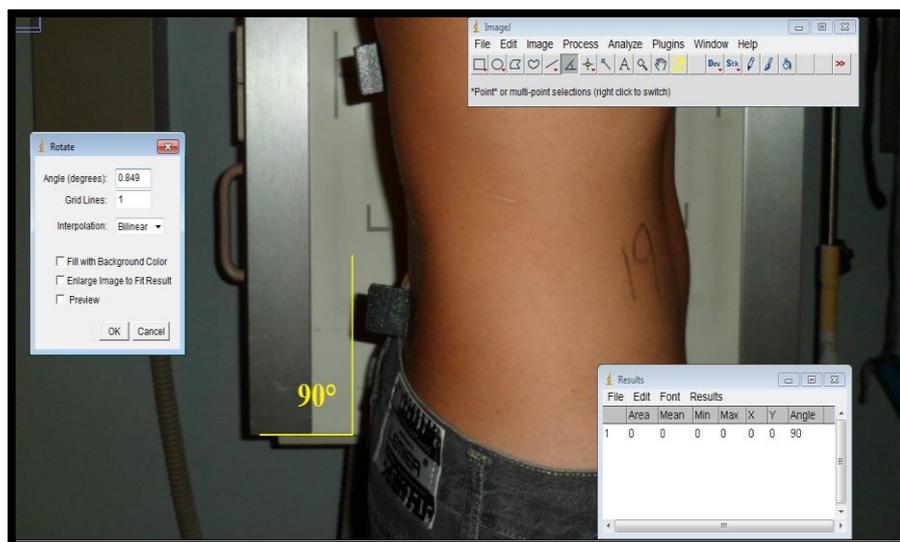
Nas medidas feitas por fotogrametria, o processo de medição requereu alguns critérios diferenciais de cautela, para que houvesse a diminuição das possibilidades de erros. Esse processo de prevenção iniciou-se, a partir da coleta das imagens, com a proposta de um padrão de distância pré-determinada, a aferição do alinhamento da câmera digital e as

recomendações referentes ao posicionamento do participante. Além disso, atentou-se para que o avaliado não se movesse entre a captura da imagem radiográfica e a fotografia, evitando assim qualquer interveniente relacionado ao mau posicionamento do fotograma quando comparado com a radiografia.

Para o tratamento das fotografias, empregou-se o método de calibração, a fim de que fosse possível observar se no momento da captura da imagem não ocorreu alguma alteração do posicionamento da câmera (Figura 27). Essa aferição consistia em utilizar um referencial vertical reto (contendo 90 graus em relação ao solo) de algum objeto que aparecesse na foto. Após a identificação do objeto, ampliava-se a imagem com a ferramenta *Magnifying Glasse*, traçava-se, com a ferramenta *Angle Tool*, uma reta paralela à linha vertical referencial da imagem, para então ser verificado se o ângulo obtido através da ferramenta estava totalmente alinhado. Caso fosse detectado o desalinhamento, buscava-se a ferramenta *Rotate* para que fosse possível a inserção do valor da diferença entre o ângulo referencial da imagem e o obtido através da ferramenta, para que a imagem pudesse ser rodada.



a) Imagem sem o tratamento de rotação



b) Imagem com o tratamento de rotação

Figura 27 – Na imagem “a” não há tratamento de rotação, já na imagem “b” são demonstrados os recursos para calibrar a imagem.

Fonte: Autoria própria.

5.3.1 Método Cobb Foto S1-T12

Na aplicação do método de Cobb Foto S1-T12, utilizou-se o referencial anatômico sinalizado pelos marcadores metálicos. O posicionamento dos marcadores foi realizado por meio da técnica de anatomia palpatória, cujo procedimento permitiu identificar os processos espinhosos das vértebras T12 e S1 e seus respectivos espaços intervertebrais. Visto o posicionamento nos referidos locais e com a imagem já devidamente rodada, aplicou-se a técnica de Cobb. Para aplicação deste método, primeiramente foram traçadas, com a ferramenta *StraightLine*, duas retas na superfície superior e inferior dos marcadores metálicos. Consecutivamente, com a ferramenta *Angle Tool*, foram delineadas duas retas perpendiculares às retas anteriormente descritas. E, para a medida do valor angular final, foi considerado o ângulo formado pela intersecção dessas duas retas perpendiculares (Figura 28).

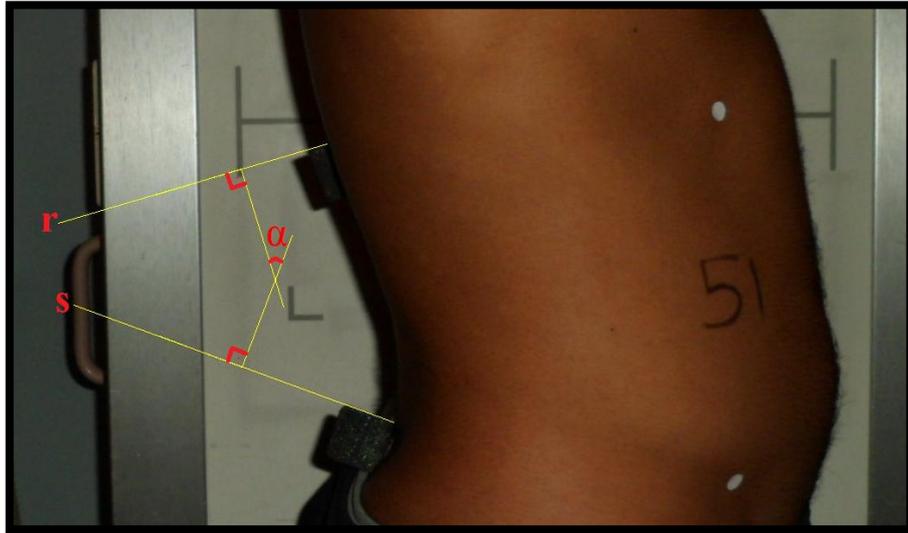


Figura 28 - Procedimentos para execução do método Cobb Foto s1-t12
Fonte: Autoria própria.

5.3.2 Método Trall Foto

O diferencial da técnica de Trall Foto foi fornecer a medida angular da concavidade lombossacral de modo similar tanto na imagem radiográfica como nas imagens fotográficas (Figura 30).

Para a obtenção dos valores angulares foi necessária a ligação de quatro pontos distintos. O ponto “A” situa-se no vértice posterior superior do corpo vertebral de L1 e, a partir dele, traça-se uma reta que se prolonga até o vértice posterior inferior do corpo vertebral de S1, gerando o ponto “B”. Em seguida, uma semirreta é delineada a partir do ponto “B” e segue até o ponto mais côncavo da coluna lombar, ou seja, onde as vértebras lombares se apresentam mais prostrusas. Do mesmo modo, a partir da vértebra L1, prolonga-se uma semirreta até a região mais côncava na coluna lombar, interseccionando-se com a semirreta delineada a partir da S1 e obtendo-se, assim, o ângulo referente à medida de Trall foto.

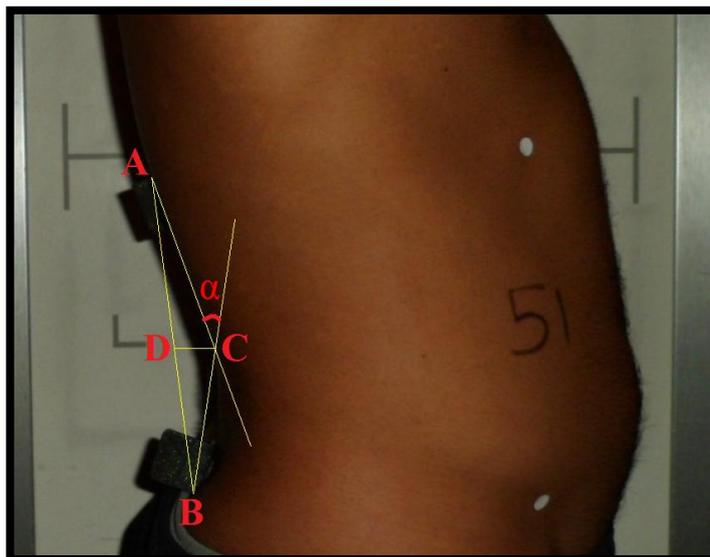


Figura 29 - Procedimentos para execução do método Trall Foto
Fonte: Autoria própria.

5.4 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A amostra foi composta por 52 indivíduos, dentre eles 65,4% (n=34) corresponderam a sujeitos do sexo masculino, assim, os outros 34,6% (n=18) ao sexo feminino. As variáveis relacionadas à massa corporal e a estatura corresponderam às médias e os desvios-padrão de $68,9 \pm 10,1$ kg e $172,9 \pm 8,9$ cm.

Os indivíduos apresentaram idade média de $20,7 \pm 2,6$ anos. Em relação às medidas de RCQ, obteve-se o valor de $0,76 \pm 0,06$ e, nas dobras cutâneas suprailíacas, os valores de $10,7 \pm 6,9$ mm. As medidas médias de cintura foram de $72,2 \pm 6,7$ cm e de quadril $94,4 \pm 5,7$ cm, conforme observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Estatística Descritiva da Amostra

	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Idade (anos)	52	18	28	20,712	2,562
Massa (kg)	52	50	98	68,852	10,092
Estatura (cm)	52	152	191	172,942	8,886
IMC (cm)	52	18	28	22,919	1,953
RCQ (cm)	52	0,66	0,87	0,764	0,059
DC (mm)	52	3,9	39,1	10,692	6,856
Cintura (cm)	52	59,5	98	72,212	6,722
Quadril (cm)	52	82	113	94,433	5,736

5.5 ANÁLISE DA CONFIABILIDADE DAS NOVAS TÉCNICAS

Foi verificada a confiabilidade dos valores obtidos através do método de Cobb_{Foto} T12-S1 denominado como Cobb_{Foto1} e Cobb_{Foto2}. Os resultados foram submetidos ao teste t de Student pareado (Tabela 2).

Tabela 2 - Estatísticas das amostras pareadas – Cobb_{Foto1} x Cobb_{Foto2}

	Média*	N	Desvio Padrão	Erro Padrão Médio	r	p
Cobb _{Foto1}	27,942	52	9,239	1,281	0,931	0,001
Cobb _{Foto2}	27,564	52	9,923	1,376		

* test t pareado, p = 0,454

A significância de 0,45 ($p > 0,05$) do teste-t aplicado entre os valores obtidos nas coletas de mesmo avaliador indica que não houve diferença significativa entre as mensurações realizadas em momentos distintos.

5.6 NORMALIDADE DAS DISTRIBUIÇÕES

Os valores obtidos através dos diferentes métodos de avaliação angular da concavidade lombossacral foram testados quanto à aderência de sua distribuição à normalidade através do teste de Kolmogorov-Smirnov para uma amostra, conforme Tabela 3:

Tabela 3 - Teste de Kolmogorov-Smirnov para uma amostra

	Parâmetros Normais ^a		Diferenças Mais Extremas			Kolmogorov-Smirnov Z	Sig. Assintótica (bicaudal)
	Média	Desvio Padrão	Absoluto	Positivo	Negativo		
Cobb_{Foto}	27,753	9,415	0,100	0,100	-0,078	0,719	0,680
Trall_{Foto}	27,042	7,784	0,078	0,065	-0,078	0,561	0,912
Cobb_{3_L2s_S1s}	50,377	9,829	0,074	0,053	-0,074	0,531	0,941
Cobb_{2_L1s_L5i}	41,981	10,800	0,091	0,085	-0,091	0,653	0,787
Cobb_{1_L1s_S1s}	55,407	10,677	0,113	0,107	-0,113	0,815	0,520
Cobb_{3_T12i_S1s}	58,145	9,595	0,106	0,055	-0,106	0,768	0,598
Centroide	35,540	11,203	0,059	0,059	-0,056	0,423	0,994
Posterior_{L1xL5}	29,327	9,544	0,050	0,050	-0,045	0,364	0,999
Posterior_{L1xS1}	60,521	11,642	0,091	0,077	-0,091	0,656	0,783
Trall	35,141	7,540	0,048	0,048	-0,036	0,348	1

a. Distribuição de teste é normal.

