

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

VALIDAÇÃO DE UM SISTEMA DE ESCANEAMENTO 3D PARA AVALIAÇÃO DAS
CURVATURAS DA COLUNA VERTEBRAL DE CRIANÇAS EM DIFERENTES PERFIS
NUTRICIONAIS

Juliana Adami Sedrez

Porto Alegre

2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

VALIDAÇÃO DE UM SISTEMA DE ESCANEAMENTO 3D PARA AVALIAÇÃO DAS
CURVATURAS DA COLUNA VERTEBRAL DE CRIANÇAS EM DIFERENTES PERFIS
NUTRICIONAIS

Juliana Adami Sedrez

Dissertação de mestrado submetida ao
Programa de Pós-Graduação em Ciências do
Movimento Humano da Escola de Educação
Física da Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

Orientador

PROF^a. DR^a. CLÁUDIA TARRAGÔ CANDOTTI

Porto Alegre

2013

AGRADECIMENTOS

- Em primeiro lugar agradeço à **Deus**, pois sem ele não estaria aqui, por suprir todas as minhas necessidades e por me amparar nos momentos difíceis;
- aos meus pais, **Djalma e Maria Helena**, por me darem o dom mais precioso: a Vida. Mas, não se contentando com isso, preencheram a minha existência de amor, carinho e dedicação. Por me transmitirem os ensinamentos que norteiam a minha vida até hoje e por sempre me incentivarem a buscar os meus sonhos. À minha mãe, mesmo que não mais presente, pelo exemplo de vida e garra. Ao meu pai, em especial, por entender a ausência nesses dois anos e me incentivar sempre;
- ao meu noivo, **Felipe** pelo amor e dedicação, por ter paciência nos momentos mais difíceis durante o mestrado e por tornar meus dias mais felizes;
- à minha tia **Loe**, por me receber em sua casa como uma filha, pela atenção e companhia durante os meus dias em Porto Alegre. Sem essa ajuda a concretização do mestrado se tornaria bem mais difícil;
- à minha sogra, **Cris**, minha segunda mãe, que me adotou com tanto carinho;
- aos meus colegas de Grupo que contribuíram muito na execução desse trabalho e em especial pelo momentos que passamos juntos, **Kaanda, Fabi, Matias, Mariana, Bel, Fê, Bárbara, Bruna, Laís, Grace e Eduardo**.
- em especial, às minhas bolsistas, **Fê e Bel**, que me auxiliaram diretamente na realização desse estudo e que não mediram esforços durante a coleta. Muito obrigada!
- aos colegas da Eset/UFRGS, **Marcelo La Torre, Lara, Débora, Ju Vanassi, Gui e Kati** pelo carinho e apoio;
- ao **Programa de pós-graduação em Ciência do Movimento Humano da UFRGS**, na pessoa de seus professores e funcionários, pelo comprometimento na formação dos alunos;
- aos membros da banca examinadora, **Prof^ª. Dr^ª. Flávia Gomez Martinez, Prof. Dr. Flávio Antônio de Souza Castro e a Prof^ª. Dr^ª. Isabel Sacco**, pela atenção dispensada na avaliação final deste trabalho;
- ao **Prof. Dr. Jefferson Fagundes Loss**, por contribuir de forma fundamental para a realização desse trabalho, por auxiliar nas discussões e por suas valiosas sugestões;
- e à minha orientadora **Prof^ª Dr^ª. Cláudia Candotti**, por ter acreditado e confiado em uma “menina do interior” e ter me possibilitado estudar em uma instituição de referência no Brasil. Por ter me permitido tantas vivências em pesquisa e por ter me ensinado que conhecimento se produz. Além disso, por ter sido “orientadora de verdade”, por ter se preocupado com a qualidade do estudo desde o seu projeto e por ter dedicado horas na correção dessa versão final;
- em fim, obrigado a todos que de alguma maneira contribuíram para que a conclusão dessa etapa se tornasse possível. Mas... “esse não é o fim da estrada, mas sim uma **linda paisagem** do caminho!”

RESUMO

A presente dissertação de mestrado teve como objetivo verificar a validade concorrente, a repetibilidade, a reprodutibilidade interavaliador, a sensibilidade e a especificidade do sistema Vert 3D na avaliação das curvaturas frontais e sagitais de crianças com diferentes perfis nutricionais. Inicialmente foram realizadas duas revisões sistemáticas da literatura com o objetivo de investigar a existência de evidências científicas sobre os instrumentos de avaliação não invasiva da escoliose, cifose torácica e lordose lombar. A partir dessas revisões sistemáticas foi possível observar que, em geral, os instrumentos apresentaram condições satisfatórias para a avaliação não invasiva das curvaturas da coluna vertebral. Além disso, parece haver consenso na literatura sobre a aplicabilidade dos instrumentos não invasivos, os quais são indicados para o acompanhamento clínico, com o objetivo de reduzir a exposição frequente aos Raios-X sem, no entanto, possibilitar a substituição da radiografia. No entanto, ainda há carência na literatura de estudos com forte evidência científica no que tange a validação dos instrumentos não invasivos de avaliação da coluna vertebral, e por esse motivo, desenvolveu-se um estudo original com a finalidade de investigar os aspectos de validação do sistema Vert 3D. Foram avaliadas 115 crianças, as quais foram submetidas à radiografia panorâmica da coluna vertebral sagital e frontal, além de cinco avaliações com o sistema Vert 3D, por três avaliadores treinados. Os resultados demonstraram que o sistema Vert 3D: (1) apresentou excelentes níveis de repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador para os ângulos de cifose torácica e lordose lombar; (2) apresentou fraca correlação com o ângulo de Cobb para cifose torácica e correlação moderada para lordose lombar; (3) para avaliação do plano frontal, o sistema Vert 3D apresentou nível moderado de repetibilidade para flechas à esquerda e nível fraco a moderado para flechas à direita; (4) a reprodutibilidade interavaliador apresentou nível moderado para as flechas escolióticas à direita e à esquerda; (5) não houve correlação significativa entre as flechas à direita e os ângulos Cobb para a direita e houve correlação fraca entre as flechas à esquerda e os ângulos Cobb a esquerda; (6) a repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador manteve bons níveis de correlação independente do perfil nutricional avaliado, nos dois planos investigados. Conclui-se que o sistema Vert 3D apresentou adequados níveis de repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador para a avaliação de crianças de todos os perfis nutricionais, podendo dessa forma, ser utilizado no acompanhamento clínico das curvaturas da coluna vertebral nos planos frontal e sagital. No entanto, até o presente momento não é possível utilizar esse sistema para o diagnóstico de alterações posturais, nem mesmo para estimar o ângulo de Cobb, já que não foram encontradas adequadas correlações e concordâncias com os exames radiográficos. Ainda, o sistema Vert 3D não tem a pretensão de substituir o exame radiológico, mas pode ser utilizado como uma importante ferramenta no fornecimento de informações adicionais à cerca do posicionamento da superfície do dorso, possibilitando ampliar o conhecimento da avaliação postural, visando um planejamento adequado de intervenções pelos profissionais da saúde. Além disso, com a utilização desse sistema, pode-se reduzir a exposição frequente aos Raios-X.

Palavras-Chave: Avaliação; postura; coluna vertebral; topografia; validade dos testes.

ABSTRACT

This master degree dissertation had the objective of verify the concurrent validity, repeatability, reproducibility interrater, the sensitivity and the specificity of the Vert 3D system in the evaluation of frontal and sagittal curvatures in children with different nutritional profiles. Initially it was performed two systematic reviews of the literature with the purpose of investigate the existence of scientific evidence regarding the instruments of noninvasive evaluation of scoliosis, thoracic kyphosis and lumbar lordosis. Based on these systematic reviews it was possible to observe that, in general, the instruments showed satisfactory conditions for noninvasive evaluation of spinal curvatures. Furthermore, there seems to be a consensus in the literature about the applicability of noninvasive instruments, which are indicated for clinical monitoring, in order to reduce the frequent exposure to X-rays without, however, allowing the replacement of radiography. However, there is still a lack of studies in literature with a strong scientific evidence Regarding the validation of noninvasive evaluation instruments of the spine, and for this reason, it was developed an original study in order to investigate aspects of the validation of the Vert 3D system. It was evaluated 115 children, who underwent panoramic radiography of the spine in sagittal and frontal planes, and five assessments with the Vert 3D system, by three trained raters. The results showed that the the Vert 3D system: (1) showed excellent levels of repeatability and reproducibility Interrater for angles of thoracic kyphosis and lumbar lordosis; (2) showed a weak correlation with the Cobb angle for thoracic kyphosis and moderate correlation for lumbar lordosis; (3) to evaluate the frontal plane the Vert 3D system presented a moderate level of repeatability for arrows to the left and weak to moderate for arrows to the right; (4) the interrater reproducibility showed a moderate level to the scoliosis arrows to the right and left; (5) there was no significant correlation between the arrows to the right and Cobb angles to the right and there was a weak correlation between the arrows to the left and the left Cobb angles; (6) the repeatability and the interrater reproducibility maintained good levels of correlation independent of nutritional status evaluated in the two plans investigated. It is concluded that the Vert 3D system presented adequate levels of repeatability and Interrater reproducibility for the evaluation of children of all nutrient profiles, and can this way it can be used in the clinical monitoring of spinal curvatures in the sagittal and frontal planes. However, until this moment it is not possible to use this system for the diagnosis of postural alterations, not even to estimate the Cobb angle, since were not found appropriate correlations and concordances with radiographs. Still , the Vert 3D system does not intend to replace the radiological examination, but can be used as an important tool in providing information about the positioning of the back surface, making it possible to enhance the knowledge about postural evaluation, seeking a proper planning of interventions by health care professionals. Furthermore, by using this system one can reduce frequent exposure to X-rays.

Keywords: evaluation, posture; spine; topography; validity of tests.

LISTA DE QUADROS, TABELAS E FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1	Fluxograma da seleção de artigos	19
Tabela 1	Resultados da avaliação da qualidade dos estudos, por meio da Escala QUADAS.....	20
Quadro 1	Síntese dos 18 estudos incluídos nessa revisão sistemática.....	22

Capítulo 2

Figura 1	Fluxograma da seleção de artigos	38
Tabela 1	Resultados da avaliação da qualidade dos estudos, por meio da Escala QUADAS	38
Quadro 1	Síntese dos 53 estudos incluídos na presente revisão sistemática.....	41

Capítulo 3

Quadro 1	Pontos de Corte Internacional do IMC para sobrepeso e obesidade por sexo...	66
Figura 1	Cálculo do ângulo de Cobb nas radiografias frontal e sagital da coluna vertebral.....	67
Figura 2	Estrutura física do sistema Vert 3D e posicionamento da criança para a realização da avaliação postural.....	68
Figura 3	Imagem da projeção de franjas, da imagem convertida em preto e branco e da imagem com a linha central de cada franja.....	69
Figura 4	Imagem da nuvem de pontos 3D, do mapa de relevo e do mapa de curvatura, com a linha de simetria ao centro.....	71
Figura 5	Esquema das avaliações realizadas com o sistema Vert 3D.....	72
Figura 6	Representação da análise da linha de simetria no plano frontal, para obtenção das flechas direita e esquerda e para obtenção dos ângulos do Vert 3D.....	73
Tabela 1	Resultados do sistema Vert 3D obtidos nas medições dos avaliadores A e B, referentes à repetibilidade dos ângulos de escoliose e das flechas escolióticas.....	76
Tabela 2	Resultados do sistema Vert 3D obtidos nas medições dos três avaliadores, referentes à reprodutibilidade interavaliador dos ângulos de escoliose e das flechas escolióticas.....	77
Tabela 3	Resultados de correlação entre os ângulos Cobb do exame de Raios-X e os ângulos de escoliose e as flechas escolióticas do sistema Vert 3D, nas medições dos três avaliadores.....	77
Figura 7	Curva ROC do sistema Vert 3D para diagnóstico de escoliose, a partir das flechas escolióticas direita e esquerda	78
Tabela 4	Resultados do sistema Vert 3D obtidos nas medições dos avaliadores A e B, referentes à repetibilidade das flechas escolióticas, nos diferentes estados nutricionais.....	79
Tabela 5	Resultados do sistema Vert 3D obtidos nas medições dos três avaliadores, referentes a reprodutibilidade interavaliador das flechas escolióticas, nos diferentes estados nutricionais.....	80

Tabela 6	Resultados de correlação entre as flechas escolióticas do sistema Vert 3D e os ângulos Cobb do exame de Raios-X e nas medições dos três avaliadores, nos diferentes estados nutricionais.....	81
Tabela 7	Resultados do sistema Vert 3D obtidos nas medições dos avaliadores A e B, referentes à repetibilidade dos ângulos Vert de cifose torácica e lordose lombar utilizando diferentes níveis vertebrais como referência.....	83
Tabela 8	Resultados do sistema Vert 3D obtidos nas medições dos três avaliadores, referentes à reprodutibilidade interavaliador dos ângulos Vert de cifose torácica e lordose lombar utilizando diferentes níveis vertebrais como referência.....	84
Tabela 9	Resultados de correlação obtidos entre os ângulos Cobb do exame de Raios-X e os ângulos Vert nas medições dos três avaliadores, tanto para a cifose torácica quanto para a lordose lombar, utilizando diferentes níveis vertebrais como referência.....	85
Tabela 10	Diferenças encontradas entre as avaliações para repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador do sistema Vert 3D, referentes às medições dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar, utilizando o nível entre os pontos de inflexão e L1 a S1, respectivamente.....	86
Figura 8	Curvas ROC para diagnóstico de hiperlordose lombar, retificação lombar e hipercifose torácica, a partir dos ângulos de lordose lombar e cifose torácica obtidos com o sistema Vert 3D.....	87
Figura 9	Gráfico de correlação entre as medidas de lordose lombar obtidas com o sistema Vert 3D e com o exame de Raios-X; e Método gráfico de Bland e Altman, referentes à primeira medida do avaliador A.....	88
Tabela 11	Resultados do sistema Vert 3D obtidos nas medições dos avaliadores A e B, referentes à repetibilidade dos ângulos Vert de cifose torácica e lordose lombar nos diferentes perfis nutricionais.....	90
Tabela 12	Resultados do sistema Vert 3D obtidos nas medições dos três avaliadores, referentes à reprodutibilidade interavaliador dos ângulos Vert de cifose torácica e lordose lombar nos diferentes perfis nutricionais.....	91
Tabela 13	Resultados de correlação obtidos entre os ângulos Cobb do exame de Raios-X e os ângulos Vert nas medições dos três avaliadores, tanto para a cifose torácica quanto para a lordose lombar nos diferentes perfis nutricionais.....	92
Figura 10	Exemplo de uma criança com escoliose em “S” demonstrado na radiografia frontal, sua imagem fotográfica da superfície das costas, mapa de relevo gerado pelo sistema Vert 3D e mapa de curvatura gerado pelo sistema Vert 3D, com a linha de simetria vista no plano frontal.....	95
Figura 11	Exemplo de uma criança com escoliose lombar em “C” demonstrado na radiografia frontal, sua imagem fotográfica da superfície das costas, mapa de relevo gerado pelo sistema Vert 3D e mapa de curvatura gerado pelo sistema Vert 3D, com a linha de simetria vista no plano frontal.....	95
Figura 12	Exemplo de uma criança com escoliose lombar em “C” demonstrado na radiografia frontal, sua imagem fotográfica da superfície das costas, mapa de relevo gerado pelo sistema Vert 3D e mapa de curvatura gerado pelo sistema Vert 3D, com a linha de simetria vista no plano frontal.....	96
Figura 13	Exemplo 1: radiografia sagital, linha dos processos espinhos, linha da superfície da pele na radiografia, linha gerada pelo sistema Vert 3D e sobreposição das linhas.....	103
Figura 14	Exemplo 2: radiografia sagital, linha dos processos espinhos, linha da superfície da pele na radiografia, linha gerada pelo sistema Vert 3D e sobreposição das linhas.....	104
Figura 15	Exemplo 3: radiografia sagital, linha dos processos espinhos, linha da superfície da pele na radiografia, linha gerada pelo sistema Vert 3D e sobreposição das linhas.....	104

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	10
INTRODUÇÃO	12
CAPÍTULO 1: Métodos não invasivos de avaliação postural da escoliose: uma revisão sistemática	15
RESUMO	15
ABSTRACT	15
1.1 INTRODUÇÃO	16
1.2 METODOLOGIA	17
1.3 RESULTADOS	19
1.4 DISCUSSÃO	24
1.5 CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
CAPÍTULO 2: Métodos não invasivos de avaliação postural da coluna vertebral no plano sagital: uma revisão sistemática	32
RESUMO	32
ABSTRACT	33
2.1 INTRODUÇÃO	33
2.2 METODOLOGIA	35
2.3 RESULTADOS	37
2.4 DISCUSSÃO	46
2.5 CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
CAPÍTULO 3: Validação de um sistema de escaneamento 3D para avaliação das curvaturas da coluna vertebral de crianças em diferentes perfis nutricionais	62
RESUMO	62
ABSTRACT	63
3.1 INTRODUÇÃO	63
3.2 METODOLOGIA	65
3.2.1 Amostra	65
3.2.2 Procedimentos de coleta e análise de dados	65

3.2.2.1	<i>Avaliação antropométrica</i>	66
3.2.2.2	<i>Avaliação radiográfica</i>	67
3.2.2.3	<i>Avaliação topográfica</i>	68
3.2.3	Tratamento estatístico	73
3.3	RESULTADOS	74
3.3.1	Características da amostra	74
3.3.2	Estudo 1: Plano frontal	75
3.3.3	Estudo 2: Plano sagital	82
3.4	DISCUSSÃO	93
3.4.1	Estudo 1: Plano frontal	93
3.4.2	Estudo 2: Plano sagital	100
3.5	CONCLUSÃO	106
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
	DIFICULDADES E LIMITAÇÕES DO ESTUDO	112
	PERSPECTIVAS	113
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS REFERENTES À INTRODUÇÃO	114

APRESENTAÇÃO

Este estudo foi realizado com a finalidade de avaliar os aspectos de validade de um novo sistema de avaliação postural por topografia de superfície, denominado Vert 3D, o qual foi desenvolvido no Brasil, pela empresa Miotec e utiliza a tecnologia de estereografia por luz estruturada, que consiste no registro e na apresentação tridimensional da superfície do dorso. Este sistema utiliza a projeção de um padrão luminoso na superfície do tronco, o qual gera informações tridimensionais pelo princípio da triangulação, possibilitando a obtenção de informações quantitativas, como ângulos, flechas, inclinações e distâncias, assim como oferece informações qualitativas sobre a topografia do dorso humano, apresentando imagens do relevo do dorso por meio de mapas de cor, que permitem visualizar os pontos mais posteriores e mais anteriores do dorso e o mapa de curvatura, que representa o grau de concavidade ou de convexidade de cada ponto da superfície.

Este estudo foi desenvolvido no Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) da Escola de Educação Física (ESEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), sendo a coleta de dados realizada em parceria da empresa Miotec Equipamentos Biomédicos Ltda, que disponibilizou o sistema Vert 3D, e Hospital Mãe de Deus, que forneceu os exames radiológicos necessários para a realização deste estudo.

Portanto, este estudo teve como objetivo verificar se o sistema Vert 3D é capaz de fornecer informações válidas das curvaturas da coluna vertebral de crianças. Mais especificamente, este estudo objetivou analisar a influência do perfil nutricional na capacidade de avaliação do sistema Vert 3D, investigando crianças com diferentes Índices de Massa Corporal (IMC), considerando que ao avaliar a superfície do dorso, estruturas periféricas podem influenciar a avaliação do indivíduo, ou seja, acúmulos adiposos em indivíduos com excesso de peso e obesidade poderiam dificultar a realização desses exames posturais não invasivos.

Por fim, a partir dos dados obtidos na literatura e das coletas e análise dos dados da fase experimental desse estudo, foi possível a elaboração desta dissertação de mestrado, cujo texto está formatado da seguinte forma: (1) introdução; (2) Capítulo 1, contendo a revisão sistemática da literatura dos instrumentos de avaliação da coluna vertebral no plano frontal, a qual foi aceita pela Revista Motricidade em seis de abril de 2013 e está em processo de editoração; (3) Capítulo 2, contendo a revisão sistemática da literatura dos instrumentos de avaliação da coluna vertebral no plano sagital, (4) Capítulo 3, contendo os resultados da

coleta de dados, incluindo a validade, a repetibilidade, a reprodutibilidade interavaliador, sensibilidade e especificidade do sistema Vert 3D nos dois planos, frontal e sagital; (5) considerações finais; (6) dificuldades e limitações do estudo; (7) perspectivas; e (8) referências bibliográficas utilizadas na introdução. Ressalta-se que os Capítulos 1, 2 e 3 estão apresentados em formato de artigos.

INTRODUÇÃO

A postura corporal tem sido amplamente estudada e um aspecto muito relevante nessa linha de estudo é a avaliação do posicionamento da coluna vertebral, pois essa é um segmento complexo e de importante significado funcional para o corpo humano, pois proporciona o elo mecânico entre as extremidades inferiores e superiores (FERST, 2003). Além disso, auxilia na absorção de choques, protege a medula espinhal, suporta o tronco, mantém a postura ereta e permite a realização da deambulação e dos demais movimentos (KAPANDJI, 2008; OLIVER; MIDDLEDITCH, 1998).

No entanto, sua avaliação é complexa, sendo que dentre os métodos invasivos, a radiografia convencional é normalmente a modalidade inicial de escolha (BYRD; COMISKEY, 2007). Não obstante, a realização de radiografias da coluna vertebral tem uma série de desvantagens. Em primeiro lugar, a exposição do paciente a uma grande quantidade de radiação, especialmente em casos com alterações posturais de início precoce. Em segundo lugar, existe uma variabilidade considerável na medição do ângulo de Cobb (BERRYMAN *et al.*, 2008). E, em terceiro lugar, os exames de Raios-X não são capazes de mensurar a gibosidade, a qual muitas vezes tem maior importância para o paciente do que a posição radiológica da coluna (BERRYMAN *et al.*, 2008; TURNER-SMITH *et al.*, 1988; JEFFERSON *et al.*, 1988).

Em virtude dessas limitações e principalmente na tentativa de minimizar a exposição radiológica, clinicamente, muitas vezes, os pacientes são avaliados apenas com a inspeção visual do profissional de saúde. Embora, a inspeção visual da postura corporal seja uma avaliação de valor inestimável, outros métodos que possibilitem a quantificação e análise da deformidade poderiam melhorar a compreensão e a avaliação inicial, além de fornecer maiores informações para o acompanhamento.

Por esse motivo, atualmente é crescente o interesse na literatura em desenvolver instrumentos que permitam avaliações simples, de fácil manuseio, de baixo custo e que possibilite o acompanhamento quantitativo das alterações posturais, mais especificamente da coluna vertebral. Muitos desses instrumentos já estão amplamente divulgados na literatura, tais como o inclinômetro (MELLIN, 1986), o escoliômetro (DE WILDE *et al.*, 1998), o flexicurva (OLIVEIRA *et al.*, 2012), o arcômetro (D'OSUALDO, SCHIERANO E IANNIS, 1997), o eletrogoniômetro (PERRIMAN *et al.*, 2010) e a fotogrametria (FURLANETTO *et al.*, 2012), entre outros.