Nenhuma variável apresentou o valor de significância assintótica $<0,05$, logo, há indícios estatísticos de que todas as variáveis possuem distribuição normal. Por esse motivo, possibilitou-se o tratamento inferencial dos dados por meio de testes paramétricos.

5.7 CORRELAÇÃO ENTRE MÉTODOS FOTOGRAMETRIA X RADIOGRAFIA

O grau de associação linear entre os métodos baseados em imagens fotogramétricas e métodos de imagens radiográficas foi analisado por meio do coeficiente de correlação linear de Pearson, classificando-se seus resultados conforme proposto por Dancy e Reidy (2011) e apresentado na Figura 30:

Perfect	+1	-1
Strong	+0.9	-0.9
	+0.8	-0.8
Moderate	+0.7	-0.7
	+0.6	-0.6
	+0.5	-0.5
Weak	+0.4	-0.4
	+0.3	-0.3
	+0.2	-0.2
	+0.1	-0.1
Zero	0	

Figura 30 - Classificação da intensidade dos coeficientes de correlação positivos e negativos
Fonte: Dancy e Reidy (2011).

A Tabela 4 organizou os resultados, indicando o coeficiente de correlação r , a significância da diferença entre os métodos de medição angular avaliados e a classificação da intensidade da correlação:

Tabela 4 – Correlação entre métodos obtidos por meio de fotogrametria e radiografia

	Cobb ₁ L1s_S1s	Cobb ₂ L1s_L5i	Cobb ₃ L2s_S1s	Cobb ₄ T12i_S1s	Centroide	Posterior L1xL5	Posterior L1xS1	Trall
Cobb_{Foto}	0,356** fraco	0,301* fraco	0,380** fraco	0,333* fraco	0,126 fraco	-0,022 fraco	0,155 fraco	0,151 fraco
Trall_{Foto}	0,400** moderado	0,349* fraco	0,455** moderado	0,383** fraco	0,127 fraco	-0,056 fraco	0,139 fraco	0,153 fraco

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

De acordo com os achados, ambos os métodos baseados em fotogrametria ($Cobb_{Foto}$ e $Trall_{Foto}$) apresentam correlação significativa ($p < 0,01$) com os métodos de $Cobb_3$, $Cobb_1$ e $Cobb_4$, e nível de significância de 0,05 com o método $Cobb_2$. O método $Trall_{Foto}$ apresentou correlação moderada com $Cobb_1$ e $Cobb_3$, enquanto as outras correlações realizadas foram classificadas como fracas.

5.8 ANÁLISE DE CONCORDÂNCIA E EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO ENTRE FOTOGRAMETRIA E RAIOS X

Os pares de técnicas fotogrametria-radiografia que apresentaram correlação com nível de significância $<0,05$ foram analisados quanto à concordância e submetidos à regressão linear. Utilizou-se o método proposto por Bland-Altman para avaliar os limites de concordância e o comportamento do viés entre as técnicas. As equações de predição foram formadas através de regressão linear simples e apresentaram-se os coeficientes de regressão e determinação alcançados, como evidencia as próximas subcapítulos divididos em: $Cobb_{Foto}$ x Métodos Radiografia e $Trall_{Foto}$ x Métodos Radiografia.

5.8.1 $Cobb_{Foto}$ x Métodos Radiografia

Nesta abordagem serão relacionados todos os resultados obtidos com as medidas da curvatura lombossacral na radiografia por meio do método $Cobb_{Foto}$. Para melhor evidenciação das medidas citadas, foi proposta uma figura com todas as medidas desenhadas simultaneamente (Figura 31).

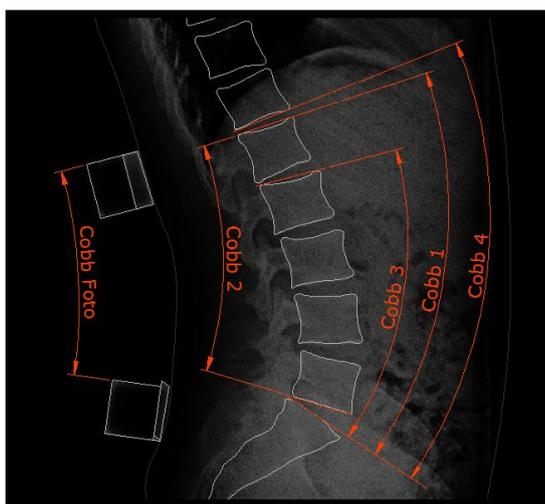


Figura 31 - Traçado dos ângulos $Cobb_{Foto}$, $Cobb_1$, $Cobb_2$, $Cobb_3$ e $Cobb_4$
Fonte: Autoria própria.

O Gráfico 2 apresenta a plotagem Bland-Altman para a análise da concordância entre o método Cobb_{Foto} e os seguintes métodos: a) Cobb₁; b) Cobb₂; c) Cobb₃; d) Cobb₄. No gráfico está indicado o viés e os limites inferior e superior de concordância.

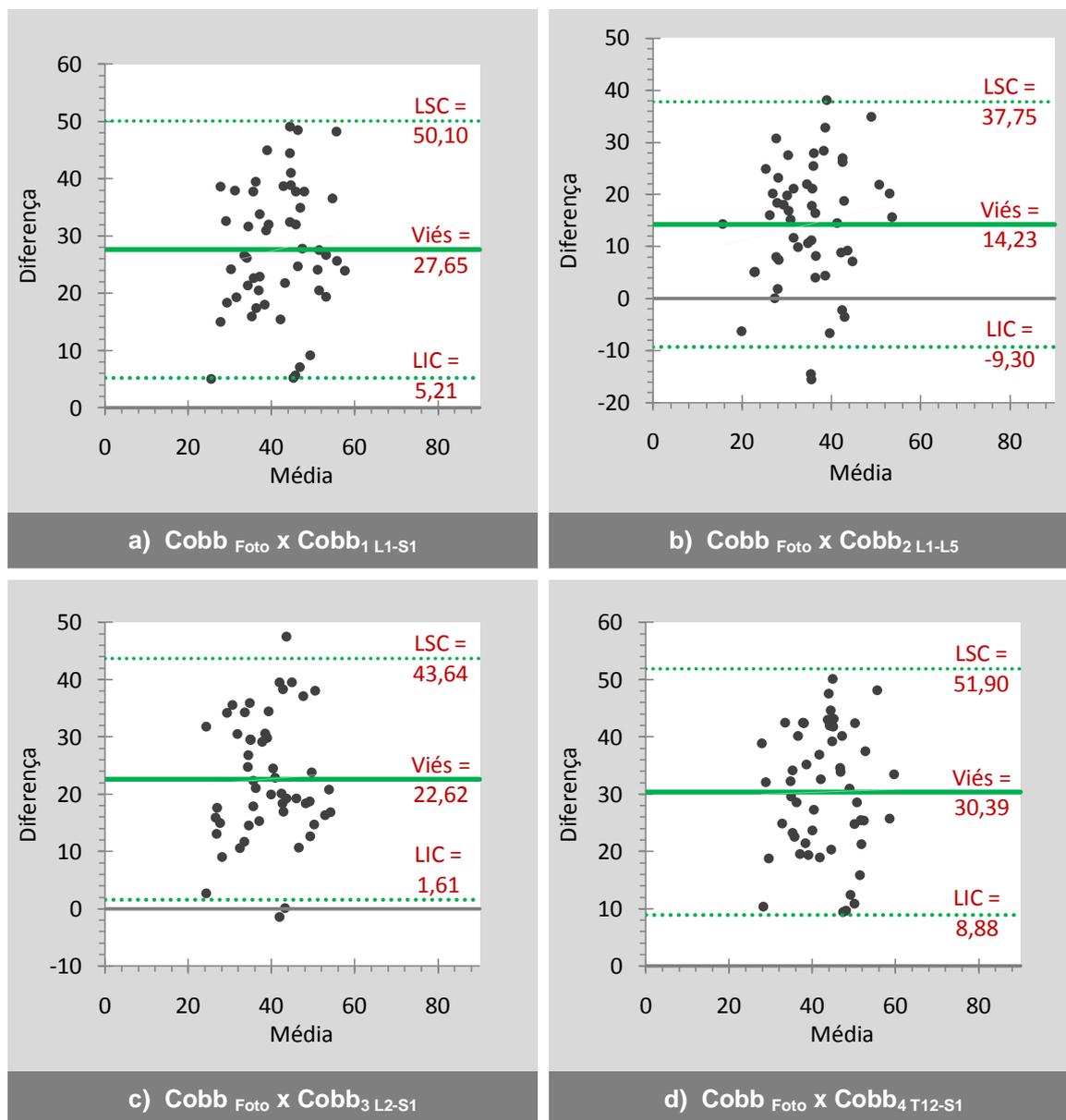


Gráfico 2 - Análise de concordância entre o traçado de ângulos de curvatura lombossacral: a) concordância entre o ângulo de Cobb obtido por fotogrametria e o ângulo de Cobb₁ (L1-S1) obtido pelo traçado na radiografia; b) concordância entre o ângulo de Cobb obtido por fotogrametria e o ângulo de Cobb₂ (L1-L5) obtido pelo traçado na radiografia; c) concordância entre o ângulo de Cobb obtido por fotogrametria e o ângulo de Cobb₃ (L2-S1) obtido pelo traçado na radiografia; d) concordância entre o ângulo de Cobb obtido por fotogrametria e o ângulo de Cobb₄ (T12-S1) obtido pelo traçado na radiografia.

Observou-se no Gráfico 2 que a análise de concordância entre o método Cobb_{Foto} com os métodos Cobb Raios X apresentou um amplo intervalo de concordância, o que

significa grande variabilidade na diferença entre os resultados dos dois métodos em comparação.

Com o intuito de se prever os valores angulares dos testes radiográficos a partir dos valores encontrados no teste Cobb fotogramétrico, realizou-se regressões lineares utilizando a amostra de Cobb_{Foto} como variável independente e os valores angulares de dos testes Cobb radiográfico como variáveis dependentes, encontrando-se as seguintes equações de predição e seus respectivos coeficientes de correlação r e de determinação R^2 :

- Equação de predição Cobb1 em função de Cobb Foto:

$$Cobb_1 = 44,213 + 0,403 * Cobb_{Foto}$$

$$r = 0,356 ; R^2 = 0,126$$

- Equação de predição Cobb 2 em função de Cobb Foto:

$$Cobb_2 = 32,395 + 0,345 * Cobb_{Foto}$$

$$r = 0,301 ; R^2 = 0,091$$

- Equação de predição Cobb3 em função de Cobb Foto:

$$Cobb_3 = 39,377 + 0,396 * Cobb_{Foto}$$

$$r = 0,380 ; R^2 = 0,144$$

- Equação de predição Cobb4 em função de Cobb_{Foto}:

$$Cobb_4 = 48,713 + 0,340 * Cobb_{Foto}$$

$$r = 0,333 ; R^2 = 0,111$$

As equações apresentaram coeficiente de regressão fraco, variando entre $r=0,301$ e $r=0,380$. Conforme os coeficientes de determinação das equações de predição, Cobb_{Foto} explica entre 9,1% a 14,4% das variações dos valores de Cobb radiográficos.

Visto essas afirmações e a magnitude dos limites de concordância e do viés entre os métodos fotográficos e radiográficos, observa-se que o método Cobb_{Foto} pode não substituir satisfatoriamente os métodos obtidos por meio de raios X.

5.8.2 Trall_{Foto} x Métodos Radiografia

A mesma metodologia é empregada para a verificação do teste de concordância entre a técnica (Método Trall_{Foto}) obtida por fotogrametria e os demais métodos obtidos pela técnica de radiografia (figura 30).