Não obstante, esses instrumentos também apresentam algumas desvantagens como a dependência crítica da habilidade e conhecimento do operador para a obtenção consistente dos resultados (TURNER-SMITH *et al.*, 1988) e ainda, tendem a apresentar uma fonte de variabilidade, pois avaliam uma estrutura anatômica de forma tridimensional (3D), relativamente complexa, por meio de uma medida relativamente simples em duas dimensões (2D) (VRTOVEC, PERNUS E LIKAR, 2009). Além disso, segundo D'Ousaldo *et al.* (2002), há uma falta de instrumentos não invasivos simples e confiáveis que permitam a avaliação dos dois planos, sagital e frontal, possibilitando uma avaliação simultânea da cifose torácica, lordose lombar e escoliose.

Portanto, embora as técnicas 2D não invasivas ainda sejam amplamente utilizadas em exames clínicos, os avanços tecnológicos na área da saúde levaram ao desenvolvimento de novas técnicas de avaliação 3D, que têm se tornado importantes ferramentas clínicas nos cuidados da saúde moderna, estimulando a criação de métodos que tentam extrair informações espaciais da coluna vertebral (TURNER-SMITH *et al.*, 1988). Nessa perspectiva surgem as avaliações não invasivas 3D, realizadas a partir da avaliação da superfície das costas, ou seja, avaliação topográfica. Atualmente, já se tem conhecimento de alguns sistemas de avaliação topográfica, desenvolvidos em outros países, tais como: a Topografia de Moiré (TAKASAKI, 1970), o Sistema de topografia *Integrated Shape Imaging System* (ISIS), (TURNER-SMITH; HARRIS, 1986), o ISIS 2 (BERRYMAN *et al.*, 2008), o Quantec (GOLDBERG *et al.*, 2001) e o Jenoptik Formetric (DRERUP; HIERHOLZER, 1994).

No entanto, com o desenvolvimento rápido de novas tecnologias, é crescente também a preocupação quanto a qualidade das informações geradas por esses novos instrumentos. Dessa forma, diversos critérios têm sido considerados a fim de afirmar se determinado instrumento é adequado para a utilidade que se propõe. Dentre esses critérios, entende-se importante, considerando a variabilidade de nomenclaturas utilizada na literatura, definir os termos validade concorrente, reprodutibilidade intra e interavaliador, repetibilidade, especificidade e sensibilidade.

Validade como a concordância entre o instrumento em teste e o instrumento considerado padrão-ouro para a avaliação variável em estudo. Reprodutibilidade intra-avaliador é o grau de reprodutibilidade das medições de uma mesma grandeza quando se repetem as medidas variando o tempo entre as coletas (intervalo mínimo de um dia), mantendo as demais condições constantes. Já reprodutibilidade interavaliador é o grau de reprodutibilidade das medições de uma mesma grandeza quando se repetem as medidas variando o observador, mantendo as demais condições constantes. E, a repetibilidade é dada

pelas medições repetidas em uma amostra de sujeitos, em um curto período de tempo (INTERNATIONAL VOCABULARY OF METROLOGY, 2008).

A especificidade é a fração dos sujeitos que obtiveram resposta negativa no teste em avaliação entre aqueles que não possuem a doença, ou seja, esse aspecto mede a capacidade de um teste em excluir corretamente aqueles que não possuem a doença. Já a sensibilidade é a fração dos que obtiveram resposta positiva no teste entre aqueles que possuem a doença, ou seja, esse aspecto mede a capacidade de um teste em identificar corretamente a doença entre aqueles que a possuem (BLAND; ALTMAN, 1994).

Nesse contexto, essa dissertação objetiva fornecer dados referentes a validação de um novo sistema tridimensional de avaliação topográfica da superfície das costas, denominado Vert 3D, contribuindo com a comunidade científica e com os profissionais da área da saúde, que trabalham com a avaliação e com o tratamento das afecções posturais da coluna vertebral.

CAPÍTULO 1

ARTIGO DE REVISÃO SISTEMÁTICA

Métodos não invasivos de avaliação postural da escoliose: uma revisão sistemática

Noninvasive assessment of postural scoliosis: a systematic review

RESUMO

A escoliose caracteriza-se como sendo um desvio de natureza tridimensional da linha vertical da coluna vertebral, muitas vezes de difícil visualização e quantificação. Por esse motivo, ao longo do tempo, diversos estudos têm dado enfoque ao desenvolvimento de metodologias não invasivas para a sua avaliação, mas ainda é incipiente uma discussão aprofundada a fim de facilitar a escolha do método mais adequado para as diferentes situações clínicas ou na pesquisa científica. O objetivo dessa revisão sistemática, portanto, foi verificar a existência de evidências científicas sobre os métodos alternativos para avaliação não invasiva da escoliose. Realizou-se uma busca sistemática nas bases de dados Scopus, Science Direct e PubMed, com as palavras-chave: *Non-invasive Monitoring [OR] Assessing Postural Assessment [OR] Postural Evaluation [OR] Assessing Postural Evaluation Methods [AND] Scoliosis [OR] Spinal Curvatures [OR] Spinal Deformity [OR] Spine Curvatures* e adotou-se os seguintes critérios de inclusão: abordar pacientes com escoliose e envolver avaliação postural não invasiva; e de exclusão: abordar tratamento e não estar redigidos na língua inglesa. Foram encontrados, inicialmente, 200 artigos, desses, oito foram selecionados e 12 artigos foram incluídos das referências bibliográficas, totalizando 20 artigos. Desses, 18 estudos foram finalmente incluídos por preencherem o critério de qualidade. Os estudos incluídos, em geral, apresentaram resultados satisfatórios para a avaliação não invasiva da escoliose, sendo encontrados níveis adequados de repetibilidade e reprodutibilidade para a fotogrametria, sistema BACES, escoliômetro e eletrogoniômetro, o que possibilita o seu uso em acompanhamento da escoliose. Além disso, a validade concorrente apresentou níveis adequados para os instrumentos ISIS2, Quantec, escoliômetro, eletrogoniômetro e fotogrametria, sendo possível concluir que esses métodos caracterizam-se como alternativas de menor custo para a avaliação da escoliose, o que facilita o acesso da população. Apesar disso, nenhum desses sistemas se propõe a substituir a radiografia, mas podem ser utilizados como ferramentas importantes para auxiliar na avaliação e acompanhamento dessa alteração.
Palavras-chaves: escoliose; avaliação; postura; métodos.

ABSTRACT

Scoliosis is characterized as a three-dimensional deviation of the vertical line of the spine, often difficult to visualize and quantify. For this reason, over time, many studies have given focus on the development of noninvasive evaluation techniques, but is still incipient a in-depth discussion in order to facilitate the choice of the most suitable method for different clinical situations or in scientific research. The objective of this systematic review, therefore, was to verify the existence of scientific evidence on the alternative methods for noninvasive evaluation of scoliosis. Was performed a systematic search in the databases Scopus, Science Direct e PubMed, using the key-words *Non-invasive Monitoring [OR] Assessing Postural Assessment [OR] Postural Evaluation [OR] Assessing Postural Evaluation Methods [AND]*

Scoliosis [OR] Spinal Curvatures [OR] Spinal Deformity [OR] Spine Curvatures and was adopted the following inclusion criteria: addressing patients with scoliosis and involve the noninvasive postural evaluation; exclusion criteria: addressing treatment and not be written in English. Were found, initially, 200 articles, of these, eight were selected and 12 articles were included in the references, amounting to 20 items. Of these, 18 studies were finally included, since they fulfilled the quality criteria. The studies included in general showed satisfactory results for the noninvasive evaluation of scoliosis, being found suitable levels of repeatability and reproducibility for photogrammetry, BACES system, scoliometer and electrogoniometer, which allows their use in monitoring of the scoliosis. In addition, the concurrent validity showed proper levels for the instruments ISIS2, Quantec, scoliometer, electrogoniometer and photogrammetry, being possible to conclude that these methods are characterized as lower cost alternatives for the evaluation of scoliosis, which facilitates the population access. Spite of this, none of these systems proposes to replace the radiography, but can be used as important tools to assist in the evaluation and monitoring of this spine alteration.

Keywords: scoliosis; evaluation; posture; methods.

1.1 INTRODUÇÃO

A escoliose é um desvio comumente encontrado no plano frontal, sendo definida como um desvio da linha vertical normal da coluna vertebral que consiste em uma curvatura lateral com rotação vertebral (JANICKI; ALMAN, 2007). Para o diagnóstico e acompanhamento desse desvio, tradicionalmente, utiliza-se a radiografia (JEFFERSON *et al.*, 1988), sendo esta considerada como o método padrão-ouro para a avaliação de desvios posturais (MAC-THIONG *et al.*, 2007). Entretanto, a maior preocupação clínica na utilização desta técnica é que, em crianças com escoliose, o acompanhamento da evolução da doença precisa ser frequente, sendo por vezes necessária a realização de exames radiográficos a cada três ou seis meses, acarretando em elevada exposição à doses indesejáveis de radiação ionizante (TURNER-SMITH *et al.*, 1988). Especialmente tratando-se de curvas precoces, o período de acompanhamento para esses pacientes geralmente é longo e, portanto, torna-se necessária a redução da exposição aos Raios-X, porém essa redução não pode prejudicar a avaliação constante da progressão da doença, indispensável para o sucesso de seu tratamento (WEISZ *et al.*, 1988).

Nesse contexto, técnicas não invasivas para a avaliação das curvaturas da coluna vertebral são altamente desejáveis (TURNER-SMITH *et al.*, 1988), uma vez que não oferecem exposição à radiação ionizante, possibilitam a redução dos efeitos deletérios da utilização frequente das radiografias e, adicionalmente, apresentam outros méritos comparados à radiografia, como o menor custo e a menor dificuldade técnica (CHEN; LEE, 1997).

Por esses motivos, acredita-se que essas técnicas podem ser úteis como testes de triagem para a escoliose, a fim de possibilitarem um encaminhamento médico e diagnóstico precoces, evitando maiores complicações e agravamentos clínicos. Além disso, de posse das informações fornecidas pelas avaliações posturais não invasivas é possível realizar o aconselhamento de atividades físicas adequadas, contribuindo tanto com os treinadores físicos na prescrição dessas atividades quanto com os fisioterapeutas no acompanhamento dos tratamentos, uma vez que favorecem o conhecimento e acompanhamento da evolução clínica de cada caso. Corroborando com esta afirmativa, Goldberg *et al.* (2001) afirma que os métodos não invasivos de quantificação e análise das deformidades escolióticas poderiam melhorar a compreensão e avaliação do tratamento, fornecendo informações sobre aspectos importantes da escoliose, como, por exemplo, a deformidade visível do tronco.

Por esse motivo, tem ocorrido nos últimos anos, um crescente interesse dos cientistas no que tange ao desenvolvimento de técnicas de medição da superfície das costas, com o objetivo de quantificar objetivamente quaisquer alterações da forma dessa superfície, além de oferecer informações indiretas sobre o posicionamento da coluna vertebral (WEISZ *et al.*, 1988). Apesar dessa vasta oferta de instrumentos e métodos para a avaliação da escoliose, ainda é incipiente uma discussão aprofundada evidenciando suas vantagens, limitações, público-alvo e características dos métodos com o propósito de facilitar a escolha do método mais adequado para as diferentes situações clínicas ou de pesquisas científicas. Diante, então, desse panorama, e considerando a relevância desse tipo de discussão, o objetivo dessa revisão sistemática foi verificar a existência de evidências científicas sobre os métodos alternativos para avaliação não invasiva da escoliose.

1.2 METODOLOGIA

Para responder ao objetivo desse estudo, foi realizada uma busca sistemática de artigos científicos nas bases de dados Scopus, Science Direct e PubMed. As palavras-chave utilizadas na busca pelos estudos foram: *Non-invasive Monitoring [OR] Assessing Postural Assessment [OR] Postural Evaluation [OR] Assessing Postural Evaluation Methods [AND] Scoliosis [OR] Spinal Curvatures [OR] Spinal Deformity [OR] Spine Curvatures*. A busca foi realizada no mês de março de 2012, sendo incluídos para análise inicial todos os artigos encontrados. Para integrar a presente revisão sistemática, os artigos encontrados deveriam preencher os seguintes critérios de inclusão: (a) abordar pacientes com escoliose e (b) envolver avaliação postural não invasiva. Foram excluídos os artigos que: (a) tinham como

foco a investigação dos efeitos de algum tipo de tratamento e (c) não estavam redigidos na íntegra na língua inglesa.

Inicialmente, os estudos foram selecionados a partir da leitura dos títulos, sendo excluídos aqueles que não apresentavam relação com as palavras-chave definidas para a busca. Posteriormente, foi realizada uma leitura dos resumos dos estudos pré-selecionados pelos títulos. Os artigos que cumpriram com os critérios de inclusão foram lidos e analisados na íntegra, sendo, finalmente incluídos na presente revisão sistemática. Além disso, foram analisadas as referências bibliográficas de cada artigo incluído nesta revisão com o objetivo de localizar outros artigos ainda não encontrados na busca eletrônica.

Para realizar a avaliação da qualidade dos estudos foi utilizada a escala QUADAS (*Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies*), desenvolvida em 2003, que consiste em um questionário com 14 critérios formulados como perguntas, sendo que cada pergunta deve ser respondida como “sim”, “não” ou “pouco clara” (WHITING *et al.*, 2003). Essa escala pode ser utilizada na íntegra ou não, cabendo ao pesquisador a seleção dos itens considerados relevantes ou indispensáveis para o teste em análise (WHITING *et al.*, 2004).

Dessa forma, dos 14 critérios avaliados pela escala QUADAS, no presente estudo foram utilizados apenas 11 critérios. Não foram considerados os critérios: (a) “o padrão-ouro é independente do teste em avaliação?” por saber-se que as avaliações posturais não invasivas são tecnologias distintas ao padrão-ouro, não havendo propósito na categorização desse item; (b) “os resultados não interpretáveis foram relatados?”, pois este item não é aplicável para instrumentos de avaliação postural; e (c) “os dados clínicos foram os mesmos que são usados na prática rotineira?”, pelo fato de que a interpretação dos resultados dos instrumentos de avaliação postural, geralmente, não dependem de outros dados clínicos e, por esse motivo, esse critério não é aplicável nesses casos (WHITING *et al.*, 2003). Além disso, a questão “os resultados do teste em avaliação foram interpretados sem o conhecimento dos resultados do teste padrão-ouro?” foi adaptada para os artigos que apresentavam avaliação da reprodutibilidade a fim de avaliar o cegamento entre os avaliadores.

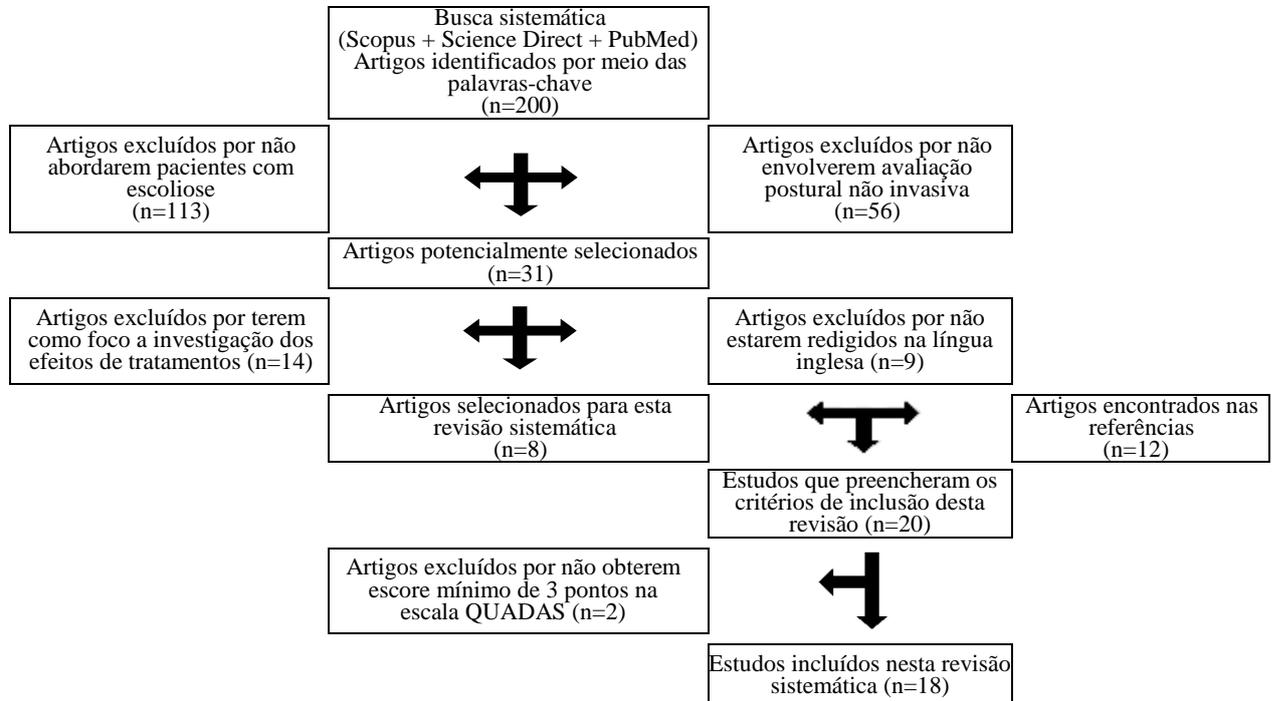
A escala QUADAS não determina qual o escore mínimo para determinar a qualidade dos estudos, sendo de responsabilidade do pesquisador essa decisão (OLIVEIRA, GOMES E TOSCANO, 2011). Dessa forma, foi adotado como critério de exclusão dessa revisão sistemática o cumprimento de escore mínimo de 3 pontos na escala QUADAS. Com o objetivo de classificar a evidência científica dos estudos, foram adotados os seguintes critérios: (a) artigos com três a cinco critérios da escala QUADAS foram classificados como “fraca evidência”; (b) artigos com seis a oito critérios da escala QUADAS foram classificados

como “moderada evidência” e (c) artigos com nove a 11 critérios da escala QUADAS foram classificados como “forte evidência”.

1.3 RESULTADOS

Foram encontrados, inicialmente, 200 artigos a partir das palavras-chave utilizadas. Desses, não foram incluídos 192 estudos: 113 por não abordarem indivíduos com escoliose, 56 por não realizarem avaliação postural não invasiva, 14 por terem como foco algum tipo de tratamento e nove por não terem sido redigidos na língua inglesa. Assim, um total de oito artigos cumpriram com todos os critérios pré-estabelecidos. Além disso, foram incluídos mais 12 artigos obtidos por meio da análise das referências bibliográficas, totalizando, por fim, 20 artigos pré-selecionados para comporem a presente revisão sistemática. O fluxograma da estratégia adotada para a inclusão desses 20 artigos e os motivos da exclusão dos demais encontram-se na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma da seleção de artigos.



Os 20 estudos pré-selecionados foram, então, avaliados quanto a sua qualidade metodológica, considerando os critérios da escala QUADAS (Tabela 1). Desses 20, dois foram excluídos por não preencherem o critério mínimo de três pontos na escala, o que resultou em 18 artigos incluídos nesta revisão sistemática. Observando a Tabela 1, nota-se que seis estudos apresentaram fraca evidência científica, 10 estudos apresentaram moderada evidência e dois estudos, forte evidência.

Tabela 1- Resultados da avaliação da qualidade dos estudos, por meio da Escala QUADAS

Estudos 1º autor (ano)	Critérios Escala QUADAS											Total (nº de ✓)	Classificação da evidência
	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	14		
Furlanetto (2012)	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	?	—	7	Moderada
Saad (2012)	✓	✓	—	—	✓	—	✓	—	✓	—	✓	6	Moderada
Fortin (2010)	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	—	8	Moderada
Berryman (2008)	×	×	✓	?	×	✓	✓	×	?	?	×	3	Fraca
Zubovic (2008)	✓	×	✓	?	×	✓	×	×	?	?	—	3	Fraca
Ajemba (2008)	×	×	—	—	—	—	✓	—	—	—	—	1	—
Döhnert (2008)	×	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	?	?	—	6	Moderada
Ajemba (2007)	×	×	×	?	✓	✓	✓	×	?	?	—	3	Fraca
D’Oswaldo (2002)	×	✓	—	—	—	—	✓	—	✓	—	—	3	Fraca
Berg (2002)	?	✓	×	?	✓	✓	✓	×	✓	✓	—	6	Moderada
Goldberg (2001)	✓	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	?	?	✓	8	Moderada
Lou (1999)	×	×	—	—	—	—	✓	—	—	—	—	1	—
Theologis (1997)	✓	✓	✓	?	✓	✓	×	×	?	?	✓	6	Moderada
Korovessis (1996)	✓	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	?	✓	✓	9	Forte
Silvano (1996)	×	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	9	Forte
Drerup (1994)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	?	—	8	Moderada
Amendt (1990)	×	×	✓	?	✓	✓	✓	✓	?	✓	—	6	Moderada
Turner-Smith (1988)	✓	×	✓	?	✓	✓	✓	×	?	?	—	5	Fraca
Bunnell (1984)	✓	×	✓	?	✓	✓	✓	×	?	?	—	5	Fraca
Cooke (1980)	✓	×	✓	?	✓	✓	✓	×	✓	?	—	6	Moderada

CRITÉRIOS ESCALA QUADAS: 1) O espectro de pacientes foi representativo dos pacientes que receberão o teste na rotina? 2) Os critérios de seleção foram claramente descritos? 3) É adequado o padrão de referência para classificar corretamente a condição de alvo? 4) O período entre a aplicação do padrão-ouro e o teste em avaliação foi curto o suficiente para que se tenha segurança de que não houve mudanças no estado de saúde do indivíduo testado? 5) A amostra total ou uma subamostra randomizada realizou o diagnóstico pelo padrão-ouro? 6) Os pacientes receberam o mesmo teste como padrão-ouro, independente do resultado obtido pelo teste em avaliação? 8) A execução do teste em avaliação foi descrita com suficientes detalhes, permitindo a sua replicação? 9) A execução do teste padrão-ouro foi descrita com suficientes detalhes, permitindo a sua replicação? 10) Os resultados do teste em avaliação foram interpretados sem o conhecimento dos resultados do teste padrão-ouro? 11) Os resultados do teste padrão-ouro foram interpretados sem o conhecimento dos resultados do teste em avaliação? 14) As perdas do estudo foram explicadas?

RESPOSTAS AOS CRITÉRIOS: ✓ = Sim; × = Não; ? = Pouco clara; — = Não se aplica.

No Quadro 1 são apresentados e descritos os 18 estudos selecionados e incluídos nesta revisão, os quais apresentaram algum tipo de instrumento desenvolvido para a avaliação postural não invasiva da escoliose. Nela, ainda são apresentados aspectos relacionados aos objetivos, instrumento utilizado, metodologia do estudo e os seus respectivos resultados.

Quadro 1- Síntese dos 18 estudos incluídos nessa revisão sistemática.