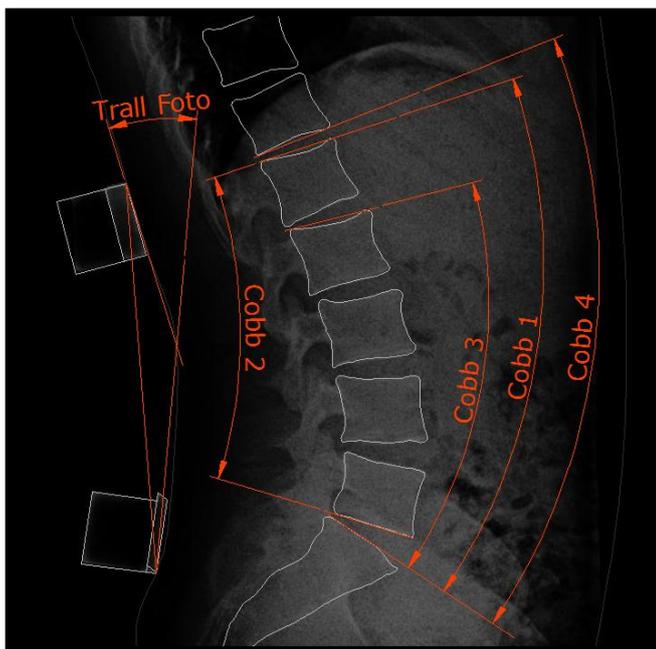


Figura 32 - Traçado dos ângulos Trall_{Foto}, Cobb₁, Cobb₂, Cobb₃ e Cobb₄
Fonte: Autoria própria.

A plotagem Bland-Altman para a análise da concordância entre o método Trall_{Foto} e os métodos Cobb₁ (a), Cobb₂ (b), Cobb₃ (c) e Cobb₄(d) está exposta no Gráfico 3. Destacou-se o viés e os limites de concordância de cada análise.

A análise concordância entre o método Trall_{Foto} e os métodos de Cobb Raios X encontrou resultados semelhantes à análise de Cobb_{Foto} com os métodos Cobb Raios X. As faixas onde se encontram 95% das diferenças entre os pares de métodos analisados apresentaram uma amplitude angular de 36,7° a 42,7° entre seus limites inferiores e superiores.

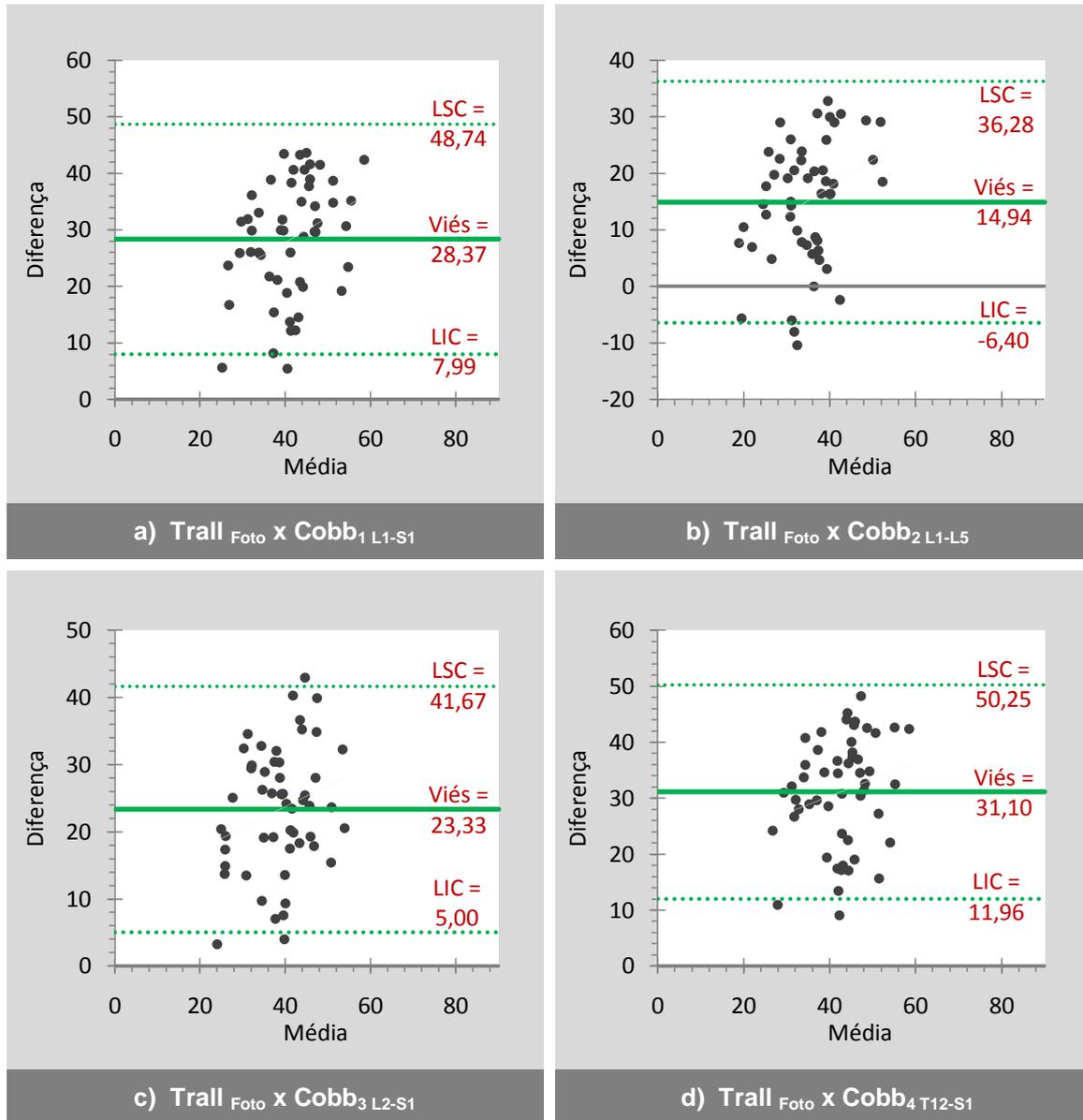


Gráfico 3 - Análise de concordância entre o traçado de ângulos de curvatura lombar: a) concordância entre o ângulo de Trall obtido por fotogrametria e o ângulo de Cobb₁ (L1-S1) obtido pela traçado na radiografia; b) concordância entre o ângulo de Trall obtido por fotogrametria e o ângulo de Cobb₂ (L1-L5) obtido pela traçado na radiografia; c) concordância entre o ângulo de Trall obtido por fotogrametria e o ângulo de Cobb₃ (L2-S1) obtido pela traçado na radiografia; d) concordância entre o ângulo de Trall obtido por fotogrametria e o ângulo de Cobb₄ (T12-S1) obtido pela traçado na radiografia.

A partir da análise de regressão linear entre Trall_{Foto} e os testes Cobb radiográficos, obteve-se as seguintes equações de predição dos valores dos testes radiográficos baseados nos valores encontrados no teste Trall fotométrico:

- Equação de predição Cobb1 em função de Trall Foto:

$$Cobb_1 = 40,557 + 0,549 * Trall_{Foto}$$

$$r = 0,400 ; R^2 = 0,160$$

- Equação de predição Cobb2 em função de TrallFoto:

$$Cobb_2 = 28,878 + 0,485 * Trall_{Foto}$$

$$r = 0,349 ; R^2 = 0,122$$

- Equação de predição Cobb3 em função de Trall Foto:

$$Cobb_3 = 34,832 + 0,575 * Trall_{Foto}$$

$$r = 0,455 ; R^2 = 0,207$$

- Equação de predição Cobb4 em função de Trall Foto:

$$Cobb_4 = 45,369 + 0,472 * Trall_{Foto}$$

$$r = 0,383 ; R^2 = 0,147$$

Segundo as equações de predição, $Trall_{Foto}$ explica entre 12,2% e 20,7% da variação dos métodos Cobb baseados em imagens de raios X. Alcançaram-se coeficientes de correlação fracos da técnica $Trall_{Foto}$ com $Cobb_2$ e $Cobb_4$ e coeficientes moderados com $Cobb_1$ e $Cobb_3$.

5.9 CORRELAÇÃO ENTRE MÉTODOS RADIOGRAFIA X RADIOGRAFIA

Para se observar as semelhanças e as diferenças entre os métodos baseados em imagens radiográficas, executou-se a correlação linear entre estes métodos. A Tabela 5 apresenta o coeficiente de correlação de Pearson entre todos os métodos estudados, sua significância estatística e a classificação da intensidade de correlação.

Tabela 5 – Coeficientes de Correlação Linear de Pearson entre métodos radiográficos

	Cobb ₂ L1s_L5i	Cobb ₃ L2s_S1s	Cobb ₄ T12i_S1s	Centroide	Posterior L1xL5	Posterior L1xS1	Trall
Cobb₁ L1s_S1s	0,809** Forte	0,810** Forte	0,893** Forte	0,611** Moderado	0,467** Moderado	0,548** Moderado	0,693** Moderado
Cobb₂ L1s_L5i		0,800** Forte	0,820** Forte	0,664** Moderado	0,502** Moderado	0,603** Moderado	0,707** Forte
Cobb₃ L2s_S1s			0,765** Forte	0,572** Moderado	0,444** Moderado	0,627** Moderado	0,677** Moderado
Cobb₄ T12i_S1s				0,585** Moderado	0,451** Moderado	0,618** Moderado	0,651** Moderado
Centroide					0,493** Moderado	0,276* Fraco	0,697** Moderado
Posterior L1xL5						0,631** Moderado	0,474** Moderado
Posterior L1xS1							0,360** Fraco

* p<0,05

** p<0,01

Observaram-se coeficientes de correlação fracos, $r=0,276$ e $r=0,360$, entre as técnicas Posterior tangente $L1-S1$ e Centroide, e entre Posterior tangente $L1-S1$ e Trall respectivamente, sendo o primeiro, o menor coeficiente entre os métodos radiográficos. Os métodos Cobb apresentaram forte correlação entre si, destacando-se o maior coeficiente, $0,893$, entre Cobb₁ e Cobb₄. Também houve forte correlação entre Cobb₂ e Trall.

5.10 CLASSIFICAÇÃO CATEGÓRICA DOS VALORES ANGULARES OBTIDOS POR CADA MÉTODO

Classificaram-se os valores angulares encontrados em cada método em cinco categorias: muito abaixo; moderadamente abaixo; média; moderadamente acima e muito acima. Os limites de cada faixa categórica foram estabelecidos a partir dos valores das médias e desvios padrão obtidos em cada método, conforme Tabela 6.

Tabela 6 – Classificação dos valores angulares a partir da média e do desvio padrão de cada método

Intervalo	Categoria
$< (M - 2DP)$	Muito Abaixo
$(M - 2DP) \text{ a } (M - 1DP)$	Moderadamente Abaixo
$(M - 1DP) \text{ a } (M + 1DP)$	Média
$(M + 1DP) \text{ a } (M + 2DP)$	Moderadamente Acima
$> (M + 2DP)$	Muito Acima

M = Média

DP = Desvio Padrão

Foram classificados como muito abaixo, os valores mais que dois desvios padrão abaixo da média. O intervalo entre dois desvios padrão e um desvio padrão abaixo da média, formou a categoria moderadamente abaixo. A faixa entre a média menos um desvio padrão e a média mais um desvio padrão foi classificada na categoria média. A faixa de valores entre um desvio padrão e dois desvios padrão acima da média foi denominada moderadamente acima e os valores maiores que dois desvios padrão acima da média como muito acima.

A Tabela 7 apresenta os valores limites das cinco categorias propostas, calculados para cada método. A distribuição percentual da classificação categórica dos valores angulares está disposta na Tabela 8.