1º autor (ano)	Objetivo	Sistema utilizado	Metodologia	Resultados
Furlanetto (2012)	Verificar a validade e a reprodutibilidade intra e interavaliador da fotogrametria	Fotogrametria computadorizada (<i>software</i> DIPA)	n=24 Avaliações por 2 avaliadores no mesmo dia, e um deles repetiu após 15 dias. Comparação com Raios-X.	Validade: escoliose torácica ($r=0,75$, $p<0,001$) e escoliose lombar ($r=0,76$, $p=0,007$). Reprodutibilidade intra-avaliador: escoliose torácica ($r=0,99$, $p<0,001$) e escoliose lombar ($r=0,98$, $p<0,001$). Reprodutibilidade interavaliador: escoliose torácica ($r=0,99$, $p<0,001$) e escoliose lombar ($r=0,88$, $p<0,001$).
Saad (2012)	Verificar a reprodutibilidade intra e interavaliador da fotogrametria.	Fotogrametria computadorizada (<i>Software</i> Corel DRAW)	n=20 Avaliação por 2 avaliadores no mesmo dia, e após 15 dias, por um avaliador.	Reprodutibilidade intra-avaliador: rotação de tronco com ICC=0,85 e 0,90. Reprodutibilidade interavaliador: rotação de tronco com IC= 0,98 e 0,90.
Fortin (2010)	Verificar a validade concorrente da fotogrametria (2D) com um sistema de topografia de superfície (3D) e com radiografias.	Fotogrametria computadorizada	n=70 Foram realizadas fotografias digitais com 2 câmeras. A imagem 3D foi realizada com 4 digitadores ópticos. Comparação com Raios-X.	Validade 2D com 3D: escoliose torácica ($r=0,83$) e escoliose tóraco-lombar ou lombar ($r=0,56$). Validade 2D com Raios-X: escoliose torácica ($r=-0,80$) e escoliose tóraco-lombar ou lombar ($r=-0,33$)
Berryman (2008)	Desenvolver um sistema automatizado para medir a forma 3D do dorso.	Sistema de Topografia <i>Integrated Shape Imaging System</i> (ISIS2)	168 pacientes avaliados para desenvolvimento do sistema. Comparação entre ISIS2 e Raios-x (n=2).	Foi desenvolvido um sistema que projeta uma luz estruturada enquanto uma fotografia digital é tomada. O sistema apresentou boa comparação com o ângulo de Cobb.
Zubovic (2008)	Verificar a validade do ISIS2.	Sistema de Topografia ISIS2	Fez-se a comparação dos dados radiológicos com os do ISIS2 em 111 pacientes.	Não foi encontrada nenhuma diferença estatisticamente significativa entre os resultados das radiografias e do sistema ISIS2.
Döhnert (2008)	Investigar a sensibilidade da fotogrametria na detecção precoce da escoliose.	Fotogrametria computadorizada	n=224 Comparação entre a fotogrametria e os Raios-x.	Utilizando ponto de corte de 3° de assimetria na fotogrametria: Sensibilidade=21,4% e especificidade=90,7%. Utilizando ponto de corte de 2° de assimetria na fotogrametria: Sensibilidade=50% e especificidade=61,2%.
Ajemba (2007)	Apresentar uma técnica para classificar a escoliose por meio de mapas ortogonais.	Mapas ortogonais	Teste com 361 modelos de computadores com parâmetros conhecidos. Avaliação de 8 sujeitos sem escoliose e de 22 com escoliose. Foram comparados os resultados dos mapas ortogonais com a classificação médica da deformidade.	A precisão da classificação do novo instrumento foi de 100% nos modelos de computadores. A precisão do sistema em humanos foi de 95,5%. Os mapas ortogonais se mostraram viáveis para uso em clínicas de escoliose para monitorar a progressão da escoliose.
D'Oswaldo (2002)	Verificar a reprodutibilidade intra e interavaliador do sistema BACES	Sistema BACES (Braço articulado para medição computadorizada da superfície)	Avaliações por 4 avaliadores, que realizaram 3 séries de 8 medições em 2 voluntários.	Reprodutibilidade intra-avaliador: erro de medição para escoliose torácica: 2,15° e escoliose lombar: 2,83°. Reprodutibilidade interavaliador: erro de medição para escoliose torácica: 2,57° e escoliose lombar: 2,47°.
Berg (2002)	Determinar se os mapas de diferença podem detectar e descrever as alterações do tronco escoliótico.	Sistema de escaneamento topográfico a laser	n=51 (classificados em: cirúrgicos, com colete e apenas observação). Dois observadores avaliaram as mudanças topográficas (um por meio dos mapas de diferença e o outro com os dados clínicos) e as suas classificações foram comparadas e categorizadas em: pleno acordo, acordo, desacordo ou desacordo completo.	Acordo completo ou acordo com os parâmetros clínicos ocorreu nos grupos com colete, cirúrgico e de observação: 76%, 80% e 85%, respectivamente. O bom nível de concordância indica que os mapas de diferença podem detectar e descrever as alterações nas curvas escolióticas, mas alguns casos com descordo ou desacordo completo indicam que o procedimento não pode ser utilizado sozinho para fins de diagnóstico.

Goldberg (2001)	Analisar em que medida as alterações nos parâmetros de superfície topográfica permitem detectar mudanças no ângulo de Cobb.	Sistema de Topografia Quantec	Correlação do ângulo Cobb com o ângulo Quantec (n=155). Crianças foram acompanhadas para observar as mudanças escolióticas (n=59).	Validação: ICC=0,812. Para a avaliação das mudanças da curva escoliótica obteve-se $r=0,549$ e $r^2=0,301$.
Theologis (1997)	Testar a confiabilidade do ISIS na detecção da progressão da escoliose. Testar o valor preditivo dos dados de superfície para a evolução da curva.	Sistema de Topografia ISIS	n=77 (separados em 3 grupos de acordo com a gravidade da escoliose). Exame inicial: ISIS e Raios-x. Para acompanhamento: ISIS a cada 3-6 meses e Raios-x a cada 6 meses.	Houve diferença significativa na progressão da assimetria lateral entre o grupo de maior gravidade e os demais. A progressão da severidade da gibosidade foi significativamente diferente entre os três grupos no exame de 6 meses de seguimento. Três dos parâmetros ISIS foram capazes de detectar progressão da deformidade em 6 meses.
Korovessis (1996)	Verificar a sensibilidade, a reprodutibilidade intra e interavaliador do escoliômetro.	Escoliômetro	Avaliação com escoliômetro e Raios-x (n=442). Avaliações por 3 avaliadores (n=349) e após 2 semanas 1 avaliador repetiu a avaliação (n=65).	Reprodutibilidade interavaliador: $k=0,64$ a $0,93$. Reprodutibilidade intra-avaliador: $k=0,88$ a $0,97$. Observou-se 506 curvas verdadeiro-positivo e 25 falso-positivo. Assim, a sensibilidade e o valor diagnóstico do escoliômetro foram 1,0 e 0,95, respectivamente, considerando um limiar de 7° no escoliômetro.
Silvano (1996)	Determinar a repetibilidade, a reprodutibilidade interavaliador e a validade do eletrogoniômetro.	Eletrogoniômetro	n=31 Avaliação radiográfica e 4 exames com eletrogoniômetro por 2 avaliadores (um experiente e outro treinado).	Validade: $r=0,64$. Repetibilidade: ICC= 0,71 e 0,83 Reprodutibilidade interavaliador: ICC=0,58.
Drerup (1994)	Validar o método Jenoptik Formetric	Topografia (Jenoptik Formetric)	Validação por comparação entre 478 dados radiográficos e de estereografia de 113 pacientes.	O desvio RMS encontrado entre as curvas radiográficas e topográficas foi na ordem de 4 mm e o desvio de rotação vertebral foi de cerca de 3° . Essa precisão deve ser suficiente para a utilização clínica desse método.
Amendt (1990)	Verificar a validade, a repetibilidade e a reprodutibilidade interavaliador do escoliômetro.	Escoliômetro	n=65 Realizadas radiografias e 3 medidas com o escoliômetro por cada um dos 2 avaliadores.	Validade: $r=0,46$ a $0,54$. Repetibilidade: $r=0,86$ a $0,97$ Reprodutibilidade interavaliador: $r=0,88$ a $0,96$.
Turner-Smith (1988)	Descrever uma análise computadorizada da superfície das costas e verificar a validade do sistema ISIS.	Sistema de topografia ISIS	n=119 Correlação entre o sistema ISIS e o ângulo Cobb.	Correlações de assimetria lateral entre ISIS e ângulo de Cobb variaram de 0,77 a 0,94 ($p<0,0001$).
Bunnell (1984)	Verificar a validade do escoliômetro.	Escoliômetro	n=1065 Avaliações com escoliômetro e com radiografia.	Validade: correlação de 0,88.
Cooke (1980)	Verificar a capacidade da termografia de avaliar a escoliose em adolescentes	Termografia	n=154. Avaliações com Raios-X e termografia.	A precisão preditiva da termografia para a presença de escoliose foi de 95,8% e de 75% para a direção da curva.

1.4 DISCUSSÃO

A partir da análise dos 18 estudos encontrados, apresentados no Quadro 1, encontrou-se a descrição de 11 métodos distintos para a avaliação da escoliose, sendo que sete deles apresentaram avaliações tridimensionais e os demais avaliações bidimensionais. Esta aparente preocupação com o desenvolvimento de métodos tridimensionais para a avaliação da escoliose pode ser explicada pela dificuldade inerente à sua avaliação, provavelmente, associada à sua configuração tridimensional, que termina impondo limitações aos métodos que se propõem a avaliar a partir da superfície das costas (D'OSUALDO *et al.*, 2002).

No que se refere aos sistemas bidimensionais de avaliação postural, foi possível observar que não existe uma grande variedade de instrumentos que possibilitam a avaliação bidimensional da escoliose, sendo descritos apenas o escoliômetro (KOROVESSIS; STAMATAKIS, 1996; AMENDT *et al.*, 1990; BUNNEL; DELAWARE, 1984), o eletrogoniômetro (SILVANO *et al.*, 1996), a fotogrametria (FURLANETTO *et al.*, 2012; SAAD *et al.*, 2012; FORTIN *et al.*, 2010; DÖHNERT; TOMASI, 2008) e a termografia (COOKE *et al.*, 1980).

Segundo Turner-Smith *et al.* (1988), o escoliômetro é uma ferramenta simples que pode ser facilmente ensinado e padronizado, pois seu dispositivo é de fácil utilização e de baixo custo. Além disso, o fornecimento imediato do resultado angular é outra vantagem descrita desse método (BUNNELL; DELAWARE, 1984). Por outro lado, como desvantagem, pode-se citar a exigência de que o paciente permaneça em uma postura controlada por um extenso período de tempo e a dependência crítica dos resultados da habilidade do operador (TURNER-SMITH *et al.*, 1988). Por fim, outra desvantagem dessa ferramenta se refere à medição apenas da magnitude da gibosidade, que é apenas um índice de postura (FORTIN *et al.*, 2010).

Em relação à reprodutibilidade do instrumento escoliômetro, Korovessis e Stamatakis (1996) apresentaram uma concordância variando de boa a muito boa para reprodutibilidade intra-avaliador (k de 0,64 a 0,97) e uma concordância muito boa para a reprodutibilidade interavaliador (k de 0,88 a 0,93). No estudo de Amendt *et al.* (1990) foram encontrados coeficientes de correlação altos e significativos para a reprodutibilidade intra ($r=0,86-0,97$) e interavaliador ($r=0,86-0,96$). Entretanto, nesse mesmo estudo, as correlações com os dados radiográficos variaram de 0,32-0,46 para a rotação do pedículo e 0,46-0,54 para o ângulo de Cobb, demonstrando que o escoliômetro apresenta boa reprodutibilidade da medição, mas a validade do método não foi suficiente para a sua utilização isolada no diagnóstico da escoliose.

Em relação ao eletrogoniômetro, os resultados do estudo de Silvano *et al.* (1996) demonstraram pouca precisão para a identificação de curvas de menor magnitude, além de apresentar apenas razoável reprodutibilidade intra-avaliador. Além disso, as grandes diferenças encontradas em comparação ao ângulo de Cobb não permitiram a sua utilização em substituição ao exame radiográfico da escoliose.

No que se refere à fotogrametria, a literatura tem descrito que se trata de uma ferramenta simples, que possibilita a medição quantitativa da postura em um ambiente clínico, possibilitando o monitoramento da progressão da escoliose. Essa técnica é baseada no cálculo de ângulos e distâncias dos segmentos corporais, a partir de fotografias (FORTIN *et al.*, 2010). No estudo de Furlanetto *et al.* (2012), ao investigarem a validade e a reprodutibilidade de um *software* de avaliação postural, que utiliza a fotogrametria, foi observado que essa técnica se mostrou válida e reprodutível (intra e interavaliador), além de ser uma técnica simples e de baixo custo. Não obstante, embora vários estudos apontem para a validade da fotogrametria, parece que ainda não há um consenso sobre os resultados dessa técnica. Como exemplo disso, cita-se o estudo de Döhnert e Tomasi (2008), no qual a fotogrametria computadorizada não se mostrou sensível e específica o suficiente para ser recomendada isoladamente como triagem escolar da escoliose. Dessa maneira, é importante salientar que existem diferentes metodologias que utilizam a técnica da fotogrametria e, por esse motivo, ao optar-se por determinado protocolo de avaliação postural é fundamental atentar-se aos requisitos de validação, como a validade concorrente e a reprodutibilidade intra e interavaliador.

Sendo assim, o escoliômetro parece ser mais adequado para a triagem da escoliose por ser um instrumento de baixo custo que pode ser facilmente ensinado e por fornecer resultados imediatos. Podendo ser considerado útil em avaliações físicas, seja no ambiente escolar ou para treinadores. Por outro lado, o eletrogoniômetro não parece ser um instrumento adequado para a avaliação da escoliose e a fotogrametria, por sua vez, fornece resultados mais abrangentes sobre a postura corporal, não estando limitada apenas à avaliação da magnitude da gibosidade. Diante disso, a fotogrametria pode ser útil em ambiente clínico, auxiliando fisioterapeutas em avaliações e acompanhamentos de pacientes, fornecendo maior riqueza de informações.

Paralelamente aos instrumentos discutidos, a termografia caracteriza-se como um método pouco difundido para a avaliação postural, a qual se propõe a avaliar a escoliose a partir da assimetria térmica, utilizando, para isso, a radiação infravermelha para avaliar as diferenças na temperatura corporal de áreas distintas (COOKE *et al.*, 1980). No estudo de Cooke *et al.* (1980), a precisão preditiva da termografia para a presença de uma curva

escoliótica foi de 95,8% e de 75% para a direção da curva, podendo dessa forma ser utilizada como um método de triagem para a escoliose. É importante salientar que não foram encontrados estudos que descrevessem a validade e a reprodutibilidade dos resultados obtidos com o sistema de termografia. Dessa forma, ainda são necessários estudos que verifiquem esses parâmetros, a fim de possibilitar a utilização dessa técnica para avaliações da coluna vertebral, seja em ambiente clínico ou científico.

No que tange à avaliação tridimensional do tronco, os sistemas conhecidos diferem entre si tanto no método de aquisição de dados de imagem, quanto no grau de automação e sofisticação da análise de dados (DRERUP; HIERHOLZER, 1994). Os sistemas tridimensionais encontrados na presente revisão sistemática podem ser classificados em: (a) topografia de superfície e (b) sistema BACES.

Em geral, os sistemas de topografia utilizam uma projeção de luz na superfície das costas do paciente e, a partir de uma fotografia digital, estimam uma linha central dos corpos vertebrais e realizam cálculos em três dimensões. Dentre esses sistemas, podem-se citar: o ISIS, o ISIS2, o Quantec, o Jenoptik Formetric, os Mapas ortogonais e o sistema de escaneamento a laser, os quais apresentam algumas características distintas entre si, como, por exemplo, a necessidade de marcação de pontos anatômicos e a velocidade de processamento, entre outros.

O sistema ISIS foi substituído pelo sistema ISIS2, pois necessitava de marcação manual de pontos, apresentava baixa resolução espacial e longo tempo de escaneamento (DRERUP; HIERHOLZER, 1994; TURNER-SMITH *et al.*, 1988). O ISIS2, por sua vez, ainda necessita de marcação manual dos pontos anatômicos, mas permite uma avaliação mais rápida e fácil. No entanto, justamente por necessitar deste tipo de marcação de pontos, como os demais sistemas tridimensionais, esse método necessita de um operador experiente (BERRYMAN *et al.*, 2008). Ao analisar as questões referente à validade do sistema ISIS2, Zubovic *et al.* (2008) não encontraram nenhuma diferença estatisticamente significativa entre os ângulos do ISIS2 e os ângulos Cobb. Do mesmo modo, Berryman *et al.* (2008) também encontraram boa comparação entre os resultados do sistema ISIS2 e os ângulos Cobb. Entretanto, estes resultados não apresentam validade pelo fato da concordância não ser apresentada e os resultados serem referentes a apenas dois sujeitos, o que não permite a extrapolação dos mesmos. Além disso, nesse mesmo estudo foi sugerido que a relação entre os resultados do ISIS2 e ângulo Cobb radiográfico poderá ser limitada aos pacientes que são extremamente obesos ou que possuem massa musculatura desenvolvida, devido à dificuldade de identificar e marcar os pontos ósseos para a realização do exame (BERRYMAN *et al.*,

2008). Cabe, ainda, ressaltar que esta interferência não foi mensurada até o presente momento, restando inúmeras questões a serem investigadas.

No estudo que avaliou a correspondência de exames radiográficos com o exame topográfico de Quantec foi encontrada elevada e significativa correlação entre ambos ($r=$ de 0,812) e um coeficiente de determinação de $r^2=0,66$, sugerindo a validade das informações geradas pelo sistema Quantec (GOLDBERG *et al.*, 2001).

No estudo de Drerup e Hierholzer (1994), utilizando o sistema Jenoptik Formetric, foi observado uma diferença de aproximadamente 4 mm entre as curvas radiográficas e as do Jenoptik Formetric, além de uma diferença de 3° na avaliação da rotação vertebral. Segundo os autores, essa precisão deve ser suficiente para a utilização clínica desse método, entretanto, a determinação de parâmetros comparáveis com o ângulo de Cobb ainda não foi possível, limitando a sua utilização clínica, já que o parâmetro Cobb é, normalmente, o escolhido como referência para o acompanhamento das curvaturas.

O sistema de mapas ortogonais, ao avaliar indivíduos com escoliose, apresentou precisão na classificação de alterações posturais de 95,5% (AJEMBA *et al.*, 2007). Entretanto, os resultados desse sistema foram comparados ao exame médico clínico e não ao exame radiográfico, fragilizando seus resultados. Além disso, não foram apresentados resultados referentes à reprodutibilidade do sistema.

No que se refere ao sistema de escaneamento a laser, foi possível observar uma boa concordância com os parâmetros clínicos em detectar a mudança da magnitude de escoliose, indicando que os mapas de diferenças podem detectar e descrever as alterações nas curvas escolióticas avaliadas. Entretanto, em alguns casos, o instrumento apresentou desacordo com o exame clínico, o que impossibilita a sua utilização isolada para fins de diagnóstico (BERG *et al.*, 2002). Além disso, questões relevantes sobre a validade do sistema ainda precisam ser investigadas. Em suma, percebe-se que há uma carência na literatura no que se refere aos aspectos de validade dos sistemas de avaliação postural por meio da topografia, não sendo possível, assim, assegurar a confiabilidade dos dados gerados por esses sistemas, tornando limitada a sua utilização por profissionais da saúde como médicos, educadores físicos e fisioterapeutas.

Outro sistema que busca avaliar tridimensionalmente a escoliose, também descrito na literatura, é o sistema BACES, descrito como um “braço articulado”, o qual é deslizado sobre a superfície das costas, permitindo o processamento computadorizado da projeção das curvaturas da coluna vertebral sobre a superfície do dorso. Esse sistema foi capaz de detectar a rotação da superfície com boa precisão, de modo que a escoliose verdadeira pôde ser

facilmente identificada por meio da detecção de seu componente rotacional. Além disso, a reprodutibilidade intra e interavaliadores do sistema BACES apresentou pequenos erros na medição da escoliose, geralmente inferiores a 3°, e uma variabilidade inferior a 2° para as rotações (D'OSUALDO *et al.*, 2002). Destaca-se, porém, que esse estudo realizou avaliações apenas em um manequim e em dois voluntários, o que não permite assegurar a reprodutibilidade do sistema BACES para a população em geral, e que questões referentes à validade concorrente ainda necessitam ser investigadas.

Segundo Turner-Smith *et al.* (1988) e Drerup e Hierholzer (1994), diferentes métodos de avaliação da postura corporal por meio da superfície das costas têm sido descritos com o objetivo de reduzir o elemento subjetivo da avaliação postural. Entretanto, até o momento, os autores parecem concordar que qualquer medição de superfície deve ser considerada como um complemento ao exame clínico e ao radiográfico, pois a relação entre a superfície do dorso e o alinhamento do corpo vertebral não está totalmente estabelecida (D'OSUALDO *et al.*, 2002). Além disso, para a utilização desses instrumentos é necessário, primeiramente, atentar-se aos aspectos de validade, optando por instrumentos que preencham os requisitos básicos de reprodutibilidade e validade, além de selecionar o instrumento que melhor se adapte às necessidades, como os custos, a praticidade, o número de operadores necessários e o tempo de realização do exame, entre outros.

1.5 CONCLUSÃO

A partir dessa revisão sistemática, foi possível observar que, grande parte dos métodos de avaliação da coluna vertebral apresentaram resultados satisfatórios para a avaliação não invasiva da escoliose, sendo observadas diferenças entre os métodos utilizados no que tange: ao tipo de instrumento, ao tempo necessário para a avaliação, à dificuldade técnica para a avaliação, ao custo do sistema e aos resultados apresentados, se bidimensionais ou tridimensionais.

Quanto a repetibilidade e reprodutibilidade dos sistemas, obteve-se níveis satisfatórios para a fotogrametria, sistema BACES, escoliômetro e eletrogoniômetro, sendo possível assim, a utilização desses instrumentos para o acompanhamento da escoliose, pelo mesmo avaliador ou por avaliadores diferentes, com o objetivo de reduzir a exposição frequente à radiação ionizante. Além disso, a validade concorrente apresentou níveis adequados para os instrumentos ISIS2, Quantec, escoliômetro, eletrogoniômetro e fotogrametria, sendo possível

concluir que esses métodos caracterizam-se, então, como alternativas de menor custo para a avaliação da escoliose, o que facilita o acesso da população.

Por fim, esta revisão sistemática forneceu uma visualização das evidências científicas no que tange aos instrumentos não invasivos de avaliação da escoliose, com o objetivo de fornecer informações que possam facilitar a escolha do instrumento de avaliação pelos profissionais da saúde. No entanto, considerando que somente dois estudos forneceram fortes evidências científicas sobre os métodos não invasivos de avaliação da coluna vertebral, um avaliando o eletrogoniômetro e outro o escoliômetro, entende-se que os aspectos de validação ainda são pouco investigados, havendo carência de estudos com adequada qualidade metodológica, necessitando, portanto, de investigações futuras que supram essa deficiência na literatura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AJEMBA, P.O. *et al.* Classifying torso deformity in scoliosis using orthogonal maps of the torso. **Medical & Biological Engineering & Computing**, v.45, n.6, p.575–584, 2007.
- AJEMBA, P.O. *et al.* Validating an imaging and analysis system for assessing torso deformities. **Computers in Biology and Medicine**, v.38, n.3, p.294–303, 2008.
- AMENDT, L.E. *et al.* Validity and reliability testing of the Scoliometer. **Physical Therapy**, v.70, n.2, p.108–117, 1990.
- BERG, D.C. *et al.* Using three-dimensional difference maps to assess changes in scoliotic deformities. **Medical & Biological Engineering & Computing**, v.40, n.3, p.290–295, 2002.
- BERRYMAN, F. *et al.* A new system for measuring three-dimensional back shape in scoliosis. **European Spine Journal**, v.17, n.5, p.663–672, 2008.
- BUNNELL, W.P.; DELAWARE, W. An objective criterion for scoliosis screening. **The Journal of Bone & Joint Surgery**, v.66, n.9, p.1381–1387, 1984.
- CHEN, Y-L.; LEE, Y-H. A non-invasive protocol for the determination of lumbosacral vertebral angle. **Clinical Biomechanics**, v.12, n.3, p.185–189, 1997.
- COOKE, E.D. *et al.* Identifying scoliosis in adolescent with thermography: a preliminary study. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, v.148, p.172–176, 1980.