Tabela 7 - Classificação categórica dos valores angulares por método de identificação da curvatura lombar

Classificação	Cobb _{Foto}	Trall _{Foto}	Cobb ₃ L2s - S1s	Cobb ₂ L1s - L5i	Cobb ₁ L1s - S1s	Cobb ₄ T12i - S1s	Centroide	Posterior _{L1-L5}	Posterior _{L1-S1}	Trall
Média	27,75	27,04	50,38	41,98	55,41	58,14	35,54	29,33	60,52	35,14
Desvio Padrão	9,42	7,78	9,83	10,80	10,68	9,59	11,20	9,54	11,64	7,54
Muito Abaixo	< 8,92	< 11,47	< 30,72	< 20,38	< 34,05	< 38,96	< 13,13	< 10,24	< 37,24	< 20,06
Moderadamente Abaixo	8,92 - 18,34	11,47 - 19,26	30,72 - 40,55	20,38 - 31,18	34,05 - 44,73	38,96 - 48,55	13,13 - 24,34	10,24 - 19,78	37,24 - 48,88	20,06 - 27,60
Média	18,35 - 37,17	19,27 - 34,83	40,56 - 60,20	31,19 - 52,78	44,74 - 66,08	48,56 - 67,74	24,35 - 46,74	19,79 - 38,87	48,89 - 72,16	27,61 - 42,68
Moderadamente Acima	37,18 - 46,58	34,84 - 42,61	60,21 - 70,03	52,79 - 63,58	66,09 - 76,76	67,75 - 77,33	46,75 - 57,95	38,88 - 48,42	72,17 - 83,80	42,69 - 50,22
Muito Acima	> 46,58	> 42,61	> 70,03	> 63,58	> 76,76	> 77,33	> 57,95	> 48,42	> 83,80	> 50,22

Tabela 8 – Distribuição percentual da classificação categórica dos valores angulares

Classificação	Cobb _{Foto}	Trall _{Foto}	Cobb ₃ L2s - S1s	Cobb ₂ L1s - L5i	Cobb ₁ L1s - S1s	Cobb ₄ T12i - S1s	Centroide	Posterior _{L1-L5}	Posterior _{L1-S1}	Trall
Muito Abaixo	1,9%	0,0%	1,9%	1,9%	1,9%	3,8%	1,9%	3,8%	7,7%	3,8%
Moderadamente Abaixo	11,5%	21,2%	15,4%	13,5%	9,6%	11,5%	13,5%	9,6%	5,8%	9,6%
Média	65,4%	61,5%	63,5%	69,2%	71,2%	73,1%	73,1%	67,3%	73,1%	71,2%
Moderadamente Acima	21,2%	13,5%	19,2%	13,5%	15,4%	9,6%	7,7%	15,4%	11,5%	11,5%
Muito Acima	0,0%	3,8%	0,0%	1,9%	1,9%	1,9%	3,8%	3,8%	1,9%	3,8%

Observou-se na Tabela 8 que os métodos apresentaram distribuição normal, as percentagens estão próximas às indicadas pela normalidade para uma amostra infinita. Entre os diversos métodos estudados, foram classificados como muito abaixo nenhum dos valores angulares de Trall_{Foto} (0%), o menor percentual dessa categoria, e 7,7% da amostra de Posterior_{L1-S1}, o maior percentual desta categoria. A categoria moderadamente abaixo oscilou entre 5,8% dos valores de Posterior_{L1-S1} a 21,2% de Trall_{Foto}. O intervalo da média +/- um desvio padrão variou entre 61,5% da amostra de Trall_{Foto} a 73,1% dos valores de Cobb₄, Centroide e Posterior_{L1-S1}. Centroide apresentou o menor percentual da categoria moderadamente acima, com 7,7% da amostra e Cobb_{Foto} o maior, com 21,2%. Nenhum valor de Cobb₃ e de Cobb_{Foto} foi classificado como muito acima. Os métodos Trall_{Foto}, Centroide, Posterior_{L1-S1} e Trall apresentaram o maior percentual nesta categoria, 3,8%.

5.11 ANÁLISE DA CONCORDÂNCIA KAPPA ENTRE AS CLASSIFICAÇÕES CATEGÓRICAS DOS DISTINTOS MÉTODOS DE MENSURAÇÃO ANGULAR

Para se avaliar as classificações entre os diferentes métodos, empregou-se a estatística Kappa que mede o grau da concordância entre elas. Utilizou-se a interpretação proposta por Landis e Koch (1977), para categorizar os valores da estatística Kappa, conforme Tabela 9:

Tabela 9 – Intensidade de concordância relacionada à estatística Kappa

Estatística Kappa	Intensidade da Concordância
< 0,00	Pobre
0,00-0,20	Leve
0,21-0,40	Razoável
0,41-0,60	Moderada
0,61-0,80	Forte
0,81-1,00	Quase perfeita

Analisou-se a concordância entre as classificações das curvaturas lombares de todos os métodos de mensuração através da estatística Kappa, cujos valores e intensidades de concordância estão dispostos na Tabela 10:

Tabela 10 - Estatística Kappa entre os métodos da curvatura lombar

	Trall_{Foto}	Cobb₁ L1 - S1	Cobb₂ L1 - L5	Cobb₃ L2 - S1	Cobb₄ T12 - S1	Centroide	Posterior L1-L5	Posterior L1-S1	Trall
Cobb_{Foto}	0,329 Razoável	0,020 Leve	0,044 Leve	0,050 Leve	0,014 Leve	-0,177 Pobre	-0,119 Pobre	0,018 Leve	-0,003 Pobre
Trall_{Foto}		0,187 Leve	0,124 Leve	0,232 Razoável	0,287 Razoável	0,020 Leve	-0,027 Pobre	0,079 Leve	0,011 Leve
Cobb₁			0,634 Forte	0,351 Razoável	0,491 Moderada	0,322 Razoável	0,052 Leve	0,366 Razoável	0,215 Razoável
Cobb₂				0,401 Razoável	0,545 Moderada	0,503 Moderada	0,113 Leve	0,344 Razoável	0,315 Razoável
Cobb₃					0,345 Razoável	0,231 Razoável	0,198 Leve	0,427 Moderada	0,247 Razoável
Cobb₄						0,260 Razoável	0,159 Leve	0,395 Razoável	0,240 Razoável
Centroide							0,001 Leve	0,140 Leve	0,241 Razoável
Posterior_{L1-L5}								0,241 Razoável	0,452 Moderada
Posterior_{L1-S1}									0,033 Leve

As classificações dos ângulos dos métodos Cobb₁ e Cobb₂ apresentaram forte concordância e o maior índice Kappa - 0,634 - entre todos os métodos. Os métodos baseados em imagens fotográficas apresentaram as menores intensidades de concordância com os outros métodos, variando entre pobre, leve e razoável.

5.12 MÉTODO DE DETECÇÃO DO PONTO DE INFLEXÃO DA COLUNA TORACOLOMBAR

A referida medição foi proposta com a finalidade de identificar em qual ou quais vértebras ocorre com maior frequência o ponto de inflexão na região toracolombar da coluna vertebral. Para medição de tal procedimento, requisitou-se a utilização da ferramenta *Straight*, do *software* ImageJ, para o delineamento das placas terminais superiores das últimas vértebras torácicas e primeiras lombares. Após a determinação de cada uma destas estruturas, os resultados das inclinações do corpo vertebral foram comparados e, a partir do momento de inversão dos resultados, ou seja, após os valores angulares deixarem de ser crescentes ou decrescentes, localizou-se ali o ponto de inflexão (PI), como evidencia a Figura 33.

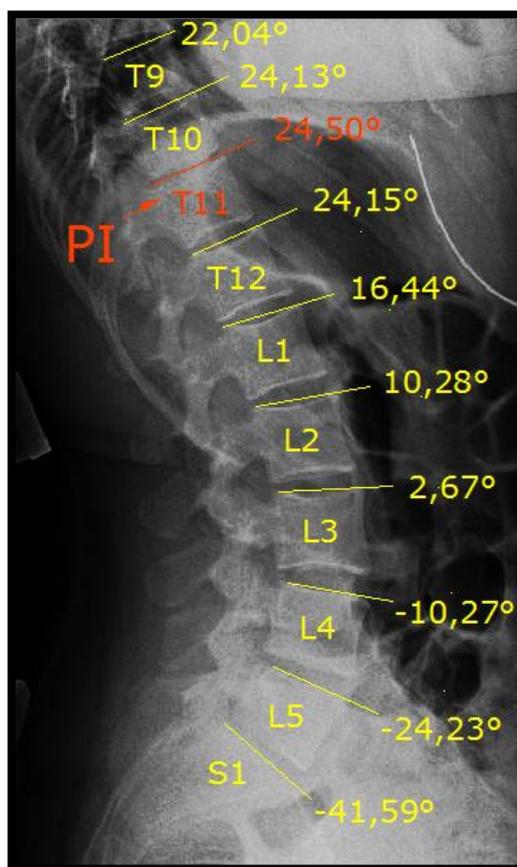


Figura 33 – Procedimento detecção do ponto de inflexão da coluna toracolombar
Fonte: Autoria própria.

Como se observa na figura 31, a identificação do ponto de inflexão é discreta, pois no caso da presente imagem, a variação angular onde se localizou o ponto de

inflexão, foi de apenas 0,31°, pois foi especificamente a vértebra T11 que apresentou a inflexão entre a curva torácica e a lombar.

A partir da revisão dos diversos testes de medição da curvatura lombossacral, notou-se a necessidade de se definir quais testes seriam mais indicados.

5.13 RESULTADOS DA IDENTIFICAÇÃO DO PONTO DE INFLEXÃO ENTRE A CURVATURA TORACOLOMBAR

Na presente amostra, evidenciou-se que a vértebra cuja ocorrência do ponto de inflexão se apresentou mais frequente, foi a T12 com 38,5% (n=20). No caso das vértebras L1 e L2, a ocorrência do ponto de inflexão apareceu em 25,0% (n=13) e 21,1% (n=11) dos casos, respectivamente.

Para as vértebras T9, T10 e T11, foram encontrados baixos percentuais de frequência do ponto de inflexão como aponta a Tabela 11:

Tabela 11 - Estatística descritiva dos pontos de inflexão na curvatura toracolombar

Vértebras	%	N
T9	1,9	1
T10	3,9	2
T11	9,6	5
T12	38,5	20
L1	25,0	13
L2	21,1	11
Total	100,0	52

Apresentou-se na tabela 12, o recurso de divisão entre os pontos de inflexão, encontrados no presente estudo, e os respectivos métodos indicados para a mensuração da curvatura lombossacral.

Tabela 12 - Classificação definida para as divisões das regiões anatômicas e os respectivos métodos recomendados

Classificação Vertebral	Métodos indicados	Percentual da amostra
Acima de T12	- Trall	15,4%
T12 – L1	- Cobb ₄ T12i-S1s - Cobb ₁ L1s-S1s - Cobb ₂ L1s-L5i - Posterior L1-L5	63,5%
L2	Cobb ₃ L2s-S1s	21,1%
Abaixo de L2	Centroide	0,0%
Total		100,0%

6 DISCUSSÃO

Examinou-se no atual capítulo o contexto metodológico, a aplicabilidade, a funcionalidade e as implicações dos testes voltados à detecção do padrão da curvatura lombossacral. Além disto, foi proposta a utilização de duas novas técnicas, através de fotogrametria, que objetivaram avaliar a curva de concavidade lombar para fins comparativos aos métodos considerados *gold standard*.

6.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

O perfil de adultos jovens do sexo feminino e masculino, com faixa etária entre 18 e 35 anos de idade, foi selecionado para a composição da amostra. Relata-se que as demandas e as jornadas laborais nessas faixas de idade são mais intensas e, por esse motivo, a exposição a sobrecargas e esforços musculoesqueléticos é maior neste grupo (DAWSON et al., 2011). Por conseguinte, este teve como foco esta faixa etária inclusive pela possibilidade de aplicação dos resultados aos procedimentos de prevenção e diagnóstico.