- DÖHNERT, M.B.; TOMASI, E. Validity of computed photogrammetry for detecting idiopathic scoliosis in adolescents. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v.12, n.4, p.290–297, 2008.
- D'OSUALDO, F. *et al.* New tridimensional approach to the evaluation of the spine through surface measurement: the BACES system. **Journal of Medical Engineering & Technology**, v.26, n.3, p.95–105, 2002.
- DRERUP, B.; HIERHOLZER, E. Back shape measurement using video rasterstereography and three-dimensional reconstruction of spinal shape. **Clinical Biomechanics**, v.9, n.1, p.28–36, 1994.
- FORTIN, C. *et al.* Validity of a quantitative clinical measurement tool of trunk posture in idiopathic scoliosis. **Spine**, v.35, n.19, p.E988–E994, 2010.
- FURLANETTO, T.S. *et al.* Validating a postural evaluation method developed using a Digital Image-based Postural Assessment (DIPA) software. **Computer methods and programs in biomedicine**, v.108, n.1, p.203–212, 2012.
- GOLDBERG, C.J. *et al.* Surface topography, Cobb angles, and cosmetic change in scoliosis. **Spine**, v.26, n.4, p.E55–E63, 2001.
- JANICKI, J.A.; ALMAN, B. Scoliosis: review of diagnosis and treatment. **Paediatrics & Child Health**, v.12, n.9, p.771–776, 2007.
- JEFFERSON, R.J. *et al.* Scoliosis surgery and its effect on back shape. **The journal of bone and joint surgery**, v.70-B, n.2, p.261–266, 1988.
- KOROVESSIS, P.G.; STAMATAKIS, M.V. Prediction of scoliotic Cobb angle with the use of the Scoliometer. **Spine**, v.21, n.14, p.1661–1666, 1996.
- LOU, E. *et al.* Continuous assessment of posture in adolescent idiopathic scoliosis. **Proceedings of the IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering**, v.3, p.1511–1515, 1999.
- MAC-THIONG, J-M. *et al.* Comparison between constrained and non-constrained Cobb techniques for the assessment of thoracic kyphosis and lumbar lordosis. **European Spine Journal**, v.16, n.9, p.1325–1331, 2007.
- OLIVEIRA, M.R.F.; GOMES, A.C.; TOSCANO, C.M. QUADAS e STARD: avaliação da qualidade de estudos de acurácia de testes diagnósticos. **Revista de Saúde Pública**, v.45, n.2, p.416–422, 2011.
- SAAD, K.R. *et al.* Reliability of photogrammetry in the evaluation of the postural aspects of individuals with structural scoliosis. **Journal of Bodywork & Movement Therapies**, v.16, n.2, p.210–216, 2012.
- SILVANO, A.M. *et al.* A comparison of radiographic and electrogoniometric angles in adolescent idiopathic scoliosis. **Spine**, v.21, n.13, p.1549–1555. 1996.
- THEOLOGIS, T.N. *et al.* Early Detection of progression in adolescent idiopathic scoliosis by measurement of changes in back shape with Integrated Shape Imaging System Scanner. **Spine**, v.22, n.11, p.1223–1227, 1997.

TURNER-SMITH, A.R. *et al.* A method for analysis of back shape in scoliosis. **Journal of Biomechanics**, v.21, n.6, p.497–509, 1988.

WEISZ, I. *et al.* ISIS scanning: a useful assessment technique in the management of scoliosis. **Spine**, v.13, n.4, p.405–408, 1988.

WHITING, P. *et al.* Development and validation of methods for assessing the quality of diagnostic accuracy studies. **Health Technology Assessment**, v.8, n.25, p.1–234, 2004.

WHITING, P. *et al.* The development of QUADAS: a tool for the quality assessment of studies of diagnostic accuracy included in systematic reviews. **BMC Medical Research Methodology**, v.3, n.25, p.1–13, 2003.

ZUBOVIC, A. *et al.* New method of scoliosis deformity assessment: ISIS2 system. **Studies in Health Technology and Informatics**, v.140, p.157–60, 2008.

CAPÍTULO 2

ARTIGO DE REVISÃO SISTEMÁTICA

Métodos não invasivos de avaliação postural da coluna vertebral no plano sagital: uma revisão sistemática

Noninvasive assessment of postural spinal posture in the sagittal plane: a systematic review

RESUMO

As alterações das curvaturas no plano sagital comumente são associadas a prejuízos funcionais, por isso, a avaliação dessas curvaturas é um fator importante tanto no ambiente clínico como em pesquisas. Sendo assim, com o intuito de facilitar a escolha do instrumento adequado para avaliação nas diferentes situações clínicas ou para as pesquisas científicas, o objetivo desta revisão sistemática foi verificar as evidências científicas no que tange os aspectos de validação dos diferentes métodos não invasivos de avaliação da coluna vertebral no plano sagital. Realizou-se uma busca sistemática nas bases de dados Scopus, Science Direct e PubMed, com as palavras-chave: “*Noninvasive instrument*” OR “*Non-invasive Monitoring*” OR *Measurement* OR *Measurements* OR “*Postural Assessment*” OR “*Postural Evaluation Methods*” OR “*Non-radiological Measures*” AND “*Spine Curvatures*” OR “*Lumbar Curvatures*” OR “*Thoracic Curvatures*” OR “*Thoracic Curve*” OR “*Lordosis Curve*” OR “*Thoracic Kyphosis*” OR “*Lumbar Lordosis*” OR *Kyphosis* OR *Lordosis* OR “*Postural Assessment*” AND *Validation* OR *Validity* OR *Repeatability* OR *Reproducibility* OR *Reliability* OR *Accurate* OR *Accuracy*. Adotou-se como critérios de inclusão: (a) realizar avaliação não invasiva das curvaturas da coluna vertebral; (b) realizar avaliação no plano sagital da cifose torácica ou da lordose lombar; (c) avaliar algum aspecto de validação; (d) estar redigido na língua inglesa e (e) ter sido publicado nas últimas três décadas; e de exclusão: pontuação mínima de três critérios da escala QUADAS. Inicialmente, foram encontrados 438 artigos, desses, 51 estudos preenchem os critérios de inclusão desta revisão sistemática. Após, foram analisadas as referências bibliográficas dos estudos, sendo selecionados 19 artigos, totalizando 70 artigos pré-selecionados para a presente revisão sistemática. Desses, 52 artigos foram, finalmente, incluídos por preencherem o critério de qualidade. A partir desta revisão sistemática foi possível observar que os instrumentos fotogrametria, flexicurva, arcômetro e cifômetro de DeBrunner apresentaram resultados satisfatórios para todos os aspectos de validade na avaliação da cifose torácica. E os instrumentos fotogrametria, inclinômetro, flexicurva, arcômetro e cifolordômetro apresentaram resultados satisfatórios para todos os aspectos de validade para a avaliação da lordose lombar. Além disso, outros instrumentos também podem ser utilizados no acompanhamento clínico, seja pelo mesmo avaliador ou por avaliadores diferentes, sendo eles: o Jenoptik Formetric, o *Spinal Mouse*, o *Spinal Wheel* e o sistema de Vídeo CODA. Por fim, observou-se que ainda há carência na literatura de estudos de validação dos instrumentos de avaliação da coluna vertebral no plano sagital e dessa forma, sugere-se a realização de novos estudos que avaliem esses aspectos, para tornar-se possível a utilização desses instrumentos de maneira mais ampla e confiável.

Palavras-chave: avaliação; postura; métodos.

ABSTRACT

The changes of the curvatures in the sagittal plane are commonly associated with functional impairments, therefore the evaluation of these curvatures is an important factor in both the clinical environment as for research. Therefore, in order to facilitate the choice of the appropriate instrument for evaluation in different clinical situations or for scientific researches, the objective of this systematic review was to verify the scientific evidences regarding the validation aspects of the different noninvasive spine evaluation methods in the sagittal plane. It was performed a systematic search in the databases Scopus, Science Direct and PubMed with the keywords: “*Noninvasive instrument*” OR “*Non-invasive Monitoring*” OR *Measurement* OR *Measurements* OR “*Postural Assessment*” OR “*Postural Evaluation Methods*” OR “*Non-radiological Measures*” AND “*Spine Curvatures*” OR “*Lumbar Curvatures*” OR “*Thoracic Curvatures*” OR “*Thoracic Curve*” OR “*Lordosis Curve*” OR “*Thoracic Kyphosis*” OR “*Lumbar Lordosis*” OR *Kyphosis* OR *Lordosis* OR “*Postural Assessment*” AND *Validation* OR *Validity* OR *Repeatability* OR *Reproducibility* OR *Reliability* OR *Accurate* OR *Accuracy*. It was adopted as inclusion criteria: (a) perform noninvasive evaluation of the spinal curvatures; (b) perform in the sagittal plane the thoracic kyphosis or lumbar lordosis evaluation; (c) evaluate some aspect of validation; (d) be written in English ; (e) have been published over the past three decades; and exclusion: minimum score of three criteria of the QUADAS scale. Initially, 438 articles were found, of these, 51 studies fulfilled the inclusion criteria for this systematic review. After it was analyzed the references of studies, being selected 19 articles, totaling 70 items pre-selected for this systematic review. Of these, 52 articles were finally included for fulfilling the quality criteria. Based on this systematic review it was possible to observe that the instruments photogrammetry, flexicurve, archometer and DeBrunner's kyphometer showed satisfactory results for all aspects of validity in the thoracic kyphosis evaluation. And the instruments photogrammetry, inclinometer, flexicurve, archometer, kypholordometer and Software AutoCAD showed satisfactory results for all aspects of validity for lumbar lordosis evaluation. Furthermore, other instruments can also be used in the clinical follow either by the same rater or the different raters, namely: the Jenoptik Formetric the Mouse Spinal, Spinal Wheel and CODA Video system. Finally, it was noted that there is still a lack in literature of studies of validation of spinal evaluation instruments in the sagittal plane and thereby it is suggested the performance of new studies to evaluate these aspects, to make it possible to use these instruments more widely and reliably.

Keywords: evaluation; posture; methods.

2.1 INTRODUÇÃO

A coluna vertebral, em condições fisiológicas, é composta por uma sucessão de curvas sagitais harmoniosas de direções opostas: lordose lombar, cifose torácica e lordose cervical. Essas curvas são constituídas durante o crescimento e as suas magnitudes variam de um indivíduo para outro. Para cada indivíduo, as curvaturas sagitais da coluna vertebral são resultados de um equilíbrio “econômico” para a manutenção da postura ortostática (LOUBRESSE, VIALLE E WOLFF, 2005).

As alterações das curvaturas no plano sagital caracterizam-se pelo aumento ou redução das magnitudes dessas curvas e comumente são relatados prejuízos funcionais associados, por exemplo, ao aumento da cifose torácica e à redução da lordose lombar. Em diversos estudos, o aumento da curvatura torácica tem sido associada com a redução da mobilidade espinhal (MIYAKOSHI *et al.*, 2003), com a presença de dor nas costas (ENSRUD *et al.*, 1997), com o aumento do risco de fraturas (HUANG *et al.*, 2006) e de quedas (KADO *et al.*, 2007), além de provocar a redução da qualidade de vida (MIYAKOSHI *et al.*, 2003; IMAGAMA *et al.*, 2011) e o aumento da mortalidade (KADO *et al.*, 2009). A redução da lordose lombar também tem sido associada com presença de dor lombar (CHALÉAT-VALAYER *et al.*, 2011), ao maior risco de quedas (ISHIKAWA *et al.*, 2012) e com a redução da qualidade de vida (IMAGAMA *et al.*, 2011).

Por esses motivos, a avaliação das curvaturas da coluna vertebral é um fator importante tanto no ambiente clínico como em pesquisas. Clinicamente auxilia na escolha de técnicas de tratamento, pois as terapias são propostas com base no grau da curvatura ou na progressão da mesma. Já no ambiente de pesquisa, a avaliação das curvaturas é fundamental para que os resultados dos efeitos dos tratamentos em estudos de intervenção possam ser relatados de forma adequada (CARMAN, BROWNE E BIRCH, 1990).

Apesar da importância clínica dessas alterações, pouco se sabe sobre suas causas e consequências e, para entender melhor esses aspectos, são necessários estudos epidemiológicos de grande escala. No entanto, para que esses estudos possam ser realizados, uma avaliação consistente e eficaz dos ângulos da coluna vertebral faz-se necessária (KADO *et al.*, 2006). A avaliação das curvaturas da coluna vertebral geralmente é realizada por meio da radiografia, a qual, apesar de possuir valor inestimável no diagnóstico e acompanhamento angular das curvaturas, tem apresentado inúmeras desvantagens, como por exemplo, a distorção produzida na imagem radiológica, o que limita a qualidade da imagem e muitas vezes dificulta a interpretação do exame, (GOH *et al.*, 2000) provocando grandes erros interavaliadores (CARMAN, BROWNE E BIRCH, 1990). Além disso, outras desvantagens importantes são a exposição à radiação ionizante (D'OSUALDO, SCHIERANO E IANNIS, 1997), o custo e a dificuldade técnica, impossibilitando a utilização desse equipamento tanto no ambiente clínico dos fisioterapeutas quanto na realidade dos estudos epidemiológicos.

Portanto, devido a estes riscos e limitações das radiografias, tem havido um crescente interesse na avaliação quantitativa não invasiva da coluna vertebral no plano sagital, pois a avaliação anatômica e biomecânica da coluna vertebral frequentemente necessita de dados quantitativos (SINGER, JONES E BREIDAHN, 1990). Essas medidas não invasivas

apresentam como vantagens o baixo custo, a menor dificuldade técnica e a ausência de efeitos secundários, porém, o instrumento ideal deve ser ainda eficaz, preciso, de tamanho pequeno, fácil de usar e com preços razoáveis (D'OSUALDO, SCHIERANO E IANNIS, 1997).

Atualmente, observam-se na literatura inúmeras metodologias para a avaliação da coluna vertebral a partir da superfície das costas. No entanto, para a utilização adequada desses instrumentos não invasivos é necessário atentar-se aos aspectos de validade. Dessa forma, com o intuito de facilitar a escolha do instrumento adequado para as diferentes situações clínicas ou para as pesquisas científicas, o objetivo desta revisão sistemática foi verificar as evidências científicas no que tange os aspectos de validação dos diferentes métodos alternativos para avaliação não invasiva da coluna vertebral no plano sagital.

2.2 METODOLOGIA

Foi realizada uma busca sistemática de artigos científicos nas bases de dados Scopus, Science Direct e PubMed, no mês de abril de 2013. As palavras-chave utilizadas foram: “*Noninvasive instrument*” OR “*Non-invasive Monitoring*” OR *Measurement* OR *Measurements* OR “*Postural Assessment*” OR “*Postural Evaluation Methods*” OR “*Non-radiological Measures*” AND “*Spine Curvatures*” OR “*Lumbar Curvatures*” OR “*Thoracic Curvatures*” OR “*Thoracic Curve*” OR “*Lordosis Curve*” OR “*Thoracic Kyphosis*” OR “*Lumbar Lordosis*” OR *Kyphosis* OR *Lordosis* OR “*Postural Assessment*” AND *Validation* OR *Validity* OR *Repeatability* OR *Reproducibility* OR *Reliability* OR *Accurate* OR *Accuracy*.

Para compor a presente revisão sistemática, os artigos encontrados deveriam preencher os seguintes critérios de inclusão: (a) realizar avaliação não invasiva das curvaturas da coluna vertebral; (b) realizar avaliação no plano sagital da cifose torácica ou da lordose lombar; (c) avaliar algum aspecto de validação; (d) estar redigido na língua inglesa e (e) ter sido publicado nas últimas três décadas.

Todos os procedimentos de busca, seleção, avaliação da qualidade, leitura e extração dos dados dos artigos foram realizados por dois avaliadores independentes. Nos casos de divergência de opiniões entre os avaliadores, um terceiro avaliador foi convidado para realizar a avaliação do artigo.

Inicialmente, os estudos foram selecionados a partir da leitura dos títulos e resumos, sendo que os artigos que apresentavam potencial para serem incluídos na pesquisa foram lidos e analisados na íntegra. Após foram finalmente incluídos nesta revisão sistemática aqueles que cumpriram com todos os critérios de inclusão citados anteriormente. Complementando

esse processo as referências bibliográficas de cada artigo incluído foram, ainda, averiguadas com o objetivo de encontrar artigos não localizados na busca eletrônica.

Foi utilizada a escala QUADAS (*Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies*), para avaliar a qualidade dos estudos, a qual consiste em um questionário com 14 critérios, os quais são respondidos como “sim”, “não” ou “pouco clara” (WHITING *et al.*, 2003). Essa escala pode ser utilizada na íntegra ou não, sendo de responsabilidade do pesquisador selecionar os itens considerados relevantes ou indispensáveis para o teste em análise (WHITING *et al.*, 2004).

Sendo assim, no presente estudo foram utilizados apenas 11 critérios da escala QUADAS. Não foram utilizados os critérios: (a) “o padrão-ouro é independente do teste em avaliação?”, pois as avaliações posturais não invasivas são instrumentos distintos ao padrão-ouro, não havendo necessidade de avaliar esse item; (b) “os resultados não interpretáveis foram relatados?”, pois este item não é aplicável para instrumentos de avaliação postural; e (c) “os dados clínicos foram os mesmos que são usados na prática rotineira?”, pois a interpretação dos resultados dos instrumentos de avaliação postural, geralmente, não dependem de outros dados clínicos e, dessa forma, não há propósito na categorização desse critério (WHITING *et al.*, 2003). Além disso, a questão “os resultados do teste em avaliação foram interpretados sem o conhecimento dos resultados do teste padrão-ouro?” foi adaptada para os artigos que apresentavam avaliação da reprodutibilidade, a fim de avaliar o cegamento entre os avaliadores.

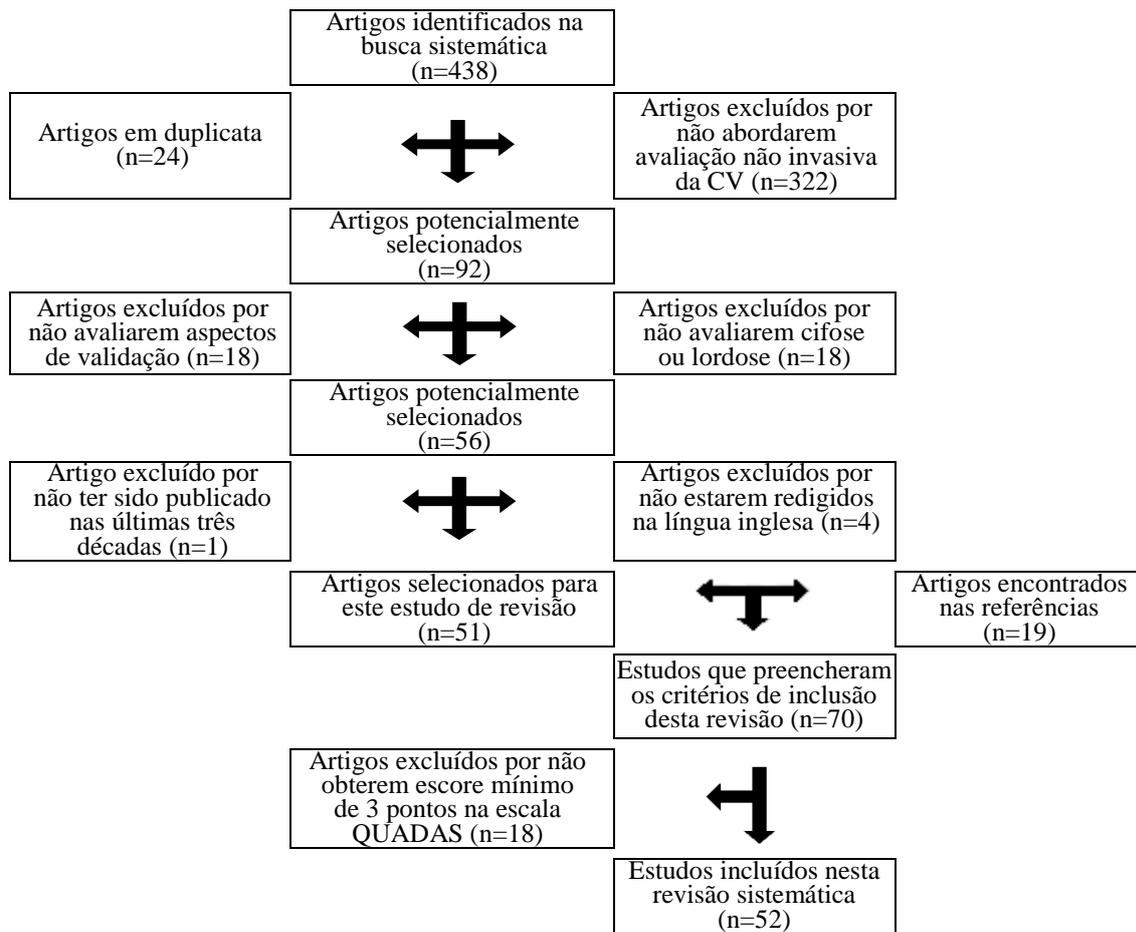
A escala QUADAS não determina qual o escore mínimo para determinar a qualidade dos estudos, cabendo ao pesquisador essa decisão (OLIVEIRA, GOMES E TOSCANO, 2011). Dessa forma, adotou-se como critério de exclusão desta revisão sistemática a pontuação mínima de três critérios da escala QUADAS. Além disso, com o objetivo de classificar a evidência científica dos estudos, foram adotados os seguintes critérios: (a) artigos com três a cinco critérios da escala QUADAS foram classificados como tendo “fraca evidência”; (b) artigos com seis a oito critérios da escala QUADAS foram classificados como tendo “moderada evidência” e (c) artigos com nove a 11 critérios da escala QUADAS foram classificados como tendo “forte evidência”.

Considerando a divergência de nomenclatura entre os estudos, para os critérios de validação dos instrumentos e para facilitar a comparação entre os resultados, nesta revisão sistemática padronizou-se a nomenclatura da seguinte forma: repetibilidade foi considerada como o grau de concordância obtido entre avaliações realizadas em instantes sucessivos pelo mesmo avaliador; reprodutibilidade intra-avaliador como o grau de reprodutibilidade das

medições realizadas pelo mesmo avaliador, variando o tempo entre as coletas (com intervalo mínimo de um dia); reprodutibilidade interavaliador como o grau de reprodutibilidade das medições realizadas por diferentes observadores; e validade como a concordância entre o instrumento em teste e o instrumento considerado padrão-ouro para a avaliação variável em estudo (INTERNATIONAL VOCABULARY OF METROLOGY, 2008).

2.3 RESULTADOS

Inicialmente, foram encontrados 438 artigos a partir das palavras-chave utilizadas. Desses, foram excluídos 24 estudos por serem duplicatas, 322 por não realizarem avaliação não invasiva das curvaturas da coluna vertebral, 18 por não avaliarem algum aspecto de validação, 18 por não realizarem avaliação de cifose torácica ou lordose lombar no plano sagital, 1 por não ter sido publicado nas últimas três décadas e 4 por não estarem redigidos na língua inglesa. Sendo assim, inicialmente, 51 estudos foram incluídos nesta revisão sistemática. Após, foram analisadas as referências bibliográficas dos estudos incluídos e, a partir dessa análise, observou-se que 19 artigos contemplavam os critérios de inclusão, totalizando 70 artigos pré-selecionados para comporem a presente revisão sistemática (Figura 1).

Figura 1 – Fluxograma da seleção de artigos.

Os estudos pré-selecionados foram avaliados quanto a sua qualidade metodológica utilizando os critérios da escala QUADAS (TABELA 1). Dos 70 artigos avaliados, 18 foram excluídos por não obterem o critério mínimo estipulado de três pontos na escala, logo, 52 artigos foram, finalmente, incluídos nesta revisão sistemática. Ao analisar a Tabela 1, percebe-se que 24 estudos apresentaram fraca evidência científica, 16 estudos moderada evidência e 12 estudos forte evidência.

Tabela 1- Resultados da avaliação da qualidade dos estudos, por meio da Escala QUADAS.

Estudos 1º autor (ano)	Critérios Escala QUADAS											Total (nº de ✓)	Classificação da evidência
	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	14		
Ranavolo (2013)	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	?	×	7	Moderada
Celan (2012)	×	✓	—	—	×	—	✓	—	—	—	×	2	—
Consmüller (2012)	✓	✓	—	—	×	—	✓	—	—	—	×	3	Fraca
Czaprowski (2012)	✓	✓	—	—	×	—	✓	—	✓	—	×	4	Fraca
Edmondston (2012)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	×	9	Forte

Fölsch (2012)	✓	✓	—	—	×	—	✓	—	?	—	✓	4	Fraca
Fortin (2012)	?	✓	—	—	×	—	✓	—	?	—	×	2	—
Gravina (2012)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	×	?	?	×	6	Moderada
O'Sullivan (2012)	?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	?	✓	8	Moderada
Oliveira (2012)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	×	9	Forte
Rankine (2012)	×	×	—	—	×	—	×	—	×	—	×	0	—
Williams (2012)	?	✓	—	—	×	—	✓	—	—	—	×	2	—
Zaina (2012)	?	×	—	—	×	—	?	—	—	—	×	0	—
Chaise (2011)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	×	10	Forte
Greendale (2011)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	✓	10	Forte
Letafatkar (2011)	✓	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	?	?	×	7	Moderada
MacIntyre (2011)	✓	✓	—	—	×	—	✓	—	✓	—	×	4	Fraca
Saad (2011)	?	✓	—	—	×	—	✓	—	✓	—	✓	5	Fraca
Dunleavy (2010)	×	✓	—	—	×	—	✓	—	✓	—	×	3	Fraca
Ferreira (2010)	?	×	×	—	×	—	✓	—	✓	—	×	2	—
Fortin (2010)	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	×	8	Forte
Lewis (2010)	✓	✓	—	—	×	—	✓	—	✓	—	×	4	Fraca
Melvin (2010)	✓	✓	—	—	×	—	✓	—	—	—	×	3	Fraca
O'Sullivan (2010)	✓	✓	—	—	×	—	✓	—	—	—	×	3	Fraca
Perriman (2010)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	?	×	8	Moderada
Sheeran (2010)	✓	✓	—	—	×	—	✓	—	?	—	×	3	Fraca
Singh (2010)	✓	✓	—	—	×	—	✓	—	?	—	×	3	Fraca
Williams (2010)	?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	?	×	7	Moderada
McAlpine (2009)	?	✓	—	—	×	—	✓	—	—	—	×	2	—
Seidi (2009)	✓	×	✓	?	×	✓	✓	✓	?	?	×	5	Fraca
Souza (2009)	✓	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	10	Forte
Kellis (2008)	✓	✓	—	—	×	—	✓	—	✓	—	×	4	Fraca
Perry (2008)	?	✓	—	—	×	—	✓	—	—	—	×	2	—
Rajabi (2008)	?	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	?	?	×	6	Moderada
Van Niekerk (2008)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	✓	9	Forte
Zubovic (2008)	✓	×	—	—	×	—	×	—	—	—	×	1	—
Normand (2007)	?	×	—	—	×	—	✓	—	✓	—	×	2	—
Teixeira (2007)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	?	✓	×	8	Moderada
Kado (2006)	✓	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	?	?	✓	8	Moderada
Campbell-Kyureghyan (2005)	✓	✓	✓	?	✓	×	✓	✓	?	?	✓	7	Moderada
Dunk (2005)	✓	✓	—	—	×	—	✓	—	—	—	×	3	Fraca
Dunk (2004)	?	✓	—	—	×	—	✓	—	—	—	×	2	—
Hinman (2004)	✓	✓	—	—	×	—	✓	—	?	—	×	3	Fraca
Mannion (2004)	✓	×	—	—	×	—	✓	—	✓	—	×	3	Fraca
D'Osualdo (2002)	×	?	—	—	×	—	✓	—	✓	—	×	2	—
Leroux (2002)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	?	✓	9	Forte
Korovessis (2001)	✓	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	✓	?	×	8	Moderada
Ng (2001)	✓	✓	—	—	×	—	✓	—	—	—	✓	4	Fraca
Arnold (2000)	✓	✓	—	—	×	—	✓	—	✓	—	×	4	Fraca
Leroux (2000)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	?	✓	9	Forte
McGorry (2000)	?	✓	×	?	✓	✓	✓	×	?	?	×	4	Fraca
Watson (2000)	?	✓	—	—	×	—	✓	—	—	—	×	2	—
Goh (1999)	✓	×	—	—	×	—	✓	—	—	—	×	2	—
Kovac (1999)	✓	×	✓	?	✓	✓	✓	✓	?	?	×	6	Moderada
Lundon (1998)	✓	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	✓	?	×	8	Moderada

D'Oswaldo (1997)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	×	9	Forte
Whittle (1997)	×	✓	—	—	×	—	✓	—	—	—	×	2	—
Caine (1996)	×	×	—	—	×	—	✓	—	—	—	×	1	—
Levine (1996)	✓	✓	—	—	×	—	✓	—	?	—	×	3	Fraca
Raine (1994)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	11	Forte
Griegel-Morris (1992)	?	✓	—	—	×	—	✓	—	?	?	×	2	—
Bryan (1990)	✓	✓	✓	?	✓	✓	✓	✓	✓	?	×	8	Moderada
Bryan (1989)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	?	✓	9	Forte
Lovell (1989)	?	✓	—	—	×	—	✓	—	✓	—	✓	4	Fraca
Öhlén (1989)	?	×	—	—	×	—	✓	—	✓	—	×	2	—
Walker (1987)	?	✓	—	—	×	—	✓	—	✓	—	×	3	Fraca
Adams (1986)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	✓	×	8	Moderada
Burdett (1986)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	?	×	8	Moderada
Hart (1986)	?	×	✓	?	×	✓	✓	✓	?	?	×	4	Fraca
Mellin (1986)	✓	✓	—	—	×	—	✓	—	—	—	×	3	Fraca

CRITÉRIOS ESCALA QUADAS: 1) O espectro de pacientes foi representativo dos pacientes que receberão o teste na rotina? 2) Os critérios de seleção foram claramente descritos? 3) É adequado o padrão de referência para classificar corretamente a condição de alvo? 4) O período entre a aplicação do padrão-ouro e o teste em avaliação foi curto o suficiente para que se tenha segurança de que não houve mudanças no estado de saúde do indivíduo testado? 5) A amostra total ou uma subamostra randomizada realizou o diagnóstico pelo padrão-ouro? 6) Os pacientes receberam o mesmo teste como padrão-ouro, independente do resultado obtido pelo teste em avaliação? 8) A execução do teste em avaliação foi descrita com suficientes detalhes, permitindo a sua replicação? 9) A execução do teste padrão-ouro foi descrita com suficientes detalhes, permitindo a sua replicação? 10) Os resultados do teste em avaliação foram interpretados sem o conhecimento dos resultados do teste padrão-ouro? 11) Os resultados do teste padrão-ouro foram interpretados sem o conhecimento dos resultados do teste em avaliação? 14) As perdas do estudo foram explicadas?

RESPOSTAS AOS CRITÉRIOS: ✓ = Sim; × = Não; ? = Pouco clara; — = Não se aplica.

No Quadro 1 são apresentados e descritos os 52 estudos incluídos nesta revisão, os quais apresentam aspectos de validação de algum instrumento de avaliação postural não invasiva da coluna vertebral no plano sagital. São também apresentados os aspectos relacionados ao objetivo, ao instrumento utilizado, à metodologia e os resultados dos estudos.

Quadro 1- Síntese dos 53 estudos incluídos na presente revisão sistemática.

1º autor (ano)	Objetivo	Instrumento	Metodologia	Resultados
Ranavolo (2013)	Verificar a validade do instrumento para mensurar as curvaturas torácica e lombar.	Sistema optoeletrônico	n=10 Foram realizadas avaliações com gravação de optoeletrônicos e Raios-X.	Houve diferenças significativas na avaliação da validade para as curvaturas torácica e lombar.
Consmüller (2012)	Verificar a reprodutibilidade intra-avaliador do instrumento para avaliar as curvaturas torácica e lombar.	<i>SPINE Epionics</i>	n=30 Foram realizadas avaliações em 3 dias (intervalo de 5 dias).	Reprodutibilidade intra-avaliador: torácica (ICC=0,87) e lombar (ICC=0,85).
Czaprowski (2012)	Verificar a reprodutibilidade intra e interavaliador do instrumento para mensurar as curvaturas torácica e lombar.	Inclinômetro digital (<i>Saunders</i>)	n=30 3 avaliações foram realizadas por 3 avaliadores, sendo que um deles realizou-as em 2 dias (intervalo de 1 semana).	Reprodutibilidade intra-avaliador: torácica (α de Cronbach=0,83) e lombar (α de Cronbach=0,87). Houve diferença significativa na reprodutibilidade interavaliador da lombar.
Edmondston (2012)	Verificar a validade e repetibilidade do instrumento para mensurar a curvatura torácica.	Fotogrametria	5 avaliações foram realizadas por 1 avaliador (n=4). Comparação com Raios-X (n=14).	Validade: $r=0,76$. Repetibilidade: coeficiente de variação de 4,8% e erro padrão de 0,5°.
Fölsch (2012)	Verificar a reprodutibilidade intra-avaliador do instrumento para mensurar a curvatura torácica.	Ultra-som Zebris CMS 20	n=28 2 avaliações 3D foram realizadas pelo mesmo avaliador (intervalo de 24hs).	Reprodutibilidade intra-avaliador: ICC=0,95.
Gravina (2012)	Verificar a validade do instrumento para mensurar as curvaturas torácica e lombar.	Goniômetro (IncliMed)	n=128 As avaliações foram realizadas com goniômetro e Raios-X.	Validade: torácica (b=0,89) e lombar (b=0,52).
O'Sullivan (2012)	Verificar a validade e a repetibilidade do instrumento para mensurar a curvatura lombar estática e dinâmica.	Monitor da postura da coluna (Body-Guard)	n=12 Foram realizadas avaliações simultâneas com o sistema CODA e o Body-Guard. 2 avaliações consecutivas foram realizadas por 10 avaliadores.	Repetibilidade: ICC>0,73. Validade: rho=0,88.
Oliveira (2012)	Verificar a validade e reprodutibilidade intra e interavaliador do instrumento para mensurar as curvaturas torácica e lombar.	Flexicurva	A avaliação foi realizada por 3 avaliadores (n=15), sendo que um deles realizou-a em 2 dias (intervalo de 1 semana) (n=15). Comparação com Raios-X (n=47).	Validade: torácica (r=0,72) e lombar (r=0,60). Reprodutibilidade intra-avaliador: torácica (ICC=0,82) e lombar (ICC=0,78). Reprodutibilidade interavaliador: torácica (ICC=0,94) e lombar (ICC=0,83).
Chaise (2011)	Verificar a validade e reprodutibilidade intra e interavaliador do instrumento para mensurar as curvaturas torácica e lombar.	Arcômetro adaptado	A avaliação foi realizada por 2 avaliadores (n=30), sendo que um deles realizou-a em 2 dias (intervalo de 7 dias) (n=15). Comparação com Raios-X (n=52).	Validade: torácica (r=0,94) e lombar (r=0,71). Reprodutibilidade intra-avaliador: torácica (ICC=0,99) e lombar (ICC=0,85). Reprodutibilidade interavaliador: torácica (r=0,98) e lombar (r=0,89).
Greendale (2011)	Verificar a validade, a repetibilidade e a reprodutibilidade interavaliador dos instrumentos para mensurar a curvatura torácica.	Cifômetro de DeBrunner e flexicurva	A avaliação foi realizada por 2 avaliadores (n=54), sendo que um deles realizava 3 medições (n=113). Comparação com Raios-X (n=113).	Validade: cifômetro (r=0,62) e flexicurva (r=0,68). Repetibilidade: cifômetro (ICC=0,98) e flexicurva (ICC=0,96). Reprodutibilidade interavaliador: cifômetro (ICC=0,98) e flexicurva (ICC=0,96).
Letafatkar (2011)	Verificar a validade, a repetibilidade e a reprodutibilidade interavaliador dos instrumentos para mensurar a lombar.	Fotogrametria (<i>Software AutoCAD</i>) e Flexicurva	n=50 2 avaliações foram realizadas por 2 avaliadores com o <i>software</i> e com o flexicurva, no mesmo dia. Comparação com Raios-X.	Repetibilidade: fotogrametria (ICC=0,97 e 0,98) e flexicurva (ICC=0,62 e 0,69). Reprodutibilidade interavaliador: fotogrametria (ICC=0,97) e do flexicurva (ICC=0,54). Validade: <i>software</i> (ICC=0,94 e 0,96) e flexicurva (ICC=0,50 e 0,52).

MacIntyre (2011)	Verificar a reprodutibilidade interavaliador dos instrumentos para mensurar as curvaturas torácica e lombar.	Inclinômetro digital e Flexicurva.	n=9 3 avaliações foram realizadas por 2 avaliadores.	Inclinômetro digital: tóraco-lombar (ICC=0,72) e lombo-sacral (ICC=0,63) Flexicurva: índice de lordose (ICC=0,74) e índice de cifose (ICC=0,92).
Saad (2011)	Verificar a reprodutibilidade intra e interavaliador do instrumento para mensurar as curvaturas torácica e lombar.	Fotogrametria (Corel Draw)	n=20 As avaliações foram realizadas, no primeiro dia, por 2 avaliadores e, após 15 dias, por 1 avaliador.	Reprodutibilidade intra-avaliador: torácica (ICC entre 0,93-0,95) e lombar (ICC entre 0,85-0,90). Reprodutibilidade interavaliador: torácica (ICC=0,97) e lombar (ICC entre 0,85-0,89).
Dunleavy (2010)	Verificar a repetibilidade e a reprodutibilidade interavaliador do instrumento para mensurar as curvaturas torácica e lombar.	Flexicurva	n=22 3 avaliações do comprimento e largura das curvaturas torácica e lombar foram realizadas por 2 avaliadores, no mesmo dia.	Repetibilidade: comprimento torácico e lombar, largura torácica e lombar (ICC entre 0,61-0,80). Reprodutibilidade interavaliador: todas medidas (ICC entre 0,58-0,72). Médias dos comprimentos e larguras da lombar tiveram diferenças significativas entre os avaliadores.
Fortin (2010)	Verificar a validade da fotogrametria em comparação com a topografia; e verificar a validade dos instrumentos com Raios-X para mensurar as curvaturas torácica e lombar.	Fotogrametria e Topografia (Digitalizador 3D)	n= 70 As avaliações foram realizadas com Raios-X, fotografias digitais 2D e imagens da topografia 3D.	Validade entre fotografias e topografia: torácica (r=0,35) e lombar (r=0,30). Validade entre fotografia e Raios-X: torácica (r=-0,77) e lombar (r=-0,48). Validade entre topografia e Raios-X: altas correlações.
Lewis (2010)	Verificar a repetibilidade do instrumento para mensurar a curvatura torácica.	Inclinômetro	n= 90 3 avaliações sucessivas foram realizadas 2 vezes.	Repetibilidade: ICC entre 0,88-0,97.
Melvin (2010)	Verificar a repetibilidade e a reprodutibilidade interavaliador do instrumento para mensurar as curvaturas torácica e lombar.	Topografia (Jenoptik Formetric)	n=51 3 avaliações consecutivas foram realizadas por 3 avaliadores.	Repetibilidade: torácica (α de Cronbach entre 0,88-0,98) e lombar (α de Cronbach entre 0,83-0,95). Reprodutibilidade interavaliador: torácica (α de Cronbach=0,97) e lombar (α de Cronbach=0,92).
O'Sullivan (2010)	Verificar a reprodutibilidade intra e interavaliador do sistema CODA para mensurar a curvatura lombar.	Sistema CODA	n=12 As avaliações foram realizadas por 2 avaliadores, sendo que um deles realizou-as em 2 dias (intervalo entre 3-14 dias).	Reprodutibilidade intra-avaliador: ICC entre 0,70-0,97. Reprodutibilidade interavaliador: ICC entre 0,60-0,96.
Perriman (2010)	Verificar a validade e a reprodutibilidade intra-avaliador do instrumento para mensurar a curvatura torácica.	Eletrogoniômetro flexível	n=12 Foram realizadas 7 atividades funcionais (intervalo de 1 semana) e Raios-X.	Validade: r entre 0,80-0,87. Reprodutibilidade intra-avaliador: ICC entre 0,89-0,95.
Sheeran (2010)	Verificar a repetibilidade, reprodutibilidade intra e interavaliador do instrumento na mensurar as curvaturas torácica e lombar.	<i>Spinal Wheel</i>	n=17 3 avaliações foram realizadas por 3 avaliadores, em 2 dias (intervalo de 1 semana).	Repetibilidade: torácica (ICC=0,98) e lombar (ICC=0,96). Reprodutibilidade intra-avaliador: torácica (ICC=0,83) e lombar (ICC=0,71). Reprodutibilidade interavaliador: torácica (ICC=0,98) e lombar (ICC=0,95).
Singh (2010)	Verificar a reprodutibilidade intra-avaliador do instrumento para mensurar as curvaturas torácica e lombar.	Dispositivo de rastreamento eletromagnético (Fastrack)	n=52 3 avaliações consecutivas foram realizadas por 1 avaliador.	Reprodutibilidade intra-avaliador: torácica (ICC=0,93) e lombar (ICC=0,98).
Williams (2010)	Verificar a validade e a repetibilidade do instrumento para mensurar a curvatura lombar.	Fibra óptica	n=13 2 avaliações consecutivas foram realizadas em flexão e levantamento. Comparação com cinemetria (VICON).	Validade: flexão (r=0,95) e levantamento (r=0,94). Repetibilidade: flexão e levantamento (média de r=0,97).
Seidi (2009)	Verificar a validade, a repetibilidade e a reprodutibilidade interavaliador do instrumento para mensurar a curvatura lombar.	Flexicurva	2 avaliações consecutivas (n=20) foram realizadas por 2 avaliadores (n=25). Comparação com Raios-X (n=10).	Validade: ICC=0,91. Repetibilidade: ICC=0,89 e 0,92. Reprodutibilidade interavaliador: ICC=0,82.

Souza (2009)	Verificar a validade, a repetibilidade e a reprodutibilidade interavaliador do instrumento para mensurar a curvatura lombar.	Cifolordômetro	n=20 2 avaliações consecutivas foram realizadas por 3 avaliadores. Comparação com Raios-X.	Validade: $r=0,88$. Repetibilidade: ICC entre 0,97-0,99. Reprodutibilidade interavaliador: ICC entre 0,89-0,98.
Kellis (2008)	Verificar a reprodutibilidade intra e interavaliador do instrumento para mensurar as curvaturas torácica e lombar.	<i>Spinal Mouse</i>	n=81 3 avaliações foram realizadas por 3 avaliadores, em 2 dias (intervalo de 1 semana).	Reprodutibilidade intra-avaliador: torácica (ICC entre 0,81-0,87) e lombar (ICC entre 0,84-0,93). Reprodutibilidade interavaliador: torácica (ICC entre 0,88-0,89) e lombar (ICC entre 0,87-0,94).
Rajabi (2008)	Verificar a validade do instrumento para mensurar a curvatura lombar.	Flexicurva	n=10 Foram realizadas avaliações com Raios-X e flexicurva.	Houve diferença significativa entre os métodos de avaliação.
Van Niekerk (2008)	Verificar a validade e repetibilidade do instrumento para mensurar a curvatura torácica na postura sentada.	Fotogrametria	n=39 5 avaliações sucessivas foram realizadas. Comparação com Raios-X.	Validade: $r=0,92$. Repetibilidade: ICC=0,96.
Teixeira (2007)	Verificar a validade, a repetibilidade e a reprodutibilidade interavaliador do instrumento para mensurar a curvatura torácica.	Flexicurva	n=56 Foram realizadas avaliações por 2 avaliadores, sendo que 1 deles realizou 2 consecutivas. Comparação com Raios-X.	Validade: avaliador 1 (ICC=0,52), avaliador 2 (ICC=0,58) e média de 2 avaliações (ICC=0,90). Repetibilidade: ICC=0,87 Reprodutibilidade interavaliador: ICC=0,94.
Kado (2006)	Verificar a validade do instrumento para mensurar a curvatura torácica.	Cifômetro de Debrunner	n=120 Foram realizadas avaliações com cifômetro e Raios-X.	Validade: ICC=0,68.
Campbell-Kyureghyan (2005)	Verificar a validade do instrumento para mensurar a curvatura lombar.	Eletrogoniômetro	n=39 Foram realizadas avaliações com eletrogoniômetro, Raios-X (n=15) e Ressonância Magnética (n=24).	Validade: $r^2=0,78$. A previsão do ângulo de Cobb apresentou erro de 14,5%.
Dunk (2005)	Verificar a reprodutibilidade intra-avaliador do instrumento para mensurar as curvaturas torácica e lombar.	Fotogrametria	n=20 2 avaliações foram realizadas (intervalo de 1 semana)	Reprodutibilidade intra-avaliador: torácica (ICC entre 0,63-0,72) e lombar (ICC entre 0,63-0,72).
Hinman (2004)	Verificar a reprodutibilidade interavaliador do instrumento para mensurar as curvaturas torácica e lombar.	Flexicurva	n=51 As avaliações foram realizadas por 3 avaliadores inexperientes.	Reprodutibilidade interavaliador: torácica (ICC= 0,94) e lombar (ICC= 0,60).
Mannion (2004)	Verificar a reprodutibilidade intra e interavaliador do instrumento para mensurar as curvaturas torácica e lombar.	<i>Spinal Mouse</i>	n=20 3 avaliações foram realizadas por 2 avaliadores, em 2 dias.	Reprodutibilidade intra-avaliador: torácica (ICC entre 0,73-0,83) e lombar (ICC entre 0,90-0,92). Reprodutibilidade interavaliador: torácica (ICC entre 0,83-0,87) e lombar (ICC entre 0,87- 0,93).
Leroux (2002)	Verificar a validade do instrumento para mensurar as curvaturas torácica e lombar.	Sistema de vídeo (<i>Motion Analysis Corp.</i>)	n=97 Foram realizadas avaliações com sistema de vídeo e Raios-X.	Validade: torácica (b=0,84) e lombar (b=0,86).
Korovessis (2001)	Verificar a validade e a reprodutibilidade intra e interavaliador do instrumento para mensurar a curvatura torácica.	Cifômetro de DeBrunner	n=46 As avaliações foram realizadas por 3 avaliadores, em 2 dias (intervalo de 2 semanas). Comparação com Raios-X.	Validade: b=0,75. Reprodutibilidade intra-avaliador: ICC=0,92. Reprodutibilidade interavaliador: ICC=0,84.
Ng (2001)	Verificar a reprodutibilidade intra-avaliador do instrumento para mensurar a curvatura lombar.	Inclinômetro	n=12 2 avaliações foram realizadas (intervalo de 3 dias) por 1 avaliador.	Reprodutibilidade intra-avaliador: ICC=0,95 e $r=0,95$.