As características antropométricas isoladas da amostra revelaram que a massa média e o desvio padrão dos participantes foram de $68,85 \pm 10,09$ Kg. Quanto aos dados referentes à média e desvio padrão da estatura encontraram-se os valores de $172,94 \pm 8,88$ cm. Tais dados demonstram que os indivíduos participantes do presente estudo possuem medidas similares às médias de estatura e massa corporal encontradas em pesquisas voltadas a detecção do perfil morfológico para indivíduos pertencentes à mesmas faixas etárias (REZENDE et al., 2006).

Complementarmente, a relação de distribuição corporal, fornecida pelo Índice Massa Corporal (IMC), teve por finalidade apresentar o perfil antropométrico e classificar a composição corporal através da equação $IMC = \text{massa (kg)} / \text{estatura}^2$ (cm^2), tornando possível assim, o fornecimento de parâmetros de normalidade para a população avaliada (NESS, 2004). No caso da atual pesquisa, a média e desvio padrão do IMC foram de $22,91 \pm 1,95$ kg/cm^2 , respectivamente. De acordo, com o referencial literário, as medidas do IMC são classificadas por quatro pontos de corte, o primeiro é referente ao índice abaixo do normal ($IMC < 18,5$); o segundo é classificado como

eutrofia (IMC 18,5-24,99), o terceiro como sobrepeso (IMC 25-29,99) e por fim, a quarta classificação como obesidade (IMC \geq 30,00) (OMS, 1998). Portanto, constata-se que os componentes desta amostra, são classificados como eutróficos, ou seja, aqueles sujeitos que possuem boa nutrição e uma boa distribuição da massa corporal.

Outro aspecto importante detectado nos resultados deste estudo se refere aos dados da Relação de Cintura e Quadril (RCQ). Essa medida é responsável por detectar se o conteúdo de distribuição adiposa é normal ou anormal na região da cintura e do quadril (OLIVEIRA et al., 2010).

Segundo Ojoawo; Oloagun e Bamiwoye (2011), os achados referentes à RCQ contribuíram para a conclusão de que o acúmulo demasiado de gordura na região de cintura e quadril possui uma correlação positiva com a dor lombossacral presente em 64 mulheres. Isso pode ser atribuído, ao peso que o tecido adiposo tenha gerado nesses segmentos, podendo afetar em longo prazo as estruturas vertebrais lombares.

Complementarmente, sugeriu-se caracterizar o perfil antropométrico com os dados referentes à dobra cutânea suprailíaca (DCSI). A faixa média obtida para esse teste foi de 10,70mm e um desvio padrão de 6,85mm. Diferentemente dos achados no presente estudo, uma população de jovens com faixa etária entre 21 anos, demonstraram medidas maiores da DCSI, visto que o estudo era direcionado a detecção das diferenças estruturais entre os hemisferos dos participantes (CYRINO et al., 2009). O estudo de Mager et al. (2013) corrobora e complementa quando afirma que as medidas antropométricas e a DCSI são bons preditores na detecção de acometimentos metabólicos e também colaboradores na identificação de cargas desnecessárias na coluna vertebral.

6.2 CORRELAÇÃO ENTRE MÉTODOS BASEADOS EM RADIOGRAFIA E FOTOGAMETRIA

Para que as medidas adquiridas pela técnica de fotogrametria pudessem passar por um processo de validação, optou-se por correlacionar as medidas usualmente empregadas nas radiografias com as que apresentaram possibilidades viáveis de serem reportadas com as técnicas originais: Cobb_{FotoT12-S1} e Trall_{Foto}.

Entre as correlações mais expressivas, destacaram-se os testes de Cobb_{3 L2s-S1s} e Trall_{Foto} com o $r=0,45$; Cobb_{1 L1s-S1s} e Trall_{Foto} com o $r=0,40$; Cobb_{4 T12i-S1s} e Trall_{Foto}

possuindo o $r=0,38$. De acordo com Dancey e Reidy (2011), os resultados expostos a respeito destes testes apontaram uma correlação considerada moderada.

Em síntese, as correlações entre Trall_{Foto} e os métodos radiográficos apresentaram valores correlativos moderados, enquanto que as medidas reveladas pela técnica de Cobb_{Foto} relacionadas aos testes radiográficos se apresentaram com correlações fracas em sua totalidade.

A hipótese de correlacionar as medidas de Cobb_{FotoT12-S1} e Trall_{Foto}, não foi até o momento evidenciada na literatura, portanto acredita-se que atribuições inéditas podem favorecer a área de avaliação da curvatura lombossacral. Apesar da ausência de estudos que correlacionem os métodos de Trall, Cobb_{L1-S1}, Cobb_{L1-L5}, centroide, posterior tangente_{L1-S1} e posterior tangente_{L1-L5}, observou-se em pesquisas como a de Hong et al. (2010), que os testes de confiabilidade inter e intravaliadores são mais explorados para estudar esses tipos de métodos.

Um fator relevante na contribuição da aferição do método Trall_{Foto} por imagem fotográfica em relação ao Cobb_{Foto} é a influência do tipo de marcador utilizado no presente estudo, fato este, que pode ter influenciado os valores de correlação. Para tanto, a medida realizada com Trall_{Foto} utilizou apenas o ponto de projeção do marcador metálico localizado nas vértebras referenciais, já Cobb_{Foto} é delineado a partir da inclinação determinada pelo marcador projetado. Essa influência torna-se negativa, pois variáveis como quantidade de tecido adiposo, tecido muscular e variabilidade dos corpos e processos vertebrais interferem no posicionamento e alinhamento do marcador metálico, dificultando a correlação da angulação diante da realidade vertebral de cada indivíduo.

Isso foi observado na aplicação de uma proposta alternativa, com o método de fotogrametria, através da mensuração da curvatura angular da coluna lombossacral. Uma correlação moderada de $r^2=0,54$ foi identificada na medida entre as técnicas de fotogrametria e a radiografia, contudo o índice de concordância não alcançou os padrões de normalidade previstos para a validação da técnica proposta (SAAD, 2008).

Corroborando com estudos recentes, os resultados de avaliação por imagem fotográfica em jovens portadores de escolioses idiopáticas, se apresentaram significantes, contudo observa-se a necessidade de comparações entre as técnicas referenciais, para que sejam comprovadas suas reais atribuições (SAAD et al., 2011; SILVA, 2005).

A estrutura literária que amparou a pesquisa abrangeu os diversos métodos de avaliação do ângulo da curva lombossacral, por meio da radiografia. Tal levantamento demonstrou que os resultados correlativos entre as técnicas propostas, em outros estudos, foram similares em relação aos encontrados na presente pesquisa. Tais constatações se deram através dos altos valores correlativos entre os métodos Cobb₄ T12i-S1s e Cobb₁ L1s-S1s com o valor de $r=0,89$; além do Cobb₄ T12i-S1s e Cobb₂ L1s-L5i apresentando o valor de $r=0,82$. Isso denota a existência de possibilidades da medição pela técnica de Cobb, utilizando medidas distintas. Além disso, avaliações como estas, podem ser empregadas nos casos das imagens radiográficas que apresentaram intervenientes, como borrosidade, granulação ou escurecimento demasiado do filme, em regiões onde se localizam vértebras preponderantes para o diagnóstico. Desta forma, evitando nova exposição do paciente com outras indecências radiográficas.

Esse tipo de associação, na padronização angular, dos métodos radiográficos pode ser observado em estudos como o de Lord et al. (1997). Os autores propuseram investigar a influência de diferentes posições de medição do ângulo de Cobb, e para isso foram testados valores de confiabilidade entre os avaliadores. Entre os ângulos mensurados, propôs-se a marcação das placas terminais de L1s-S1s e L2s-S1s, mudando apenas o referencial anatômico superior. Constatou-se que a diferença dos valores angulares obtidos foi similarmente coincidente ($r=0,85$) como observado na presente pesquisa.

No caso da medida de T12i-S1s, observa-se uma angulação diferenciada, pois sua extensão abrange todas as vértebras lombares e adicionalmente a última torácica e a primeira sacral. Alguns autores ressaltam que, os resultados obtidos com o referido método podem se demonstrar discordantes com os demais, pois a amplitude da área de medição e a característica das vértebras utilizadas como referência interferem diretamente no resultado final das medições (GONÇALVES; PEREIRA, 2008; KOROVISSIS; STAMATAKIS; BAIKOUSIS, 1998; MILANI, 2008).

Na abordagem referente a metodologia da medida angular de Trall, quando relacionada ao método considerado padrão foi possível detectar a existência de correlações fortes e moderadas. Um destes exemplos foi referente à correlação encontrada entre os métodos Trall e Cobb₂ L1s-L5i, com o $r=0,70$. Em uma pesquisa desenvolvida por Harrison et al. (2001) foi concluído que o método Trall não poderia ser relacionado com outros três métodos, pois possui características de avaliação global, diferentemente dos demais testes utilizados no estudo. Corroborando com dada

informação, Lee et al. (2012) constataram que a medida de Trall, possuía os menores coeficientes de correlação interclasse (ICC) nos teste de confiabilidade intra e interavaliadores, quando comparado a teste como centroide, Cobb_{L1-S1}, Cobb_{L1-L5} e posterior tangente.

O método centroide é o mais recente entre os métodos abordados neste estudo e, por este motivo, somente estudos que comprovam a confiabilidade inter e intraobservadores foram encontrados como referencial. Na presente pesquisa foram encontrados valores de correlação moderada ($r=0,69$) para os testes Trall e Centroid. Enquanto que os autores Hong et al. (2010), expuseram que a técnica de Trall apresentou um ICC superior a 0,76, significando o melhor grau de reprodutibilidade obtido dentre os demais testes comparados.

Quanto ao método de posterior tangente, os melhores resultados de correlação obtidos na amostra foram nas comparações entre Cobb_{L2-S1s} e Posterior_{L1-S1}, apresentando um $r=0,62$, e entre o próprio método, utilizando os referenciais vertebrais L1-L5 e L1-S1 detectou-se um $r=0,63$. Para a comparação inter e intra-avaliadores em um estudo realizado com 91 radiografias, encontrou-se $ICC \geq 0,78$ para as medidas realizadas com o método de Cobb L1-S1, L1-L5 e Posterior Tangente L1-S1 (LEE et al., 2012). Coincidentemente, foi avaliada na pesquisa de Hong et al. (2010) resultados similares, quando se comparou os método de Cobb L1-L5 e Posterior Tangente, também nos referenciais anatômicos L1-L5. Os ICC encontrados na amostra de 90 radiografias mensuradas foram superiores a 0,86 demonstrando uma classificação excelente para tais testes. Nos estudos revisados de posterior tangente, foram encontrados apenas estudos que averiguam a confiabilidade entre avaliadores, diferentemente da abordagem empregada no atual estudo.

Os achados correlativos entre os métodos fotogramétricos e radiográficos não expuseram resultados significantes, contudo entre os diferentes métodos aplicados, apenas as radiografias demonstraram evidências fortes e moderadas de correlação.

6.3 CONCORDÂNCIA ENTRE AS MEDIDAS DE FOTOGAMETRIA E RADIOGRAFIA E EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO

Com o intuito de investigar a concordância entre a fotogrametria e a radiografia, e complementar os resultados correlativos encontrados, evidenciaram-se no

presente estudo, valores de viés muito amplos. Segundo Hirakata e Camey (2009), quando o resultado entre dois métodos não apresenta um viés aproximado de zero ou o erro se demonstra sem uma constância sistemática, é descartada a concordância entre os dois métodos. Os autores complementam ainda, que não basta apenas haver correlação entre os métodos e sim a associação da concordância para ser comprovada a hipótese lançada (BLAND; ALTMAN, 1999).

No caso atual foi proposta a verificação da concordância entre o método fotométrico e o radiográfico. Contudo, os resultados obtidos não foram concordantes, pois a variação dos limites de concordância em todas as hipóteses testadas apresentou a angulação superior a 35° , ou seja, valores muito acima de uma perspectiva de comparação entre os dois métodos. Essa angulação não se classifica como segura com base nos achados explicitados na literatura atual. O referencial do limite de erro determinado para as medidas de Cobb varia entre 3 a 5 graus (MORRISSY et al., 1990), já para os demais testes como, centroide, Trall e posterior tangente, os valores referenciais foram $2,53^\circ$ a $4,27^\circ$ (HONG et al., 2010).

Calcularam-se, também, as equações de ajuste por regressão linear, as quais não demonstraram resultados satisfatórios para a determinação do valor angular de uma técnica radiográfica a partir do valor de uma técnica de fotogrametria, pois os métodos angulares justificaram apenas entre 9,1% a 14,4% das variações dos métodos de Cobb radiográficos.

As variáveis que possivelmente apresentam grandes influências nos resultados entre as medidas fotométricas e radiográficas serão mencionadas logo abaixo.

O primeiro ponto bastante agravante é em relação à dificuldade de detecção das variações dos corpos vertebrais. Como a medição através da fotogrametria utiliza somente o método de anatomia palpatória para a execução da técnica, torna-se impraticável a verificação das imperfeições das superfícies vertebrais, ou suas inclinações demasiadas. Além disso, a utilização do marcador proeminente, não transmitiu as imperfeições, conferindo sempre uma imagem irreal da condição das vértebras. Esse mesmo fato pode ser observado no estudo de Saad et al. (2012), os autores salientam que os métodos que envolvem a imagem digital, estão suscetíveis as variações orgânicas de cada indivíduo e complementam ainda que a influência de qualquer desequilíbrio muscular expressado no momento da captura da imagem pode estar diretamente relacionada com a variabilidade das medidas.

Além desse interveniente, observa-se a influência da irregularidade dos processos espinhosos, ao longo do processamento das imagens, notou-se a existência da diferença de inclinação entre os processos espinhosos. Isso denota uma grande variável no momento de fixação dos marcadores, pois o único referencial proeminente e passível de palpação são estas estruturas. Como o presente estudo, os autores Gadotti e Magee (2012) buscaram informações mais precisas, quanto à exatidão de marcação dos pontos anatômicos através da anatomia palpatória. Ademais, o estudo previu validar esse padrão de demarcação, também através de fotogrametria, especificamente dos processos espinhosos da coluna cervical. Para que essa validação ocorresse, foi empregado o teste padrão ouro, que se deu igualmente pelo exame diagnóstico de radiografia. Os resultados obtidos através deste estudo demonstraram resultados concordantes de 87,5% com erros variantes entre 1,3% a 12,5% para as medidas de cada vértebra cervical.

Outro interveniente que possivelmente prejudicou a hipótese de correlação entre o método de imagem digital e radiografia foram os tecidos ligados a coluna lombossacral. Entre a composição dos tecidos moles presentes na região lombossacral que puderam causar mais influência, encontram-se os músculos Psoas Maior e sua fáscia, que se origina a partir dos corpos vertebrais de T12 até L5 e se insere no trocanter menor do fêmur (SOBOTTA, 2000). O músculo quadrado lombar, apesar de se localizar mais lateralmente, também faz parte do conteúdo muscular envolvido na região lombossacral. Os eretores da coluna, que ficam mais externamente posicionados, se dispõem em porções do lado direito e o esquerdo dos processos espinhosos. Além dos músculos, encontra-se ainda a fáscia toracolombar anterior e posterior, o ligamento supra-espinhal e o tecido adiposo. Quando se trata da escala de dificuldade para desempenhar a palpação do processo espinho, citam-se as estruturas fáscia toracolombar posterior, ligamento supraespinhal, os músculos eretores da coluna e o tecido adiposo (MOORE; DALLEY, 2007). Concordantes com dadas dificuldades foram relatados nos achados de Furlanetto et al. (2011) diferenças estatisticamente significativas para a maioria dos processos espinhosos, quando submetidos à comparação entre a técnica palpatória e radiográfica. Esse fato reforça a constatação do nível de dificuldade conferido à aplicação da técnica de anatomia palpatória.

Embora existam ainda outros fatores interventores influentes na discordância entre o exame radiográfico e de fotogrametria, deve-se ressaltar um agravante para ambos os métodos. Trata-se da grande variabilidade de inclinação da primeira vértebra sacral. Na atual pesquisa, detectou-se uma inclinação média de $33,78 \pm 8,90^\circ$, com valor

mínimo de 12,84 e o máximo de 60,73. Visto tais inclinações sacrais, nota-se que a influência prejudica a obtenção do valor angular no exame fotométrico, pois não há possibilidade de se observar a quão inclinada está essa determinada vértebra. Tal ocorrido foi evidenciado no estudo de Henneman; Antoneli e Oliveira (2012), os quais previram aplicar uma equação para a determinação da influência de incidência pélvica sobre o equilíbrio sagital da coluna vertebral. Entre as variáveis estudadas, a inclinação sacral apresentou-se altamente determinante na predição dos acometimentos presentes na coluna.

Portanto, concluiu-se que os resultados revelados pela análise estatística de concordância entre os métodos radiográficos e fotogramétricos não se demonstraram concordantes em nenhuma das hipóteses lançadas.

6.4 CONCORDÂNCIA ENTRE OS MÉTODOS APLICADOS NAS RADIOGRAFIAS E EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO

No que se referiu aos resultados de concordância obtidos através dos métodos aplicados nas radiografias, constatou-se que a amplitude do intervalo de concordância entre todos os pares de testes radiográficos analisados apresentaram seus limites inferiores e superiores muito amplos. Esse fato é ressaltado, pois em um estudo direcionado a observação da tolerância angular para medição de Cobb, foi revelado que o erro limite pode variar entre 3 a 5 graus (MORRISSY et al., 1990). Já a angulação limite de erro para os testes de centroide, Trall, e posteriores tangentes, é entre 2,53° a 4,27° segundo Hong et al. (2010).

O viés, ou seja, a média da diferença entre os valores dos dois métodos comparados indica a necessidade ou não de correção numérica caso os métodos se apresentarem concordantes através da análise do intervalo dos limites de concordância superior e inferior. No caso da medida entre os testes de Cobb₄ x Posterior L1-S1 e Centroide x Trall, esses vieses apresentaram-se nulos estatisticamente. Contudo, a partir do cálculo das equações preditivas através de regressão linear, os pares apresentaram moderada correlação ($r=0,618$ e $r=0,697$) e os intervalos dos limites de concordância apresentaram grande magnitude (41,57° e 35,32°, respectivamente), o que indica a discordância dos testes.

A discordância entre os métodos, inclusive dos métodos Cobb, pode se justificar ainda pela alternância da localização do ponto de inflexão entre as curvas torácica e lombar e também pela variação da influência de cada corpo vertebral e disco intervertebral na curva lombossacral.

No caso da primeira hipótese alçada, como justificativa da baixa concordância entre os métodos radiográficos, pode-se dizer que a influência do ponto de inflexão interfere na detecção do início e do final da curvatura lombossacral. Além disso, com esses critérios seria possível a determinação de testes mais adequados para a medição dos graus de uma patologia como a lordose lombar, por exemplo. Isso começou a ser evidenciado recentemente, em alguns levantamentos feitos por Campos (2010), privilegiou-se analisar onde se localizava o ponto de inflexão, também denominado, em seu estudo, como Junção Tóraco Lombar Geométrica (JTLG), para o auxílio da determinação dos pontos anatômicos na anatomia palpatória.

Como segundo interveniente principal nos resultados de concordância, é mencionada a grande variação de formato dos corpos vertebrais. Por causa da grande variabilidade de funções e sobrecargas dos diferenciados grupos de vértebras (vértebras cervicais, torácicas, lombares e sacrococígeas), as deformações funcionais são eminentes (SOBOTTA, 2000). Por esse motivo, diversos pesquisadores questionam as divergências entre os resultados obtidos através daquelas técnicas que são dependentes do formato do corpo vertebral (CHEN e LEE, 1997; HARRISON et al., 2001; HONG et al., 2010). Neste contexto, que o autor Chen (1999), previu desenvolver a técnica de centroide, que teve como intuito primordial o desenvolvimento de uma técnica que não considerasse as imperfeições geradas nas extremidades das vértebras, mas sim o centro de cada uma.

Por fim, entre as variáveis determinantes no processo de identificação da concordância entre os métodos, o fator de inclinação da estruturara sacral foi levantado. Estudos voltados para determinação da influência da inclinação do sacro na coluna vertebral revelaram que a média de inclinação deste apanhado de vértebras conclusivamente interfere nas anteroversões e retroversões e até no aumento da curvatura lombar (BERTHONNAUD; DIMNET; HILMI, 2009). Corroborando com isto, o estudo de Barrey et al. (2007) revela através de um estudo retrospectivo, que grande parte dos acometimentos gerados na coluna vertebral lombar, são providos, da verticalização do osso sacro.

Diante dos intervenientes relatados, propôs-se complementarmente, averiguar as demais variáveis que possam ter influenciado nos dados encontrados nos testes de concordância entre as radiografias.

Vista a necessidade de se encontrar uma classificação que determine os padrões angulares para cada teste de avaliação angular da coluna lombar, em uma população heterogênea (homens e mulheres), com faixa etária entre 18 a 35 anos, propôs-se uma categorização dos referidos valores através dos intervalos entre as médias e os desvios-padrão obtidos. Nesta categorização separou-se nas seguintes classes: muito abaixo, moderadamente abaixo, média, moderadamente acima e muito acima. Diante destes resultados foi analisado, através do emprego da estatística Kappa, o grau da concordância entre as categorias dos valores dos métodos e também os classificando como: pobre, leve, razoável, moderada, forte, quase perfeita.

Essa mesma forma de classificação, utilizando-se do teste estatístico Kappa, foi empregada para quantificação da influência que cada patologia detém sobre a estrutura da coluna lombar, através de exames diagnósticos concedidos por meio de ressonância magnética. A partir dos resultados fornecidos, pode-se detectar qual tipo de acometimento foi mais presente na amostra estudada. Contudo, não foi possível precisar a etiologia dos problemas, como era esperado no estudo (ALMEIDA-MATOS; SANTOS-GUSMÃO, 2008).

Deste modo foi observado que no atual estudo, os índices que se apresentaram mais fortemente concordantes foram os ângulos dos métodos Cobb1 e Cobb2 (0,634), isso pode ser explicado devido à proximidade dos pontos referencias utilizados para as medições. Além de a fundamentação geométrica ser similarmente coincidente entre as duas técnicas

6.5 DETERMINAÇÃO DO PONTO DE INFLEXÃO DA CURVATURA TORACOLOMBAR E PROPOSTA DE APLICAÇÃO DOS MÉTODOS RADIOGRÁFICOS

A identificação do ponto de inflexão da coluna toracolombar e suas influências não se apresentam amplamente difundidos no âmbito de estudo voltado a estrutura da coluna vertebral, embora existam trabalhos investigativos, como o proposto por Singer, Jones e Breidahl (1990). O objetivo do referido estudo previu determinar o ponto de

inflexão na coluna torácica e lombar em 286 radiografias sagitais, e juntamente a isso, determinar a confiabilidade, com o coeficiente de variação, entre as medidas do ângulo de Cobb nas imagens radiográficas digitalizadas e no método tradicional. Os resultados apontados na pesquisa demonstraram que o ponto de inflexão entre as vértebras T10 e T12 foram mais constantes. Corroborando com esse fato, o presente estudo demonstrou que o ponto de inflexão na amostra estudada, se apresenta predominantemente (38,5%) localizado na vértebra T12. No entanto, o ponto que se apresentou secundariamente mais frequente foi na vértebra L1 com 25,0% da amostra total.

Outras evidências a respeito de estudos que preconizaram o conhecimento do ponto de inflexão no sistema articular da coluna vertebral demonstraram que, além de se determinar, com maior precisão o início da curvatura lombar, esse ponto pode auxiliar na análise quantificada da curvatura lombar em dois planos simultaneamente (coronal e sagital) exatamente na denominada Junção Toracolombar Geométrica (JTLG), como é abordado na pesquisa de Campos (2010).