Arnold (2000)	Verificar a repetibilidade, a reprodutibilidade intra e interavaliador do instrumento para mensurar a curvatura torácica.	Flexicurva	n=20 As avaliações foram realizadas por 2 avaliadores, sendo que um deles realizou-as em 3 dias.	Repetibilidade: ICC=0,86 e 0,91. Reprodutibilidade intra-avaliador: ICC=0,91 Reprodutibilidade interavaliador: ICC=0,86.
Leroux (2000)	Verificar a validade do instrumento para mensurar as curvaturas torácica e lombar.	Fotogrametria	n=124 Foram realizadas avaliações com fotografia e Raios-X.	Validade: torácica (ICC=0,94 e r=0,89) e lombar (ICC=0,91 e r=0,84).
McGorry (2000)	Verificar a validade do instrumento para mensurar a curvatura lombar.	Lordosímetro	n=6 Foram realizadas avaliações com lordosímetro e flexicurva.	Validade: correlação=0,95.
Kovac (1999)	Verificar a validade do instrumento para mensurar a curvatura torácica.	Topografia Moiré	n=50 Foram realizadas avaliações com topografia e Raios-X.	Validade: r=0,84.
Lundon (1998)	Verificar a validade, a repetibilidade e a reprodutibilidade interavaliador do instrumento para mensurar a curvatura torácica.	Cifômetro de Debrunner e Flexicurva	n=26 3 avaliações foram realizadas por 3 avaliadores. Comparação com Raios-X.	Validade: cifômetro (ICC=0,92). Repetibilidade: cifômetro (ICC entre 0,89-0,99) e flexicurva (ICC entre 0,89-0,96). Os demais resultados não estão claros.
D'Oswaldo (1997)	Verificar a validade, a reprodutibilidade intra e interavaliador do instrumento para mensurar a curvatura torácica.	Arcômetro	A avaliação foi realizada por 2 avaliadores (n=97), sendo que um deles realizava-a em 2 dias (n=16). Comparação com Raios-X (n=32).	Validade: correlação=0,98 Reprodutibilidade intra-avaliador: correlação=0,99 Reprodutibilidade interavaliador: correlação=0,99.
Levine (1996)	Verificar a repetibilidade do instrumento para mensurar a curvatura lombar.	Cinemetria (VICON)	n=20 Foram realizadas 3 avaliações consecutivas.	Repetibilidade: ICC= 0,94.
Raine (1994)	Verificar a validade do instrumento para mensurar as curvaturas torácica e lombar.	Fotogrametria	n=15 Foram realizadas avaliações com Raios-X e fotografias.	Validade: torácica (ICC entre 0,37-0,84) e lombar (ICC entre 0,48-0,67).
Bryan (1990)	Verificar a validade e a reprodutibilidade interavaliador do instrumento para mensurar a curvatura lombar.	Avaliação visual por fotografia	n=6 As avaliações das fotografias foram realizadas por 48 avaliadores.	Qui-quadrado entre 1,82-34,8.
Bryan (1989)	Verificar a validade do instrumento para mensurar a curvatura lombar.	Flexicurva	n=45 Foram realizadas avaliações com Raios-X e flexicurva.	Validade: r=0,30. Correlação não significativa.
Lovell (1989)	Verificar a repetibilidade e a reprodutibilidade interavaliador do instrumento para mensurar a curvatura lombar.	Flexicurva	n=80 2 avaliações consecutivas foram realizadas por 2 avaliadores.	Repetibilidade: ICC de 0,78 e 0,91. Reprodutibilidade interavaliador: ICC de 0,46 e 0,53.
Walker (1987)	Verificar a repetibilidade do instrumento para mensurar a curvatura lombar.	Flexicurva	n=31 Foram realizadas 2 avaliações consecutivas.	Repetibilidade: ICC=0,90.
Adams (1986)	Verificar a validade e a reprodutibilidade intra-avaliador do instrumento para mensurar a curvatura lombar.	Inclinômetro	Foram realizadas avaliações com Raios-X e inclinômetro em flexão (n=15). Avaliação em 9 dias consecutivos (n=1)	Validade: r=0,91. Reprodutibilidade intra-avaliador: média de -44,9°±2,5°.
Burdett (1986)	Verificar a validade e a reprodutibilidade interavaliador dos instrumentos para mensurar a curvatura lombar.	Goniômetro de gravidade, paralelo e padrão	Foram realizadas as avaliações com 2 avaliadores (n=23). Comparação com Raios-X (n=10).	Validade: goniômetro de gravidade (ICC=-0,62 e r=-0,12), paralelo (ICC=-0,59 e r= 0,03) e padrão (ICC=-0,55 e r= -0,13). Reprodutibilidade interavaliador: goniômetro de gravidade (ICC 0,92 e r=0,93), paralelo (ICC=0,89 e r=0,90) e padrão (ICC=0,88 e r=0,88).

Hart (1986)	Verificar a validade e a reprodutibilidade intra-avaliador do instrumento para mensurar a curvatura lombar.	Flexicurva	Foram realizadas avaliação em dias diferentes (n=23 medidas em pé e n=66 em flexão). Comparação com Raios-X (n=8).	Validade: $r=0,87$. Reprodutibilidade intra-avaliador: ICC=0,97.
Mellin (1986)	Verificar a reprodutibilidade intra e interavaliador do instrumento para mensurar as curvaturas torácica e lombar.	Inclinômetro Myrian	2 avaliações foram realizadas em dias consecutivos (n=10) por 2 avaliadores (n=15).	Reprodutibilidade intra-avaliador: torácica ($r=0,92$) e lombar ($r=0,94$). Reprodutibilidade interavaliador: torácica ($r=0,83$) e lombar ($r=0,89$).

2.4 DISCUSSÃO

Esta revisão sistemática teve como objetivo verificar as evidências científicas sobre a validação dos métodos alternativos para avaliação não invasiva da coluna vertebral no plano sagital. Dos 52 artigos incluídos, observou-se que apenas 12 deles apresentaram forte evidência científica a partir da escala QUADAS, observando dessa forma, uma baixa qualidade metodológica dos artigos de validação disponíveis na literatura. Por exemplo, nesta revisão sistemática, inicialmente, 70 artigos haviam sido avaliados, sendo que 18 foram excluídos por não preencherem o critério mínimo de qualidade estipulado. Diante disso, ao realizar estudos de validação, ressalta-se a necessidade de atentar-se para os critérios que determinam a qualidade dos mesmos, a fim de que seus resultados tenham evidências científicas adequadas. No entanto, é importante salientar que para a obtenção de valores elevados na escala QUADAS é necessário o cumprimento de diversos critérios e, entre eles, a avaliação da validade concorrente do novo instrumento é um importante fator de pontuação na escala. Não obstante, estudos que avaliam apenas aspectos referentes à reprodutibilidade do novo instrumento, apresentarão resultados mais baixos na escala QUADAS, o que não inviabiliza a sua utilização, já que os resultados de reprodutibilidade também são importantes para o uso em acompanhamento clínico, porém, sem a avaliação da validade concorrente, o novo instrumento apresentará restrição de sua aplicabilidade para uso como diagnóstico.

A partir dos artigos incluídos nessa revisão sistemática, encontrou-se um total de 21 diferentes sistemas de avaliação, que, a seguir, serão analisados por agrupamentos: (1) flexicurva, (2) fotogrametria, (3) inclinômetro, (4) *Spinal mouse*, (5) goniômetro, (6) cifômetro de Debrunner, (7) topografia de superfície, (8) arcômetro e (9) demais instrumentos com apenas um estudo de validação cada.

O flexicurva foi o instrumento mais frequentemente descrito, tendo sido testado em 15 estudos, sendo que um terço desses estudos apresentaram de moderada a forte evidência científica. Ainda, desses 15 estudos, quatro avaliaram a região torácica, sete a região lombar e outros quatro as duas regiões. No que diz respeito à validade do flexicurva para avaliação da região torácica, Oliveira *et al.* (2012) encontraram correlação significativa, com $r=0,72$. Teixeira e Carvalho (2007) obtiveram correlações inferiores ao compararem a radiografia com uma única medida obtida com o flexicurva, obtendo ICC=0,52 (avaliador 1) e 0,58 (avaliador 2) e obtiveram ICC=0,90 quando compararam o Raios-X com a média de duas avaliações com o flexicurva. Esses dois estudos utilizaram protocolo semelhante na análise dos dados, fazendo uso do cálculo angular por meio de um polinômio de 3º grau, no entanto, há

diferenças importantes entre eles quanto à coleta dos dados, principalmente, com relação aos pontos anatômicos utilizados. No estudo de Greendale *et al.* (2011), o exame radiográfico, por sua vez, apresentou uma correlação de $r=0,68$ tanto com o ângulo de cifose torácica como com o índice de cifose, obtidos com o flexicurva.

No que se refere à reprodutibilidade interavaliador, a maioria dos estudos utilizaram o índice de cifose para representar a curvatura utilizando o flexicurva e, para esse parâmetro, a reprodutibilidade interavaliador mostrou-se elevada, variando de $ICC=0,91$ a $0,96$ (HINMAN, 2004; MACINTYRE *et al.*, 2011; GREENDALE *et al.*, 2011; ARNOLD *et al.*, 2000). No entanto, alguns estudos propõem o cálculo angular da cifose torácica, os quais, também, apresentaram correlações elevadas, com ICC variando de $0,94$ a $0,96$ (OLIVEIRA *et al.*, 2012; TEIXEIRA; CARVALHO, 2007; GREENDALE *et al.*, 2011). Além disso, outra forma encontrada de apresentar os resultados obtidos com o flexicurva foi por meio das medidas de comprimento e largura da região avaliada. Ao avaliar esses parâmetros, Dunleavy *et al.* (2010) obtiveram $ICC=0,64$ para o comprimento torácico e $0,72$ para a largura torácica.

Já a reprodutibilidade intra-avaliador do flexicurva na avaliação da cifose foi reportada em dois estudos, apresentando ICC de $0,91$ (ARNOLD *et al.*, 2000) e $0,92$ (OLIVEIRA *et al.*, 2012). Ao analisar a sua repetibilidade, obtiveram-se resultados semelhantes aos demais aspectos avaliados, com elevados valores de correlação, com ICC variando de $0,86$ a $0,96$. (GREENDALE *et al.*, 2011; LUNDON, LI E BIBERSHTEIN, 1998; ARNOLD *et al.*, 2000). No entanto, Dunleavy *et al.* (2010) apresentaram correlações inferiores ao avaliar o comprimento (ICC de $0,72$ e $0,77$) e a largura torácica (ICC de $0,61$ e $0,77$).

Ainda analisando o instrumento flexicurva, no aspecto de validade para a região lombar, dois estudos encontraram correlações mais elevadas, com $r=0,87$ (HART; ROSE, 1986) e $ICC=0,91$ (SEIDI *et al.*, 2009), e outros dois estudos correlações menores, com ICC de $0,50$ e $0,52$ (LETAFATKAR *et al.*, 2011) e $r=0,60$ (OLIVEIRA *et al.*, 2012), todos estudos avaliando o ângulo lombar. O estudo de Letafatkar *et al.* (2001), que encontrou as correlações mais inferiores, apontou como possível limitação do estudo o fato de que os avaliadores poderiam estar menos familiarizados com o dispositivo de medição. No entanto há dois estudos que não encontraram validade na mediação da lordose lombar obtida com o flexicurva, Bryan *et al.* (1989) não encontraram correlação significativa com os exames radiográficos ($r=30$) e Rajabi, Seidi e Mohamadi (2008) encontraram diferença significativa entre a medição do flexicurva e a radiografia.

No que diz respeito à reprodutibilidade interavaliador do flexicurva na obtenção do ângulo da região lombar, foram encontrados diferentes níveis de correlação, variando de

níveis mais inferiores como, por exemplo, o ICC=0,46 e 0,53 (LOVELL, ROTHSTEIN E PERSONIUS, 1989) e o ICC=0,54 (LETAFATCKAR *et al.*, 2011), até correlações mais elevadas como, por exemplo, o ICC=0,83 (OLIVEIRA *et al.*, 2012) e o ICC=0,82 (SEIDI *et al.*, 2009). A reprodutibilidade também foi avaliada para os índices de lordose, obtendo ICC=0,74 (MACINTYRE *et al.*, 2011) e ICC=0,60 com avaliadores novatos (HINMANN, 2004). E também foi avaliada para o comprimento e a largura da região lombar, apresentando ICC=0,56 para comprimento e ICC=0,58 para largura lombar (DUNLEAVY *et al.*, 2010).

Ao avaliar a reprodutibilidade intra-avaliador do instrumento flexicurva na região lombar, foram observados elevados níveis de correlação, com variação de ICC=0,78 (OLIVEIRA *et al.*, 2012) a 0,97 (HART; ROSE, 1986). Já para a repetibilidade os resultados, em geral, foram demonstrados bons níveis de correlação, com ICC variando de 0,78 a 0,92 (LOVELL, ROTHSTEIN E PERSONIUS, 1989; WALKER *et al.*, 1987; SEIDI *et al.*, 2009), exceto no estudo de Letafatckar *et al.* (2011), o qual referiu ICC de 0,62 e 0,69. E, por fim, ao analisar o comprimento e largura lombar, Dunleavy *et al.* (2010) relatou ICC=0,72 e 0,74 para comprimento lombar e ICC=0,72 e 0,80 para largura lombar.

A partir desses resultados, observa-se que o instrumento flexicurva parece ser mais reprodutível e repetível quando se avalia a região torácica por meio do índice ou ângulo da cifose, apresentando níveis mais inferiores para as variáveis comprimento e largura torácica. Além disso, não são apresentados resultados referentes à validação das variáveis comprimento e largura torácica. Sendo assim, sugere-se que a avaliação da cifose torácica com o instrumento flexicurva seja realizada por meio do cálculo angular ou do índice de cifose e que, para a utilização das variáveis comprimento e largura torácica, sejam realizados mais estudos investigando a utilidade dessas variáveis. Ressalta-se, ainda, que o instrumento flexicurva apresentou maior variabilidade quando utilizado para a avaliação da região lombar, apresentando níveis elevados de reprodutibilidade intra-avaliador e repetibilidade, mas havendo divergências na literatura quanto à sua reprodutibilidade interavaliador. Lovell, Rothstein e Personius (1989) sugerem que medidas de lordose lombar obtidas com o flexicurva podem ser confiáveis se realizadas pelo mesmo avaliador e que a reprodutibilidade pode variar de terapeuta para terapeuta. Além disso, Hinman (2004) afirma que um dos fatores que pode ter causado a maior variabilidade nas medidas lombares em seu estudo pode ter sido a dificuldade em moldar o flexicurva em regiões de menor curvatura ou mesmo a característica côncava da coluna lombar.

Outro instrumento frequentemente avaliado nos estudos incluídos nesta revisão sistemática foi a fotogrametria, a qual foi testada em oito estudos, sendo que sete deles

avaliou a região torácica e seis a região lombar. Para a validade desse instrumento na avaliação da cifose torácica na postura ortostática, Fortin *et al.* (2010) relataram uma correlação negativa ao comparar a fotogrametria com a radiografia ($r=-0,77$) e $r=0,35$ ao comparar a fotogrametria com a topografia de superfície. Já nos estudos de Edmondston *et al.* (2012) e Leroux *et al.* (2000), foram encontradas correlações positivas com a radiografia, com $r=0,76$ no primeiro estudo e, com $ICC=0,94$ e $r=0,89$ no segundo. Van Niekerk *et al.* (2008) relataram um $r=0,92$ para a validade da cifose torácica na posição sentada e Raine e Twomey (1994) avaliaram a cifose torácica obtendo para a região inferior um $ICC=0,70$ (quando comparado com o ângulo obtido por meio do corpo vertebral) e um $ICC=0,37$ (quando comparado com o ângulo obtido por meio do processo espinhoso) e, para a região superior, um $ICC=0,84$ (quando comparado com o ângulo obtido por meio do corpo vertebral) e um $ICC=0,75$ (quando comparado com o ângulo obtido por meio do processo espinhoso).

Para a avaliação da reprodutibilidade interavaliador da fotogrametria, foi encontrado apenas o estudo de Saad *et al.* (2011), o qual apresentou ICC de 0,97 para a cifose torácica. Já para a avaliação da reprodutibilidade intra-avaliador, foram encontrados dois estudos avaliando esse aspecto, sendo que, no estudo de Saad *et al.* (2011), obteve-se ICC entre 0,93-0,95 e, no estudo de Dunk, Lalonde e Callaghan (2005), obteve-se ICC entre 0,63-0,72. Por fim, dois estudos avaliaram a mensuração da repetibilidade fotogramétrica, Edmondston *et al.* (2012) apresentaram um coeficiente de variação de 4,8% e um erro padrão de $0,5^\circ$ e no estudo de Van Niekerk *et al.* (2008) obteve-se um $ICC=0,96$.

A cerca da avaliação da lordose lombar na postura ortostática, a validade da fotogrametria foi descrita em quatro estudos. Fortin *et al.* (2010) relataram uma correlação negativa, também, para a lombar ao compararem a fotogrametria com a radiografia ($r=-0,48$) e positiva ($r=0,30$) ao comparar fotogrametria com topografia de superfície. Letafatkar *et al.* (2011) encontraram valores de $ICC=0,94$ e 0,96 e Leroux *et al.* (2000) apresentaram $ICC=0,91$ e $r=0,84$. Raine e Twomey (1994) mensuraram a validade da lordose lombar obtendo, para a região inferior, um $ICC=0,58$ (quando comparado com o ângulo obtido por meio do corpo vertebral) e um $ICC=0,67$ (quando comparado com o ângulo obtido por meio do processo espinhoso) e, para a região superior, um $ICC=0,48$ (quando comparado com o ângulo obtido por meio do corpo vertebral) e um $ICC=0,65$ (quando comparado com o ângulo obtido por meio do processo espinhoso).

A avaliação da reprodutibilidade interavaliador da fotogrametria para avaliação da lordose lombar foi verificada em apenas dois estudos, Letafatkar *et al.* (2011) e Saad *et al.* (2011) encontraram um $ICC=0,97$ e um ICC entre 0,85-0,89, respectivamente. Já na

mensuração da reprodutibilidade intra-avaliador, Dunk, Lalonde e Callaghan (2005) obtiveram um ICC entre 0,63-0,72 e no estudo de Saad *et al.* (2011) obteve-se um ICC entre 0,85-0,90. Por fim, apenas Letafatkar *et al.* (2011) apresentaram resultados para a avaliação da repetibilidade, relatando ICC entre 0,97 e 0,98.

Os protocolos de coleta de dados das metodologias que utilizam a fotogrametria como instrumento de avaliação tendem a ser muito parecidos entre os estudos, diferenciando-se, minimamente, de acordo com o objetivo de cada avaliação. Todas as metodologias foram baseadas em procedimentos básicos como: (1) preparação prévia do local de coletas com localização padronizada da máquina fotográfica e do indivíduo; (2) palpação e marcação de pontos anatômicos de referências; e (3) registros fotográficos do indivíduo em determinadas posições (EDMONDSTON *et al.*, 2012; LETAFATKAR *et al.*, 2011; SAAD *et al.*, 2011; FORTIN *et al.*, 2010; VAN NIEKERK *et al.*, 2008; DUNK, LALONDE E CALLAGHAN, 2005; LEROUX *et al.*, 2000; RAINE; TWOMEY, 1994). Porém, em relação aos procedimentos de análises dos dados, cada uma das metodologias encontradas utiliza um determinado *software* ou rotina digital, nos quais são digitalizados os pontos marcados, fornecendo resultados da postura do indivíduo. Além disso, observou-se que a metodologia preteritamente pesquisada para subsidiar o *software* ou a rotina digital, para que estes sejam capazes de fornecer resultados em relação à coluna vertebral dos indivíduos, foram totalmente diferentes. Isso justifica a quantidade de artigos encontrados nesta revisão sistemática que validam a fotogrametria, parecendo ter os mesmos objetivos (EDMONDSTON *et al.*, 2012; LETAFATKAR *et al.*, 2011; SAAD *et al.*, 2011; FORTIN *et al.*, 2010; VAN NIEKERK *et al.*, 2008; DUNK, LALONDE E CALLAGHAN, 2005; LEROUX *et al.*, 2000; RAINE; TWOMEY, 1994). Mesmo assim, após qualquer modificação no protocolo metodológico, tanto no procedimento de coleta como de análise dos dados, é necessário investigar novamente todos os aspectos de validação (FORTIN *et al.*, 2010). Por isso, a fotogrametria só pode ser considerada um instrumento validado, podendo ser utilizado por qualquer avaliador e em qualquer momento, se o pesquisador seguir rigorosamente todos os passos de coleta e análise dos dados, bem como a mesma metodologia de avaliação.

O instrumento inclinômetro foi testado em seis estudos, sendo que em um deles foi avaliada a região torácica, em dois a região lombar e em três as duas regiões, porém não são apresentados, em nenhum desses estudos, aspectos referentes à sua validade concorrente para a avaliação da cifose torácica. Quanto à sua reprodutibilidade interavaliador para avaliação da região torácica, Mellin (1986) apresentou $r=0,83$, Czaprowski *et al.*, (2012) referiram apenas não terem encontrado diferença significativa entre as avaliações dos diferentes avaliadores e

MacIntyre *et al.* (2011) obtiveram correlação de 0,72 para a região tóraco-lombar. Já a reprodutibilidade intra-avaliador na avaliação da região torácica foi avaliada em dois estudos, nos quais foram obtidos um ICC=0,92 (MELLIN, 1986) e um α de Cronbach de 0,83 (CZAPROWSKI *et al.*, 2012). Por fim, a repetibilidade desse sistema foi testada por Lewis e Valentine (2010), os quais encontraram um ICC variando de 0,88 a 0,97.

Quanto à validade do instrumento inclinômetro eletrônico para a avaliação da lordose lombar, apenas um estudo apresentou resultados referentes à avaliação do inclinômetro e dos Raios-X, sendo que ambos foram realizados em posição fletida da coluna lombar, obtendo-se $r=0,91$ (ADAMS *et al.*, 1986). Quanto a reprodutibilidade interavaliador, Mellin (1986) obteve um $r=0,89$ para o ângulo lombar, MacIntyre *et al.* (2011) observaram uma correlação de 0,63 para o ângulo lombo-sacral e Czaprowski *et al.* (2012) observaram uma diferença significativa entre as medidas dos diferentes avaliadores ($p=0,02$). No que tange, especificamente, a reprodutibilidade intra-avaliador do ângulo de lordose lombar obtido com o inclinômetro, foram observados um α de Cronbach de 0,87 (CZAPROWSKI *et al.*, 2012), um ICC=0,95 (NG *et al.*, 2001) e um $r=0,94$ (MELLIN, 1986) e, no estudo de Adams *et al.* (1986), ao avaliar nove vezes o mesmo indivíduo, foi apresentado somente o valor de desvio padrão para a lordose lombar, o qual foi de $\pm 2,5^\circ$.