Complementarmente, indicaram-se quais técnicas de análise da curvatura lombossacral são mais adequadas a partir da identificação do ponto de inflexão toracolombar, conforme a Tabela 12 apresentada na seção de resultados.

Sugerem-se os métodos mais apropriados conforme as vértebras que são abrangidas para mensuração do ângulo lombar. Estipulou-se, então, que para os pontos de inflexão presentes acima da vértebra T12, deve ser aplicado o teste angular de Trall. Já para os pontos de inflexão encontrados entre a T12 e a L1, podem ser recomendados para demarcação os métodos $Cobb_1_{L1s-S1s}$; $Cobb_2_{L1s-L5i}$; e Posterior tangente $L1-L5$. No caso da segunda vértebra lombar, indica-se o método de $Cobb_3_{L2s-L1s}$. Por fim, em todos os avaliados que apresentarem o ponto de inflexão abaixo da vértebra L2 recomenda-se o método centroide, por apresentar a viabilidade de mensuração em qualquer ponto de inflexão.

Para constatar a efetividade da influência do ponto de inflexão, verificou-se a correlação entre as técnicas indicadas para a mesma localização do ponto de inflexão. Apenas para as vértebras T12 e L1 foram indicadas mais de uma técnica, as quais apresentaram correlação moderadas a forte entre si.

Estes dados revelam novas descobertas para o aprimoramento das análises referentes aos testes diagnósticos através de laudos radiográficos. Por meio desta indicação mais precisa das técnicas que mensuram a concavidade lombar em toda sua

extensão, serão priorizados e respeitados os fatores de diversidade biológica presente em cada indivíduo.

7 CONCLUSÃO

Apesar dos baixos valores de concordância encontrados entre os métodos radiográficos, foram constatados coeficientes de correlação forte entre: $Cobb_4_{T12i-S1s}$ e $Cobb_1_{L1s-S1s}$ (0,893), $Cobb_4_{T12i-S1s}$ e $Cobb_2_{L1s-L5i}$ (0,820), $Cobb_3_{L2s-S1s}$ e $Cobb_1_{L1s-S1s}$ (0,810). Tais resultados indicam a existência de correlações significativas, pois empregam o mesmo padrão geométrico de traçado, além de que utilizam referenciais anatômicos dos corpos coincidentes.

Quanto ao desenvolvimento do novo protocolo de medição da curvatura lombossacral e sua comparação com os protocolos radiográficos foram detectadas correlações positivas varando entre moderadas e fracas. Embora o estudo não tenha alcançado correlações fortes, foi possível identificar que o método $Trall_{Foto}$ apresentou melhores resultados. Entre as contribuições desta pesquisa, destaca-se a criação do marcador metálico, o qual foi desenvolvido com a finalidade de referenciar o ponto de projeção e demarcação do ângulo lombossacral e, além disso, colaborar para a criação do novo protocolo de medição por imagem digital.

Os fatores que possivelmente influenciaram os resultados estatísticos revelados, podem ter ocorrido devido aos pontos angulares utilizados para aplicação da técnica. Por exemplo, no caso das medidas com a técnica de $Trall_{Foto}$, utilizou-se como referencial o ponto diretamente na pele, apenas indicado pelo marcador metálico. Por esse motivo, se levante a hipótese de que as influências de projeção causadas pelo marcador, não interfeririam a medição neste caso. Já no caso da medida realizada com $Cobb_{Foto}$, o interveniente maior de incoerência entre os testes, pode ter ocorrido em decorrência do próprio marcador, pois a medida angular desenvolvida é gerada a partir do delineamento dos platôs dos marcadores. Por serem fixados na pele, os marcadores sofrem influência de diversas estruturas presentes na região lombossacral, entre elas destacam-se o tecido adiposo, a grande cadeia muscular superficial, os músculos mais intrínsecos, entre outros mecanismos (inspiração e expiração) que podem afetar o bom alinhamento do marcador.

Além da identificação de correlação entre o novo protocolo e as técnicas radiográficas, promoveu-se através deste trabalho, uma classificação categórica a partir da distribuição dos valores angulares obtidos em todas as técnicas. Embora uma grande revisão de literatura tenha sido feita para a abordagem da medição da curvatura

lombossacral, não foi possível identificar os valores referenciais indicados para cada teste. A partir deste fato, será possível uma melhor classificação, para cada teste, dos valores angulares obtidos, padronizando, assim, os resultados encontrados na população brasileira.

Em decorrência da divisão categórica, identificou-se dentro do proposto estudo, a necessidade da determinação do ponto de inflexão entre a coluna torácica e lombar. A averiguação desta variável foi sugerida a partir da necessidade de identificação da região de transição entre as duas curvas, que apresentam características divergentes entre si. Por este motivo, notou-se que o grau de concavidade está relacionado a esta variável e através deste ponto torna-se possível direcionar o método mais efetivo, ou seja, aquele que é mensurado utilizando o referencial concordante com o ponto de inflexão. Outra variável importante trata da preservação da individualidade biológica, através da revisão de literatura, percebeu-se que há uma padronização da mensuração da curva lombossacral, utilizando-se apenas de um método de mensuração angular (Cobb T_{12-L5}), sem haver uma atenção dedicada às diferenças estruturais entre indivíduos.

Pode-se concluir que a diversidade de referências anatômicas utilizadas nas técnicas estudadas deve ser considerada no momento da escolha daquela a ser aplicada em determinado paciente, dependendo do posicionamento ponto de inflexão toracolombar, pois o conhecimento de sua localização permite a escolha da técnica a ser empregada com mais exatidão.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ABRAHAMS, P. H.; MARKS, S. C.; HUTCHINGS, R. T. **Atlas Colorido de Anatomia Humana de McMinn**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

ALMEIDA-MATOS, M.; SANTOS-GUSMÃO, M. Valor Diagnóstico da Ressonância Magnética na Avaliação da Dor Lombar. **Revista de Salud Pública**, v. 10, p. 105-112, 2008.

ARAÚJO, T. H. P. et al. Posicionamento da pelve e lordose lombar em mulheres com incontinência urinária de esforço. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 17, n. 2, p. 130-135, 2010.

BARREY, C. et al. Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. **European Spine Journal**, v. 16, n. 9, p. 1459-1467, 2007.

BERTHONNAUD, E.; DIMNET, J.; HILMI, R. Classification of pelvic and spinal postural patterns in upright position. Specific cases of scoliotic patients. **Computerized Medical Imaging and Graphics**, v. 33, p. 634-643, 2009.

BIERMA-ZEINSTRA, S. M. A. et al. Measuring the Sacral Inclination Angle in Clinical Practice: Is There an Alternative to Radiographs? . **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 24, n. 8, p. 505-508, 2001.

BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Measuring agreement in method comparison studies. **Statistical Methods in Medical Research**, v. 8, p. 135-160, 1999.

BLONDEL, B. et al. Sacro-femoral-pubic angle: a coronal parameter to estimate pelvic tilt. **European Spine Journal**, v. 21, n. 4, p. 719-24, 2011.

BUSHONG, S. C. **Ciência Radiológica para Tecnólogos**. 9ª. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

CAMPOS, M. H. **Sistema de análise de movimento para avaliação da postura vertebral durante a corrida no teste de esforço máximo incremental**. 2010. 159 (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CHANG, M. S. et al. Predicting the outcome of selective thoracic fusion in false double major lumbar C cases with five-to twenty-four-year follow-up. **Spine**, v. 35, n. 24, p. 2128-2133, 2010.

CHEN, Y. Vertebral Centroid Measurement of Lumbar Lordosis Compared With the Cobb Technique. **Spine**, v. 24, n. 17, p. 1786-1790, 1999.

CHEN, Y. L.; LEE, Y. H. A non-invasive protocol for the determination of lumbosacral vertebral angle. **Clinical Biomechanics**, v. 12, p. 185-189, 1997.

CHERNUKHA, K. V.; DAFFNER, R. H.; REIGEL, D. H. Lumbar lordosis measurement: a new method versus Cobb technique. **Spine**, v. 23, n. 1, p. 74-80, 1998.

COHEN, B. J.; WOOD, D. L. **O corpo humano na saúde e na doença**. 9ª. São Paulo: Manole, 2002.

COMERLATO, T. **Avaliação da postura corporal estática no plano frontal a partir de imagem digital**. 2007. 73 (Mestrado). Escola de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

COX, J. M. **Dor Lombar: mecanismo, diagnóstico e tratamento**. 6ª. São Paulo: Manole, 2002.

CUNHA, A. N. L. M. D.; ROCHA, L. E. M. D.; CUNHA, L. A. M. D. Método de Cobb na escoliose idiopática do adolescente: avaliação dos ângulos obtidos com goniômetros articulados e fixos. **COLUNA/COLUMNA**, v. 8, n. 2, p. 161-170, 2009.

CYRINO, E. S. et al. Comparação Entre a adiposidade Subcutânea dos hemicorpos direito e Esquerdo. **Revista brasileira de medicina de esporte**, v. 15, n. 6, p. 446-449, 2009.

DANCEY, C. P.; REIDY, J. **Statistics Without Maths for Psychology**. 5ª. Harlow: Prentice Hall, 2011.

DAWSON, A. P. et al. Fear of movement, passive coping, manual handling, and severe or radiating pain increase the likelihood of sick leave due to low back pain. **Pain**, v. 152, p. 1517-1524, 2011.

EBRAHEIM, N. A. et al. Functional Anatomy of the Lumbar Spine. **Seminars in Pain Medicine**, v. 2, n. 3, p. 131-137, 2004.

ELLA, B. et al. A New Look at the Geometry of the Lumbar Spine. **Spine**, v. 35, n. 20, p. E1014-E1017, 2010.

FERNAND, R.; FOX, D. E. Evaluation of lumbar lordosis. A prospective and retrospective study. **Spine**, v. 10, n. 9, p. 799-803, 1985.

FERREIRA, D. M. A. **Estudo clínico da mensuração da gibosidade e suas correlações com medidas radiológicas na escoliose idiopática**. 1999. 94 (Mestrado). Bioengenharia, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

FURLANETTO, T. S. et al. Pontos marcados na superfície da pele representam os processos espinhosos quando a postura é modificada? **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 18, n. 2, p. 133-138, 2011.

GADOTTI, I. C.; MAGEE, D. Validity of surface markers placement on the cervical spine for craniocervical posture assessment. **Manual Therapy**, v. Article in Press, p. 1-5, 2012.

- GLANER, M. F. Índice de massa corporal como indicativo da gordura corporal comparado às dobras cutâneas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, n. 4, p. 234-246, 2005.
- GONÇALVES, G. B.; PEREIRA, J. S. Avaliação radiológica dos valores angulares das curvaturas lombo-lombar e lombo-sacra em adolescentes **Acta Fisiatrica**, v. 15, n. 2, p. 92 - 95, 2008.
- GRAY, H. **Anatomia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.
- GREENMAN, P. E. **Princípios da medicina manual**. 2ª. São Paulo: Manole, 2001.
- HAHN, P. T.; ULGUIM, C. B.; BADARAÓ, A. F. V. Estudo retrospectivo das curvaturas da coluna vertebral e do posicionamento pélvico em imagens radiográficas. **Saúde (Santa Maria)**, v. 37, n. 1, p. 31-42, 2011.
- HARRISON, D. E. et al. Radiographic Analysis of Lumbar Lordosis: Centroid, Cobb, TRALL, and Harrison Posterior Tangent Methods. **Spine**, v. 26, n. 11, p. E235–E242, 2001.
- HENNEMAN, S. A.; ANTONELI, P. H. L.; OLIVEIRA, G. C. D. Incidência Pélvica: um parâmetro fundamental para definição do equilíbrio sagital da coluna vertebral. **COLUNA/COLUMNA**, v. 11, p. 237-239, 2012.
- HINTON, R. P. et al. **SPSS Explained**. London and New York: Routledge, 2004.
- HIRAKATA, V. N.; CAMEY, S. A. Análise de concordância entre métodos de Bland-Altman. **Revista Hospital de Clínicas de Porto Alegre**, v. 29, n. 3, p. 261-268, 2009.
- HONG, J. Y. et al. Reliability analysis for radiographic measures of lumbar lordosis in adult scoliosis: a case–control study comparing 6 methods. **European Spine Journal**, v. 19, p. 1551–1557, 2010.
- HWANG, J. H. et al. Reliability of Lumbar Lordosis Measurement in Patients With Spondylolisthesis. **Spine**, v. 35, n. 18, p. 1691–1700, 2010.
- IUNES, D. H. et al. Análise comparativa entre avaliação postural visual e por fotogrametria computadorizada. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 13, n. 4, p. 308-315, 2009.
- KISSEBAH, A. H. et al. Relation of body fat distribution to metabolic complications of obesity. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 54, n. 2, p. 254–260, 1982.
- KOROVESSIS, P. G.; STAMATAKIS, M. V.; BAIKOUSIS, A. G. Reciprocal Angulation of Vertebral Bodies in the Sagittal Plane in an Asymptomatic Greek Population. **Spine**, v. 23, n. 6, p. 700-704, 1998.

KWOK, A. W. L. et al. Morphological Changes of Lumbar Vertebral Bodies and Intervertebral Discs Associated With Decrease in Bone Mineral Density of the Spine. **Spine**, v. 37, n. 23, p. 1415–1421, 2012.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.

LAW, M. W. K. et al. Intervertebral disc segmentation in MR images using anisotropic oriented flux. **Medical Image Analysis**, v. 17, p. 43–61, 2013.

LE HUEC, J. C. et al. Equilibrium of the human body and the gravity line: the basics. **European Spine Journal**, p. 1-6, 2011.

LEE, S. L. et al. Radiographic measurement reliability of lumbar lordosis in ankylosing spondylitis. **European Spine Journal**, p. 1-6, 2012.

LORD, M. J. et al. Lumbar Lordosis: Effects of Sitting and Standing. **Spine**, v. 22, n. 21, p. 2571-2574, 1997.

MAGER, D. R. et al. Anthropometric measures of visceral and subcutaneous fat are important in the determination of metabolic dysregulation in boys and girls at risk for nonalcoholic fatty liver disease. **Nutrition in Clinical Practice**, v. 28, n. 1, p. 101-111, 2013.

MAIGNE, J. Y.; DOURSOUNIAN, L.; CHATELLIER, G. Causes and Mechanisms of Common Coccydynia: Role of Body Mass Index and Coccygeal Trauma. **Spine**, v. 25, n. 23, p. 3072-3079, 2000.

MILANI, G. B. **Correlação entre o ângulo de curvatura da lordose lombar e o grau de Lipodistrofia Ginóide (celulite) em mulheres assintomáticas**. 2008. 78 (Mestrado). Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MOORE, K. L.; DALLEY, A. F. **Anatomia orientada para a clínica**. 5ª. Rio de Janeiro: Guanabara koogan, 2007.

MORRISSY, R. T. et al. Measurement of the Cobb angle on radiographs of patients who have scoliosis. Evaluation of intrinsic error. **Journal of Bone and Joint Surgery - Series A**, v. 72, n. 3, p. 320-327, 1990.

MORVAN, G. et al. Standardized way for imaging of the sagittal spinal balance. **European Spine Journal**, v. 20, n. 5, p. S602–S608, 2011.

NASTO, L. A. et al. Genotoxic stress accelerates age-associated degenerative changes in intervertebral discs. **Mechanisms of Ageing and Development**, v. 134, n. 1–2, p. 35-42, 2013.

NESS, A. Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. WHO Technical Report Series 916. Report of a Joint WHO/FSA Expert Consultation. **International Journal of Epidemiology**, v. 33, n. 4, p. 914-915, 2004.

NEUMANN, D. A. **Cinesiologia do aparelho musculoesquelético: fundamentos para a reabilitação**. Elsevier, 2011. 768

OJOAWO, A. O.; OLOAGUN, M. O. B.; BAMIWOYE, S. O. Relationship between pain intensity and anthropometric indices in women with low back pain -A Cross-Sectional Study. **Journal of Physical Therapy**, v. 3, n. 2, p. 45-51, 2011.

OLIVEIRA, M. A. M. D. et al. Relation between Anthropometric Indicators and Risk Factors for Cardiovascular Disease. **Arquivos brasileiros de cardiologia**, v. 94, n. 4, p. 478-485, 2010.

OMS. **Necessidades de energia e de proteínas: Series de relatos técnicos 724**. Rio de Janeiro: Roca, 1998.

PEZZAN, P. A. D. O. et al. Postural assessment of lumbar lordosis and pelvic alignment angles in adolescent users and nonusers of high-heeled shoes. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 34, n. 9, p. 614-620, 2011.

PINTO, R. Z. et al. Bilateral and unilateral increases in calcaneal eversion affect pelvic alignment in standing position. . **Manual Therapy**, v. 13, p. 513-519, 2008.

POLLY, D. W. J. et al. Measurement of lumbar lordosis. Evaluation of intraobserver, interobserver, and technique variability. **Spine**, v. 21, n. 13, p. 1530-1536, 1996.

REZENDE, F. A. C. et al. Índice de Massa Corporal e Circunferência Abdominal: Associação com Fatores de risco Cardiovascular. **Arquivos brasileiros de cardiologia**, v. 87, n. 6, p. 728-734, 2006.

RICIERI, D. V.; COSTA, J. R.; FILHO, N. A. R. Impacto da asma sobre a postura corporal de crianças entre 8 e 14 anos analisadas pela Biofotogrametria. **Acta Fisiátrica**, v. 15, p. 214-219, 2008.

RICIERI, D. V.; FILHO, N. A. R. Efetividade de um modelo fotogramétrico para a análise da mecânica respiratória toracoabdominal na avaliação de manobras de isovolume em crianças. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 35, n. 2, p. 145-152, 2009.

SAAD, K. R. **Confiabilidade e validade da fotogrametria na avaliação das curvaturas da coluna nos planos frontal e sagital em portadores de escoliose idiopática do adolescente**. 2008. 103 (Mestrado). Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SAAD, K. R. et al. Reliability of photogrammetry in the evaluation of the postural aspects of individuals with structural scoliosis. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. Article in press, p. 1-7, 2011.

_____. Reliability of photogrammetry in the evaluation of the postural aspects of individuals with structural scoliosis. **Journal of Bodywork & Movement Therapies**, v. 16, p. 210-216, 2012.

SACCO, I. C. N. et al. Confiabilidade da fotogrametria em relação à goniometria para avaliação postural de membros inferiores. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 11, n. 5, p. 411-417, 2007.

SACCO, I. C. N. et al. Effect of image resolution manipulation in rearfoot angle measurements obtained with photogrammetry. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 45, n. 9, p. 806-810, 2012.

SILVA, F. C. **Avaliação de um programa computacional para a medida da lordose lombar** 2005. 71 (Mestre). Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SINGER, K. P.; JONES, T. J.; BREIDAHN, P. D. A comparison of radiographic and computer-assisted measurements of thoracic and thoracolumbar sagittal curvature. **Skeletal Radiology**, v. 19, n. 1, p. 21-26, 1990.

SINGH, D. K. A.; BAILEY, M.; LEE, R. Y. W. Ageing modifies the fibre angle and biomechanical function of the lumbar extensor muscles. **Clinical Biomechanics**, v. 26, n. 6, p. 543-547, 2011.

SOBOTTA, J. **Atlas de Anatomia Humana Sobotta**. Guanabara Koogan, 2000.

THOMAS, K. S.; VANLUNEN, B. L.; MORRISON, S. Changes in postural sway as a function of prolonged walking. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 2, p. 497-508, 2012.

THOMAS, R. J.; NELSON, K. J. **Métodos de pesquisa em atividade física**. 3. Porto Alegre: Artmed, 2004.

VACARI, D. A. et al. Evaluation of pelvis slope and flattening on children gymnasts by biophotogrammetry technique. 34th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2012. San Diego. p.1948-1951.

WU, H. L. et al. Prevalence of Vertebral Endplate Modic Changes in Degenerative Lumbar Scoliosis and Its Associated Factors Analysis **Spine**, v. 37, n. 23, p. 1958-1964, 2012.

ZORZI, R.; STARLING, I. G. **Corpo Humano: órgãos, sistemas e funcionamento**. São Paulo: Senac, 2010.

APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS E ANIMAIS EXPERIMENTAIS

CEP-UNIANDRADE/PR

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado a participar da pesquisa:

Validação do valor referencial angular entre os segmentos da curvatura da coluna lombar e quadril, através de análise postural por imagem e radiografia.

Sua participação não é obrigatória, o objetivo deste estudo é identificar valores referenciais angulares para as regiões de curvatura lombar e quadril em jovens brasileiros de 18 a 35 anos, por meio de avaliação por imagem digital e radiográfica.

Sua participação nesta pesquisa consistirá em, responder a um questionário sobre dados pessoais e histórico médico. Depois, a pesquisadora irá medir sua estatura e sua massa corporal. Quando vestir a roupa apropriada para o teste a pesquisadora colocará marcadores adesivos brancos de fácil remoção sobre sua pele. Em seguida, ela solicitará que permaneça na posição ortostática (em pé), posicionado (a) frontalmente à câmera. As capturas das imagens serão feitas e seguidamente armazenadas.

Após o procedimento de coleta de imagem digital, será solicitado o seu posicionamento frontal e lateral (hemicorpo direito), em frente a uma estrutura denominada Chassi. Desta forma será captada, a imagem radiográfica.

Os benefícios relacionados em sua participação enquanto sujeito da pesquisa, é de fomentar o estudo de um novo teste de avaliação postural utilizando ferramentas não invasivas, permitindo verificar se os resultados apresentam elevada confiabilidade, o que possibilitará, futuramente, avaliar precisamente as influências e causas de acometimentos posturais.

Os dados referentes à sua pessoa serão confidenciais e asseguramos o sigilo de sua participação.

Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação, pois serão por números e letras preservando sua privacidade e anonimato.

Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone da pesquisadora. Seu nome é Daiane Aparecida Vacari, sob a supervisão da Profª Eduardo Borba Neves, telefone de contato (41) 8484 8005.

Considerando os dados apresentados, **CONFIRMO** estar sendo informado por escrito e verbalmente dos objetivos deste estudo científico.

Eu não receberei nenhuma remuneração e nem terei que pagar para fazer parte da pesquisa.

Eu, _____

Idade: _____ Sexo: _____ Naturalidade: _____ portador (a) do documento RG nº _____ UF: _____, declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

Curitiba, ____ de _____ de 2012.

Assinatura do participante

Assinatura do pesquisador

APÊNDICE B - Relatório Individual

Código do Voluntário: V _____ (número por ordem de avaliação)

DADOS PESSOAIS

Data: ____/____/____

Nome: _____

Sexo: () masculino () feminino

Idade: _____ cor da pele: () branca () parda () amarela () negra

Telefone:() _____

Endereço: _____

Escolaridade: _____

Estado civil: _____

Profissão: _____

Peso (kg): _____ Altura (cm): _____

Pratica atividade física () sim () não

Se sim, qual? _____

Quantas vezes por semana?

() 1 vez () 2 vezes () 3 vezes () 4 vezes () 5 vezes () 6 vezes () 7 vezes

Sua atividade física inclui exercícios de flexibilidade? () sim () não

IDENTIFICAÇÃO DE DOR OU PATOLOGIA NA REGIÃO LOMBAR OU QUADRIL.

Você tem algum tipo de doença ou dor na região quadril ou região lombar?

() sim () não

Se sim, ela é: () aguda () crônica

Há quanto tempo: _____

Local: _____

DADOS DO TESTE

Marcadores devidamente colocados ()

Fotografia da postura ()

Radiografia ()