No que se refere ao inclinômetro, os estudos demonstraram bons níveis de repetibilidade, reprodutibilidade intra e interavaliador na avaliação da cifose torácica, no entanto, não é possível afirmar a validade concorrente desse instrumento, o que limita a sua utilização como diagnóstico. Para a avaliação da região lombar, esse instrumento foi testado apenas na posição fletida, sendo necessárias mais investigações, em outras posições, para permitir a sua utilização na prática clínica. Além disso, os estudos concordaram quanto à reprodutibilidade intra-avaliador, mas divergiram quanto à reprodutibilidade interavaliador, fazendo-se necessário, portanto, mais estudos para possibilitar a utilização segura desse instrumento para a avaliação da região lombar.

Outro instrumento descrito que utiliza mecanismo semelhante ao inclinômetro é o *Spinal mouse*, um dispositivo eletrônico, assistido por computador, que registra a distância ou a alteração da inclinação da superfície da pele (MANNION *et al.*, 2004). Para a avaliação da cifose torácica na postura neutra, o *Spinal mouse* apresentou reprodutibilidade intra-avaliador com ICC variando de 0,73 a 0,88 (MANNION *et al.*, 2004; KELLIS *et al.*, 2008) e, para a reprodutibilidade interavaliador, os estudos demonstram ICC de 0,83 a 0,89 (MANNION *et al.*, 2004; KELLIS *et al.*, 2008). Na avaliação da região lombar o *Spinal mouse* apresentou reprodutibilidade intra-avaliador com ICC de 0,84 a 0,93 (MANNION *et al.*, 2004; KELLIS

et al., 2008) e, para a reprodutibilidade interavaliador, obteve-se ICC de 0,87 a 0,94 (MANNION *et al.*, 2004; KELLIS *et al.*, 2008). O *Spinal mouse* mostrou ser um instrumento com elevados níveis de reprodutibilidade intra e interavaliador, sendo encontrados resultados referentes tanto à avaliação realizada em adultos (MANNION *et al.*, 2004) quanto em crianças (KELLIS *et al.*, 2008). No entanto, nenhum estudo demonstrou a validade concorrente do método e apenas um estudo foi encontrado avaliando cada população, o que limita a generalização dos dados obtidos.

O instrumento goniômetro foi avaliado em dois artigos, sendo que para a avaliação da cifose torácica foi apresentado apenas o aspecto de validade concorrente (goniômetro tipo bússola), com $b=0,89$ (GRAVINA *et al.*, 2012). Para a avaliação da lordose lombar, obteve-se $b=0,52$ quando correlacionado o goniômetro do tipo bússola com o ângulo Cobb no estudo de Gravina *et al.*, 2012. Ainda sobre esta avaliação, no estudo de Burdett, Brown e Fall (1986), foram avaliadas tanto a sua validade quanto a sua reprodutibilidade interavaliador na avaliação da lordose lombar por três modelos de goniômetro (goniômetro de gravidade, goniômetro paralelo e goniômetro padrão). Neste estudo, todos os modelos citados apresentaram excelente reprodutibilidade interavaliador (ICC=0,92; 0,89 e 0,88, respectivamente), no entanto não apresentaram correlação com o ângulo de Cobb ($r=-0,12$; 0,03 e -0,013, respectivamente).

O eletrogoniômetro flexível foi avaliado no estudo de Perriman *et al.* (2010), sendo avaliada a sua reprodutibilidade intra-avaliador e a validade desse instrumento para a avaliação da região torácica. A reprodutibilidade foi avaliada durante a realização de sete tarefas funcionais, obtendo-se ICC variando de 0,89 a 0,95, sendo que a menor reprodutibilidade foi obtida durante a caminhada e a maior reprodutibilidade durante uma respiração profunda. A validade desse instrumento foi testada com três metodologias de cálculo de ângulo Cobb, sendo encontradas melhores correlações quando o Cobb fora calculado nas regiões médias e externas do local onde foi posicionado o eletrogoniômetro, com ICC=0,81 e 0,82 (Cobb médio) e ICC=0,80 e 0,87 (Cobb externo). A validade do eletrogoniômetro também foi testada para a avaliação da região lombar, sendo obtido um coeficiente de determinação de $r^2=0,78$, ou seja, uma correlação de $r=0,88$ (CAMPBELL-KYUREGHY, 2005). Ressalta-se, porém, que apenas um estudo foi encontrado avaliando cada modelo de goniômetro e eletrogoniômetro e que, além disso, não foram avaliados todos os aspectos de validação dos instrumentos. Este fato, por sua vez, limita a sua utilização tanto na clínica como em pesquisas científicas, sendo necessários novos estudos que avaliem os

demais aspectos de validade e em diferentes populações, possibilitando conhecer a aplicabilidade desses instrumentos.

O instrumento cifômetro de Debrunner foi desenvolvido para contemplar a avaliação da cifose torácica e sua validade foi testada em quatro estudos, obtendo correlações variando de 0,62 a 0,92 (KADO *et al.*, 2006; GREENDALE *et al.*, 2011; LONDON, LI E BIBERSHTEIN, 1998; KOROVISSIS *et al.*, 2001). Especificamente para a sua reprodutibilidade interavaliador, foram relatados ICC de 0,98 (GREENDALE *et al.*, 2011) e ICC=0,84 (KOROVISSIS *et al.*, 2001). Já no que tange a sua reprodutibilidade intra-avaliador, Korovessis *et al.* (2001) encontraram ICC=0,92. Por fim, para a repetibilidade desse sistema, foram encontrados ICC variando de 0,89 a 0,99 (GREENDALE *et al.*, 2011; LONDON, LI E BIBERSHTEIN, 1998). Sendo assim, a partir desses dados, observou-se que o instrumento cifômetro de Debrunner fora testado em diferentes estudos, apresentando bons níveis de repetibilidade, reprodutibilidade intra e interavaliador e validade concorrente. No entanto, três dos estudos encontrados avaliaram a população de idosos e somente um estudo avaliou adolescentes (KOROVISSIS *et al.*, 2001), logo, ainda são necessárias mais investigações em populações de adolescentes, bem como, outras populações como crianças, adultos jovens e obesos, entre outros, para que se possa utilizá-lo clínica e cientificamente.

Quanto aos sistemas de topografia de superfície, a presente revisão sistemática encontrou três estudos avaliando aspectos de validação desses sistemas no plano sagital, sendo encontradas altas correlações do sistema digitalizador 3D *InSpeck* com as radiografias na avaliação de cifose e lordose (FORTIN *et al.*, 2010), além de um $r=0,84$ ao correlacionar a Topografia de Moiré com os exames radiológicos (KOVAC; PECINA, 1999). No estudo de Melvin *et al.* (2010), ao avaliar o sistema de Jenoptik Formetric, obteve-se uma boa repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador, tanto para a avaliação da cifose torácica como da lordose lombar. No entanto, a discussão em conjunto desses estudos não é possível, já que se referem a diferentes sistemas (Sistema Digitalizador 3D *InSpeck*, Topografia de Moiré e Jenoptik Formetric). Além disso, esses estudos apresentam apenas alguns dos aspectos referentes à validade dos sistemas, sendo necessárias outras pesquisas com o objetivo contemplar os demais aspectos de validação não abrangidos nos estudos supra citados.

O instrumento arcômetro foi descrito no estudo de D'Oswaldo, Schierano e Iannis (1997), o qual avaliou aspectos de validade, reprodutibilidade intra e interavaliador da cifose torácica. Esse estudo obteve correlação de 0,98 com a radiografia, de 0,99 entre diferentes dias de avaliação e de 0,99 entre os observadores. Já o estudo de Chaise *et al.* (2011) realizou adaptações nesse instrumento, modificando características físicas (espessura das hastes e

planos de movimento das hastes), o que permitiu sua aplicabilidade, também, na avaliação da lordose lombar. Além dessas modificações físicas, os algoritmos matemáticos também apresentam diferenças importantes entre ambos os estudos. No estudo de Chaise *et al.* (2011), para validade, obteve-se $r=0,94$ para a região torácica e $r=0,71$ para lordose lombar. Para a reprodutibilidade intra-avaliador, obteve-se $ICC=0,99$ na região torácica e $ICC=0,85$ na lordose lombar e, para a reprodutibilidade interavaliador, obteve-se $ICC=0,98$ na região torácica e $ICC=0,89$ na lordose lombar. A partir desses resultados, observa-se que o instrumento arcômetro demonstrou-se válido e reprodutível nos dois modelos desenvolvidos, no entanto, o modelo de Chaise *et al.* (2011) apresenta a vantagem de possibilitar a avaliação da região lombar, cabendo ressaltar, porém, que todas as correlações obtidas na avaliação da região lombar foram inferiores àquelas da região torácica. Mesmo assim, ainda são necessários mais estudos avaliando a utilização do instrumento arcômetro na região lombar e em diferentes populações, a fim de se possibilitar a utilização em larga escala desse instrumento.

Os demais instrumentos encontrados nesta revisão sistemática foram avaliados em apenas um estudo, como foi o caso *Spinal Wheel*, do Ultra-som, do sistema de vídeo *Fastrack*, do VICON, do sistema optoeletrônico, do Monitor *BodyGuard*, do sistema *Spine Epions*, da avaliação visual por fotografia, do lordosímetro, do sistema de fibra ótica, do cifolordômetro e do sistema CODA.

A partir desta revisão sistemática foi possível observar que inúmeros instrumentos tiveram seus aspectos de validade testados em poucos estudos ou até mesmo em apenas um estudo. Nesses casos, a validade desses instrumentos torna-se dependente da qualidade metodológica dos mesmos e, além disso, com poucos estudos tem-se apenas uma validade interna do instrumento, ou seja, a validade fica limitada para uma determinada população com características bem controladas. Ao contrário, quando se tem diferentes estudos avaliando o mesmo instrumento, aumenta-se a sua validade externa, ou seja, são obtidas maiores possibilidades de utilização do instrumento em diferentes populações. Além disso, as importantes diferenças metodológicas encontradas entre os estudos dificultam a análise em conjunto dos dados, como, por exemplo: os diferentes padrões-ouro utilizados, as diferentes análises estatísticas empregadas e a falta de padronização nas nomenclaturas utilizadas, entre outros. Outro aspecto importante observado foi a qualidade metodológica dos estudos de validação, havendo ainda carência na literatura de estudos com forte evidência científica no que tange a validação dos instrumentos não invasivos de avaliação da coluna vertebral no plano sagital.

2.5 CONCLUSÃO

Foi possível observar que há na literatura uma gama de instrumentos de avaliação não invasiva da coluna vertebral no plano sagital, no entanto, apenas 12 dos estudos incluídos nesta revisão sistemática apresentaram forte evidência de acordo com a escala QUADAS. Além disso, apenas quatro instrumentos tiveram todos os aspectos de validade avaliados para a avaliação da cifose torácica, sendo eles: a fotogrametria, o flexicurva, o arcômetro e o cifômetro de DeBrunner. E, para a avaliação da lordose lombar, foram encontrados cinco instrumentos com todos os aspectos de validade avaliados: fotogrametria, inclinômetro, flexicurva, arcômetro e cifolordômetro. Dessa forma, sugere-se que esses instrumentos sejam adotados como primeira opção de escolha para a realização das avaliações da coluna vertebral no plano sagital, já que apresentam adequada reprodutibilidade e validade concorrente.

No entanto, outros instrumentos também apresentaram resultados satisfatórios para as reprodutibilidades e repetibilidade, tais como o *Jenoptik Formetric*, o *Spinal Mouse* e o *Spinal Wheel*, podendo ser utilizados para o acompanhamento tanto da cifose torácica como da lordose lombar, pelo mesmo avaliador ou por avaliadores diferentes. Além disso, o sistema de Vídeo CODA, também apresenta essas condições para a avaliação da lordose lombar.

Para aqueles instrumentos que apresentaram, até o momento, apenas resultados referentes à reprodutibilidade intra-avaliador ou repetibilidade, sugere-se que a sua utilização se restrinja ao acompanhamento clínico somente por um único avaliador. Além disso, sugere-se a realização de novos estudos que avaliem os demais aspectos de validação desses instrumentos, para tornar-se possível a sua utilização de maneira mais ampla e confiável.

Cabe ressaltar ainda, que é necessário atentar-se à população para qual o instrumento foi validado, de tal forma que, populações com características muito distintas podem acarretar comportamentos desconhecidos nos resultados, por esse motivo, sugere-se a utilização dos instrumentos apenas para as populações cujos aspectos de validade já tenham sido avaliados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, M.A. *et al.* An electronic inclinometer technique for measuring lumbar curvature. *Clinical Biomechanics*, v.1, n.3, p.130-134, 1986.

- ARNOLD, C.M. *et al.* The reliability of five clinical postural alignment measures for women with osteoporosis. **Physiotherapy Canada**, v.2, p.286–294, 2000.
- BRYAN, J.M. *et al.* Investigation of the flexible ruler as a noninvasive measure of lumbar lordosis in black and white adult female sample populations. **The Journal of orthopaedic and sports physical therapy**, v.11, n.1, p.3–7, 1989.
- BRYAN, J.M. *et al.* Investigation of the validity of postural evaluation skills in assessing lumbar lordosis using photographs of clothed subjects. **The Journal of orthopaedic and sports physical therapy**, v.12, n.1, p.24–29, 1990.
- BURDETT, R.G.; BROWN, K.E.; FALL, M.P. Reliability and validity of four instruments for measuring lumbar spine and pelvic positions. **Physical Therapy**, v.66, n.5, p.677–684, 1986.
- CAINE, M.P.; MCCONNELL, A.K.; TAYLOR, D. Assessment of spinal curvature: An evaluation of the flexicurve and associated means of analysis. **International Journal of Rehabilitation Research**, v.19, n.3, p.271–278, 1996.
- CAMPBELL-KYUREGHYAN, N. *et al.* The prediction of lumbar spine geometry: method development and validation. **Clinical Biomechanics**, v.20, n.5, p.455–464, 2005.
- CARMAN, D.L.; BROWNE, R.H.; BIRCH, J.G. Measurement of scoliosis and kyphosis radiographs: intraobserver and interobserver variation. **The Journal of Bone and Joint Surgery**, v.72, n.3, p.328–333, 1990.
- CELAN, D. *et al.* Measurement of spinal sagittal curvatures using the Laser triangulation method. **Collegium antropologicum**, v.36, n.1, p.179–186, 2012.
- CHAISE, F.O. *et al.* Validation, repeatability and reproducibility of a noninvasive instrument for measuring thoracic and lumbar curvature of the spine in the sagittal plane. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v.15, n.6, p.511–517, 2011.
- CHALÉAT-VALAYER, E. *et al.* Sagittal spino-pelvic alignment in chronic low back pain. **European Spine Journal**, v.20, n.5, p.S634–S640, 2011.
- CONSMÜLLER, T. *et al.* Comparative evaluation of a novel measurement tool to assess lumbar spine posture and range of motion. **European Spine Journal**, v.21, n.11, p.2170–2180, 2012.
- CZAPROWSKI, D. *et al.* Intra- and interobserver repeatability of the assessment of anteroposterior curvatures of the spine using Saunders digital inclinometer. **Ortopedia, traumatologia, rehabilitacja**, v.14, n.2, p.145–153, 2012.
- D'OSUALDO, F. *et al.* New tridimensional approach to the evaluation of the spine through surface measurement: the BACES system. **Journal of Medical Engineering & Technology**, v.26, n.3, p.95–105, 2002.
- D'OSUALDO, F.; SCHIERANO, S.; IANNIS, M. Validation of clinical measurement of kyphosis with a simple instrument, the Arcometer. **Spine**, v.22, n.4, p.408–413, 1997.
- DUNK, N.M. *et al.* The reliability of quantifying upright standing postures as a baseline diagnostic clinical tool. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v.27, n.2, p.91–96, 2004.

- DUNK, N.M.; LALONDE, J.; CALLAGHAN, J.P. Implications for the use of postural analysis as a clinical diagnostic tool: reliability of quantifying upright standing spinal postures from photographic images. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v.28, n.6, p.386–392, 2005.
- DUNLEAVY, K. *et al.* Reliability and minimal detectable change of spinal length and width measurements using the Flexicurve for usual standing posture in healthy young adults. **Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation**, v.23, n.4, p.209–214, 2010.
- EDMONDSTON, S.J. *et al.* Functional radiographic analysis of thoracic spine extension motion in asymptomatic men. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v.35, n.3, p.203–208, 2012.
- ENSRUD, K.E. *et al.* Correlates of kyphosis in older women. The fracture intervention trial research group. **Journal of American Geriatrics Society**, v.45, n.6, p.682–687, 1997.
- FERREIRA, E.A.G. *et al.* Postural assessment software (PAS/SAPO): validation and reliability. **Clinics**, v.65, n.7, p.675–668, 2010.
- FÖLSCH, C. *et al.* Test-retest reliability of 3d ultrasound measurements of the thoracic spine. **PM & R: the journal of injury, function, and rehabilitation**, v.4, n.5, p.335–341, 2012.
- FORTIN, C. *et al.* Reliability of a quantitative clinical posture assessment tool among persons with idiopathic scoliosis. **Physiotherapy**, v.98, n.1, p.64–75, 2012.
- FORTIN, C. *et al.* Validity of a quantitative clinical measurement tool of trunk posture in idiopathic scoliosis. **Spine**, v.35, n.19, p.E988–E994, 2010.
- GOH, S. *et al.* A comparison of three methods for measuring thoracic kyphosis: implications for clinical studies. **Rheumatology**, v.39, n.3, p.310–315, 2000.
- GOH, S. *et al.* Rasterstereographic analysis of the thoracic sagittal curvature: A reliability study. **Journal of Musculoskeletal Research**, v.3, n.2, p.137–142, 1999.
- GRAVINA, A.R. *et al.* Goniometer evaluation of thoracic kyphosis and lumbar lordosis in subjects during growth age: a validity study. **Studies in health technology and informatics**, v.176, p.247–251, 2012.
- GREENDALE, G.A. *et al.* The reliability and validity of three non-radiological measures of thoracic kyphosis and their relations to the standing radiological Cobb angle. **Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA**, v.22, n.6, p.1897–1905, 2011.
- GRIEGEL-MORRIS, P. *et al.* Incidence of common postural abnormalities in the cervical, shoulder, and thoracic regions and their association with pain in two age groups of healthy subjects. **Physical Therapy**, v.72, n.6, p.425–431, 1992.
- HART, D.L.; ROSE, S.J. Reliability of a noninvasive method for measuring the lumbar curve. **The Journal of orthopaedic and sports physical therapy**, v.8, n.4, p.180–184, 1986.
- HINMAN, M.R. Interrater reliability of flexicurve postural measures among novice users. **Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation**, v.17, n.1, p.33–36, 2004.

HUANG, M.H. *et al.* Hyperkyphotic posture and risk of future osteoporotic fractures: the Rancho Bernardo study. **Journal of Bone and Mineral Research**, v.21, n.3, p.419–423, 2006.

IMAGAMA, S. *et al.* Influence of sagittal balance and physical ability associated with exercise on quality of life in middle-aged and elderly people. **Archives of osteoporosis**, v.6, n.1–2, p.13–20, 2011.

INTERNATIONAL VOCABULARY OF METROLOGY – Basic and general concepts and associated terms (VIM). JCGM 200:2008 (E/F) - Document produced by Working Group 2 of the Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM/WG 2).

ISHIKAWA, Y. *et al.* Spinal sagittal contour affecting falls: cut-off value of the lumbar spine for falls. **Gait & Posture**, 2012: *in press*.

KADO, D.M. *et al.* Comparing a supine radiologic versus standing clinical measurement of kyphosis in older women: The fracture intervention trial. **Spine**, v.31, n.4, p.463–467, 2006.

KADO, D.M. *et al.* Hyperkyphosis predicts mortality independent of vertebral osteoporosis in older women. **American College of Physicians**, v.150, n.10, p.681–687, 2009.

KADO, D.M. *et al.* Hyperkyphotic posture and risk of injurious falls in older persons: the Rancho Bernardo Study. **The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences**, v.62, n.6, p.652–657, 2007.

KELLIS, E. *et al.* Reliability of spinal range of motion in healthy boys using a skin-surface device. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v.31, n.8, p.570–576, 2008.

KOROVESSIS, P. *et al.* Prediction of thoracic kyphosis using the Debrunner kyphometer. **Journal of Spinal Disorders**, v.14, n.1, p.67–72, 2001.

KOVAC, V.; PECINA, M. Moiré topography in measurement of the sagittal curvatures of the spine. **Collegium Antropologicum**, v.23, n.1, p.153–158, 1999.

LEROUX, M.A. *et al.* A noninvasive anthropometric technique for measuring kyphosis and lordosis. **Spine**, v.25, n.13, p.1689–1694, 2000.

LEROUX, M.A. *et al.* Estimated kyphosis and lordosis changes at follow-up in patients with idiopathic scoliosis. **Journal of Pediatric Orthopaedics**, v.22, n.1, p.73–79, 2002.

LETAFATKAR, A. *et al.* Reliability and validity of the AutoCAD software method in lumbar lordosis measurement. **Journal of Chiropractic Medicine**, v.10, n.4, p.240–247, 2011.

LEVINE, D.; WHITTLE, M.W. The effects of pelvic movement on lumbar lordosis in the standing position. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v.24, n.3, p.130–135, 1996.

LEWIS, J.S.; VALENTINE, R.E. Clinical measurement of the thoracic kyphosis. A study of the intra-rater reliability in subjects with and without shoulder pain. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v.11, n.39, p.1–7, 2010.

LOUBRESSE, C.G.; VIALLE, R.; WOLFF, S. Cyphoses pathologiques. **EMC-Rhumatologie Orthopédie**, v.2, p.294–334, 2005.

LOVELL, F.W.; ROTHSTEIN, J.M.; PERSONIUS, W.J. Reliability of clinical measurements of lumbar lordosis taken with a flexible rule. **Physical Therapy**, v.69, n.2, p.96–102, 1989.

LUNDON, K.M.A.; LI, A.M.W.Y.; BIBERSHTEIN, S. Interrater and intrarater reliability in the measurement of kyphosis in postmenopausal women with osteoporosis. **Spine**, v.23, n.18, p.1978–1985, 1998.

MACINTYRE, N.J. *et al.* Optimizing reliability of digital inclinometer and flexicurve ruler measures of spine curvatures in postmenopausal women with osteoporosis of the spine: an illustration of the use of generalizability theory. **ISRN rheumatology**, v.2011, p.1–8, 2011.

MANNION, A.F. *et al.* A new skin-surface device for measuring the curvature and global and segmental ranges of motion of the spine: reliability of measurements and comparison with data reviewed from the literature. **European Spine Journal**, v.13, n.2, p.122–136, 2004.

MCALPINE, R.T.; BETTANY-SALTIKOV, J.A.; WARRENC, J.G. Computerized back postural assessment in physiotherapy practice: Intra-rater and inter-rater reliability of the MIDAS system. **Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation**, v.22, n.3, p.173–178, 2009.

MCGORRY, R.W.; HSIANG, S.M. A method for dynamic measurement of lumbar lordosis. **Journal of Spinal Disorders**, v.13, n.2, p.118–123, 2000.

MELLIN, G. Measurement of thoracolumbar posture and mobility with a Myrin Inclinometer. **Spine**, v.11, n.7, p.159–162, 1986.

MELVIN, M. *et al.* Reproducibility of rasterstereography for kyphotic and lordotic angles, trunk length, and trunk inclination: A reliability study. **Spine**, v.35, n.14, p.1353–1358, 2010.

MIYAKOSHI, N. *et al.* Impact of postural deformities and spinal mobility on quality of life in postmenopausal osteoporosis. **Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA**, v.14, n.12, p.1007–1012, 2003.

NG, J.K.F. *et al.* Range of motion and lordosis of the lumbar spine: Reliability of measurement and normative values. **Spine**, v.26, n.1, p.53–60, 2001.

NORMAND, M.C. *et al.* Three dimensional evaluation of posture in standing with the PosturePrint: an intra- and inter-examiner reliability study. **Chiropractic & Osteopathy**, v.15, n.15, p.1–11, 2007.

ÖHLÉN, G.; SPANGFORT, E.; TINGVALL, C. Measurement of spinal sagittal configuration and mobility with Debrunner's kyphometer. **Spine**, v.14, n.6, p.580–583, 1989.

OLIVEIRA, M.R.F.; GOMES, A.C.; TOSCANO, C.M. QUADAS e STARD: avaliação da qualidade de estudos de acurácia de testes diagnósticos. **Revista de Saúde Pública**, v.45, n.2, p.416–422, 2011.

OLIVEIRA, T.S. *et al.* Validity and reproducibility of the measurements obtained using the flexicurve instrument to evaluate the angles of thoracic and lumbar curvatures of the spine in the sagittal plane. **Rehabilitation Research and Practice**, v.2012, p.1–9, 2012.

- O'SULLIVAN, K. *et al.* Towards monitoring lumbo-pelvic posture in real-life situations: Concurrent validity of a novel posture monitor and a traditional laboratory-based motion analysis system. **Manual Therapy**, v.17, n.1, p.77–83, 2012.
- O'SULLIVAN, K.L.; CLIFFORD, A.; HUGHES, L. The reliability of the CODA motion analysis system for lumbar spine analysis: a pilot study. **Physiotherapy Ireland**, v.31, n.1, p.16–22, 2010.
- PERRIMAN, D.M. *et al.* Validation of the flexible electrogoniometer for measuring thoracic kyphosis. **Spine**, v.35, n.14, p.E633–E640, 2010.
- PERRY, M. *et al.* Reliability of sagittal photographic spinal posture assessment in adolescents. **Advances in Physiotherapy**, v.10, n.2, p.66–75, 2008.
- RAINE, S.; TWOMEY, L. Validation of a non-invasive method of measuring the surface curvature of the erect spine. **The Journal of Manual & Manipulative Therapy**, v.2, n.1, p.11–21, 1994.
- RAJABI, R.; SEIDI, F.; MOHAMADI, F. Which method is accurate when using the flexible ruler to measure the lumbar curvature angle? deep point or mid point of arch? **World Applied Sciences Journal**, v.4, n.6, p.849–852, 2008.
- RANAVOLO, A. *et al.* Modelling the spine as a deformable body: Feasibility of reconstruction using an optoelectronic system. **Applied Ergonomics**, v.44, n.2, p.192–199, 2013.
- RANKINE, L. *et al.* Reproducibility of newly developed spinal topography measurements for scoliosis. **The Open Orthopaedics Journal**, v.6, p.226–230, 2012.
- SAAD, K.R. *et al.* Reliability of photogrammetry in the evaluation of the postural aspects of individuals with structural scoliosis. **Journal of Bodywork & Movement Therapies**, v.16, n.2, p.210–216, 2011.
- SEIDI, F. *et al.* The Iranian flexible ruler reliability and validity in lumbar lordosis measurements. **World Journal of Sport Sciences**, v.2, n.2, p.95–99, 2009.
- SHEERAN, L. *et al.* Preliminary study: reliability of the spinal wheel. A novel device to measure spinal postures applied to sitting and standing. **European Spine Journal**, v.19, n.6, p.995–1003, 2010.
- SINGER, K.P.; JONES, T.J.; BREIDAHN, P.D. A comparison of radiographic and computer-assisted measurements of thoracic and thoracolumbar sagittal curvature. **Journal of the International Skeletal Society**, v.19, n.1, p.21–26, 1990.
- SINGH, D.K.; BAILEY, M.; LEE, R. Biplanar measurement of thoracolumbar curvature in older adults using an electromagnetic tracking device. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v.91, n.1, p.137–142, 2010.
- SOUZA, F.R. *et al.* Evaluation of lumbar concavity using a radiographic method and kypholordometry. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v.13, n.2, p.103–109, 2009.
- TEIXEIRA, F.A.; CARVALHO, G.A. Reliability and validity of thoracic kyphosis measurements using the flexicurve method. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v.11, n.3, p.173–177, 2007.

VAN NIEKERK, S. *et al.* Photographic measurement of upper-body sitting posture of high school students: A reliability and validity study. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 9, n.113, p.1–11, 2008.

WALKER, M.L. *et al.* Relationships between lumbar lordosis, pelvic tilt, and abdominal muscle performance. **Physical Therapy**, v.67, n.4, p.512–516, 1987.

WATSON, A.W.S.; MAC DONNCHA, C. A reliable technique for the assessment of posture: Assessment criteria for aspects of posture. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v.40, n.3, p.260–270, 2000.

WHITTLE, M.W.; LEVINEC, D. Measurement of lumbar lordosis as a component of clinical gait analysis. **Gait & Posture**, v.5, n.2, p.101–107, 1997.

WHITING, P. *et al.* Development and validation of methods for assessing the quality of diagnostic accuracy studies. **Health Technology Assessment**, v.8, n.25, p.1–234, 2004.

WHITING, P. *et al.* The development of QUADAS: a tool for the quality assessment of studies of diagnostic accuracy included in systematic reviews. **BMC Medical Research Methodology**, v.3, n.25, p.1–13, 2003.

WILLIAMS, J.M.; HAQ, I.; LEE, R.Y. Dynamic lumbar curvature measurement in acute and chronic low back pain sufferers. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v.93, n.11, p.2094–2099, 2012.

WILLIAMS, J.M.; HAQ, I.; LEE, R.Y. Dynamic measurement of lumbar curvature using fibre-optic sensors. **Medical engineering & physics**, v.32, n.9, p.1043–1049, 2010.

ZAINA, F. *et al.* How to measure kyphosis in everyday clinical practice: a reliability study on different methods. **Studies in health technology and informatics**, v.176, p.264–267, 2012.

ZUBOVIC, A. *et al.* New Method of scoliosis deformity assessment: ISIS2 system. **Studies in Health Technology and Informatics**, v.140, p.157–60, 2008.

CAPÍTULO 3

ARTIGO ORIGINAL

Validação de um sistema de escaneamento 3D para avaliação das curvaturas da coluna vertebral de crianças em diferentes perfis nutricionais

Validation of a 3D scanning system for evaluation of spinal curvatures of children in different nutritional profiles

RESUMO

O objetivo desse estudo foi verificar a validade concorrente, a repetibilidade, a reprodutibilidade interavaliador, a sensibilidade e a especificidade do sistema de escaneamento Vert 3D na avaliação das curvaturas frontais e sagitais de crianças com diferentes perfis nutricionais. A amostra foi composta por 115 crianças, com média de idade $10,93 \pm 2,50$ anos, as quais foram submetidas à radiografia panorâmica da coluna vertebral sagital e frontal, além de cinco avaliações com o sistema Vert 3D, por três avaliadores treinados. A partir dos dados radiológicos foram obtidos os ângulos de Cobb das curvaturas sagitais e frontais. E, com o sistema Vert 3D foi obtido valores de ângulos de cifose torácica, lordose lombar e escoliose, além de flechas escolióticas. Com o *software* SPSS os dados foram submetidos ao Coeficiente de Correlação Produto-momento de Pearson ou Coeficiente de Correlação de Spearman, Coeficiente de Correlação Intra-classe, teste t pareado ou teste de Wilcoxon, ANOVA one way ou Friedman, sendo adotado o nível de significância de 0,05. Os resultados demonstraram que: (1) no plano frontal, o sistema Vert 3D apresentou nível moderado de repetibilidade para flechas à esquerda e nível fraco a moderado para flechas à direita; para reprodutibilidade interavaliador obteve-se nível moderado para todas as flechas escolióticas; e não houve correlação significativa entre as flechas à direita e os ângulos Cobb à direita, mas as flechas à esquerda apresentaram correlação fraca com os ângulos Cobb à esquerda; (2) no plano sagital, o sistema Vert 3D apresentou excelentes níveis de repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador para os ângulos de cifose torácica e lordose lombar, mas apresentou correlação fraca com o ângulo de Cobb para cifose torácica e moderada para lordose lombar; (3) foi possível observar que a repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador manteve bons níveis de correlação independente do perfil nutricional avaliado, tanto no plano sagital, como no plano frontal. Esses resultados sinalizam que o sistema de topografia Vert 3D pode ser utilizado no acompanhamento clínico de alterações posturais da coluna vertebral nos planos sagital e frontal, de crianças de todos os perfis nutricionais, entretanto esse sistema não pode ser utilizado como forma de diagnóstico de alterações da coluna vertebral ou com o objetivo de estimar o ângulo de Cobb obtido por meio das radiografias. Dessa forma, o sistema Vert 3D pode ser utilizado como um instrumento alternativo, fornecendo informação referente ao posicionamento da superfície do dorso, para o acompanhamento clínico de profissionais da saúde, mas não apresenta condições de substituir o uso do exame radiográfico.

Palavras-chave: avaliação, coluna vertebral, topografia.

ABSTRACT

The objective of this study was to verify the concurrent validity, repeatability, reproducibility Interrater, the sensitivity and the specificity of the Vert 3D scanning in the evaluation of frontal and sagittal curvatures in children with different nutritional profiles. The sample was composed by 115 children, mean age 10.93 ± 2.50 years, who underwent panoramic radiography of the spine in the sagittal and frontal planes, and five evaluations with the Vert 3D system, by three trained raters. From the radiological data was obtained the Cobb angles of the sagittal and frontal curvatures. And with the Vert 3D system was obtained angle values of thoracic kyphosis, lumbar lordosis and scoliosis, and also of scoliosis arrows. With the SPSS software the data were submitted to the Correlation Coefficient product-moment of Pearson or Correlation Coefficient of Spearman Intraclass Correlation Coefficient, paired t test or Wilcoxon test, one-way ANOVA or Friedman, adopting a significance level of 0.05. The results demonstrated that: (1) in the frontal plane Vert 3D system showed moderate level of repeatability for arrows on the left and weak to moderate for arrows to the right; for Interrater reproducibility was obtained moderate level for all scoliosis arrows; and was no significant correlation between the arrows to the right and right Cobb angles, but the arrows to the left showed a weak correlation with left Cobb angles; (2) in the sagittal plane, the Vert 3D system showed excellent levels of repeatability and Interrater reproducibility for angles of thoracic kyphosis and lumbar lordosis, but showed a moderate to weak correlation with Cobb angle for thoracic kyphosis and lumbar lordosis; (3) it was observed that the repeatability and reproducibility interrater maintained good correlation levels independent of nutritional status evaluated both in the sagittal plane, as in the frontal plane. These results point out that the Vert 3D topography system can be used in clinical monitoring of postural changes of the spine in the sagittal and frontal planes, in children of all nutrient profiles, however, this system can not be used as diagnosis of spinal abnormalities or to estimate the Cobb angle obtained by the radiographs. This way the Vert 3D system can be used as an alternative instrument, providing information relating to the positioning from the surface of the back, for clinical health professionals, but it is not in condition to replace the use of radiographic exam. *Keywords:* evaluation; spine; topography.

3.1 INTRODUÇÃO

A avaliação da coluna vertebral tem grande importância para inúmeras situações clínicas, como por exemplo, no acompanhamento das alterações das curvaturas, no tratamento das deformidades da coluna e para o planejamento de procedimentos cirúrgicos ortopédicos.

Além disso, é uma importante ferramenta para a determinação de valores de referência que delimitem entre condições normais e patológicas desta região (VRTOVEC, PERNUS E LIKAR, 2009).

Geralmente o surgimento e progressão abrupta das alterações na coluna vertebral ocorrem durante a infância e adolescência, quando existe um eminente crescimento corporal (ARCHER; DICKSON, 1985; TAYLOR, 1983) e, por esse motivo, a detecção precoce das alterações posturais nessa faixa etária é fundamental. Evidências sugerem que o diagnóstico precoce auxilia na prevenção da progressão e/ou garante um bom prognóstico ao tratamento (DICKMAN; CASPI, 2001). Tradicionalmente, devido ao risco aumentado de progressão das

alterações da coluna vertebral durante a fase de crescimento, é necessária a realização de exames radiológicos de acompanhamento a cada três ou seis meses, o que expõe as crianças à radiação ionizante frequente, a qual pode acarretar efeitos biológicos deletérios (TURNER-SMITH *et al.*, 1988).

Objetivando minimizar a exposição à radiação ionizante sem prejudicar o acompanhamento frequente das alterações posturais, diversos estudos têm procurado desenvolver instrumentos não invasivos de avaliação da coluna vertebral. No Brasil foi lançado o primeiro sistema de análise de desvios posturais por meio de escaneamento tridimensional da coluna vertebral, denominado de Vert 3D. Este avançado sistema permite um exame funcional livre de radiação e fornece uma visão tridimensional da superfície das costas, permitindo estimar posicionamento da coluna vertebral. O sistema Vert3D utiliza a tecnologia de estereografia por luz estruturada, projetando um padrão luminoso nas costas do indivíduo, o que permite o escaneamento tridimensional desta região. Não obstante, não foi encontrada qualquer referência que sinalize que esse sistema tenha sido submetido aos procedimentos de validação.

Considerando que a validação dos resultados é o ponto crucial de qualquer medição da superfície das costas, a qual é realizada por meio da comparação com os dados radiográficos (DRERUP; HIERHOLZER, 1994) e tendo em vista a importância da utilização de métodos não invasivos, justifica-se a preocupação em validar o sistema Vert 3D. Além disso, a confirmação da validade das informações fornecidas por este sistema permitirá acesso a um maior número de indivíduos, uma vez que é livre de radiação, apresenta custo reduzido para cada avaliação, permite avaliações em menor de tempo e pode ser considerado como um procedimento clínico de avaliação complementar da avaliação da coluna vertebral.

Por fim, mas não menos importante, cabe ressaltar que nos estudos que utilizam a superfície das costas como referência para avaliação da coluna vertebral não tem sido mencionada a característica antropométrica da população estudada, a qual, supostamente, parece ser de indivíduos dentro de uma faixa de normalidade (ZUBOVIC *et al.*, 2008a; GOLDBERG *et al.*, 2001; DRERUP; HIERHOLZER, 1994). Desse modo, até onde se sabe, o questionamento sobre a validade dos instrumentos não invasivos de avaliação tridimensional da coluna vertebral na população de indivíduos com excesso de peso e obesidade permanece sem resposta. Sendo assim, o objetivo desse estudo foi verificar se o sistema Vert 3D é capaz de fornecer informações válidas das curvaturas da coluna vertebral em crianças com diferentes perfis nutricionais, a partir da avaliação da validade concorrente, repetibilidade, reprodutibilidade interavaliador, sensibilidade e especificidade.

3.2 METODOLOGIA

3.2.1 Amostra

Inicialmente, 119 crianças haviam sido incluídas nesse estudo, no entanto, houve perda de quatro delas, duas por apresentarem exame radiológico com mau posicionamento e duas por não terem concluído os cinco exames com o sistema Vert 3D. Dessa forma, a amostra foi composta por 115 crianças, com idade média de $10,93 \pm 2,50$ anos, sendo 46,1% (n=53) do sexo feminino e 53,9% (n=62) do sexo masculino. O tamanho amostral foi determinado a partir de um estudo que utilizou o sistema de topografia Quantec, (THOMETZ *et al.*, 2000a), admitindo uma margem de erro de 5% e intervalo de confiança de 95%. Os participantes elegíveis para esse estudo deveriam preencher os seguintes critérios de inclusão: possuir idade cronológica entre seis e 13 anos, possuir condições de permanecer em ortostase sem auxílio, não possuir intervenção cirúrgica prévia na coluna vertebral e apresentar requisição médica para a realização de radiografia da coluna vertebral.

Para a avaliação da validade do sistema Vert 3D nos diferentes perfis nutricionais, este número amostral foi dividido em três grupos: (1) baixo peso e eutróficos, (2) sobrepeso e (3) obesos. A amostra em cada um desses três grupos foi estratificada de acordo com a porcentagem estadual de crianças nesses perfis nutricionais. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2007), a população do Rio Grande do Sul, na faixa etária semelhante à do presente estudo, apresenta a seguinte subdivisão: 4,1% baixo peso, 48,3% eutróficos, 33,5% de sobrepeso e 14,1% de obesos.

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob número 19685 e as crianças somente foram incluídas após os pais ou responsáveis consentirem com sua participação no estudo, por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

3.2.2 Procedimentos de coleta e análise de dados

A coleta de dados consistiu em: (1) avaliação antropométrica, (2) avaliação radiográfica e (3) avaliação topográfica (Vert 3D). Todas essas avaliações foram realizadas no mesmo dia, de maneira cegada, ou seja, os examinadores envolvidos nas avaliações radiográficas e topográficas não tinham acesso aos resultados dos exames. Todos os procedimentos utilizados estão descritos detalhadamente a seguir.

3.2.2.1 Avaliação antropométrica

A avaliação antropométrica consistiu na medição da massa e da estatura dos indivíduos, a fim de calcular o Índice de Massa Corporal (IMC). A classificação do IMC foi realizada seguindo o padrão internacional, estratificado por idade. Segundo Giugliano e Melo (2004) este método de avaliação para crianças é adequado para a definição de sobrepeso e obesidade, apresentando boa concordância com a adiposidade. Portanto, foi utilizada a relação do IMC/idade para cada sexo separadamente, como demonstrado no Quadro 1, segundo os limites propostos por Cole *et al.* (2000), a fim de classificar as crianças em eutróficas, com sobrepeso ou obesidade.

Quadro 1. Pontos de Corte Internacional do IMC para sobrepeso e obesidade por sexo. Fonte: Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey – Cole *et al.* (2000)

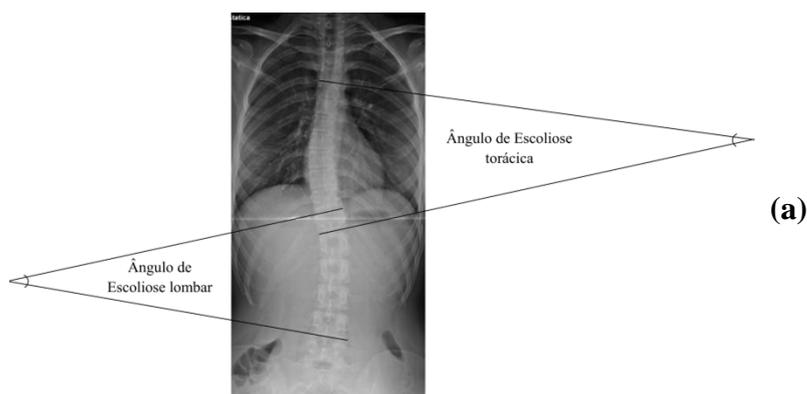
Idade (anos)	IMC 25 kg/m ²		IMC 30 kg/m ²	
	Homens	Mulheres	Homens	Mulheres
6	17,55	17,34	19,78	19,65
6,5	17,71	17,53	20,23	20,08
7	17,92	17,75	20,63	20,51
7,5	18,16	18,03	21,09	21,01
8	18,44	18,35	21,60	21,57
8,5	18,76	18,69	22,17	22,18
9	19,10	19,07	22,77	22,81
9,5	19,46	19,45	23,39	23,46
10	19,84	19,86	24,00	24,11
10,5	20,20	20,29	24,57	24,77
11	20,55	20,74	25,10	25,42
11,5	20,89	21,20	25,58	26,05
12	21,22	21,68	26,02	26,67
12,5	21,56	22,14	26,43	27,24
13	21,91	22,58	26,84	27,76
13,5	22,27	22,98	27,25	28,20

3.2.2.2 Avaliação radiográfica

Os exames de Raios-X foram realizados por um radiologista, sendo que cada sujeito foi submetido a radiografias panorâmicas da coluna vertebral, nas incidências perfil direito e pósterio-anterior, por meio de um aparelho de Raios-X modelo İconos R100 (Siemens). Durante a realização do exame radiológico de perfil, os indivíduos foram posicionados em ortostase, com os pés paralelos e com flexão dos ombros e cotovelos, a fim de evitar a sobreposição do úmero na imagem da coluna vertebral. No exame pósterio-anterior, os sujeitos permaneciam em ortostase, e eram posicionados de costa para o equipamento de Raios-X, em postura relaxada com os membros superiores ao lado do corpo. Além disso, nos dois exames era solicitada uma apnéia inspiratória.

A partir das radiografias, foram realizados os cálculos dos ângulos de Cobb, utilizando a metodologia de duas linhas (HARRISON *et al.*, 2001a; HARRISON *et al.*, 2001b), por meio de uma rotina matemática no *software* MATLAB® 7.9. Os ângulos das curvaturas escolióticas foram calculados utilizando como referência o platô superior da vértebra cranial mais inclinada e o platô inferior da vértebra caudal mais inclinada (Figura 1a). Para o cálculo do ângulo da cifose torácica foram marcados o platô vertebral superior de T1 e o platô vertebral inferior de T12 (BOSEKER *et al.*, 2000) e para o cálculo do ângulo da lordose lombar, foram utilizados o platô vertebral superior de L1 e o platô vertebral inferior de L5 (BERNHARDT; BRIDWELL, 1989), conforme demonstrado na Figura 1b. No entanto, se por qualquer razão, as extremidades das vértebras selecionadas não estivessem bem visíveis, as vértebras adjacentes acima ou abaixo foram usadas como alternativas para definir o ângulo da curvatura.

Todos esses cálculos dos ângulos de Cobb foram realizados por dois avaliadores independentes e nos casos em que as medidas entre os avaliadores diferiram mais que 5°, um terceiro avaliador realizou uma nova avaliação.



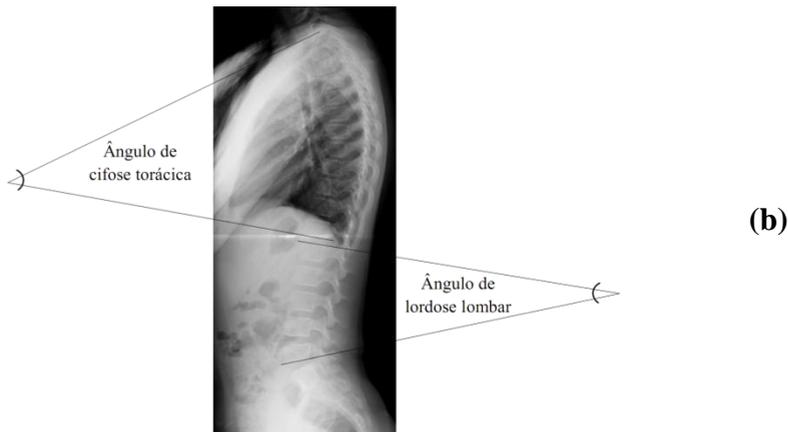


Figura 1. Cálculo do ângulo de Cobb nas radiografias frontal (a) e sagital (b) da coluna vertebral.

3.2.2.3 Avaliação Topográfica

A avaliação topográfica foi realizada utilizando-se o sistema de topografia Vert 3D, recentemente desenvolvido pela empresa Miotec Equipamentos Biomédicos Ltda, no Brasil.

O sistema Vert 3D é constituído por um computador e um módulo óptico, composto por um projetor e uma câmera, acoplados a uma torre de altura regulável (Figura 2). Esse módulo é responsável pela projeção e captação do padrão de luz estruturada.

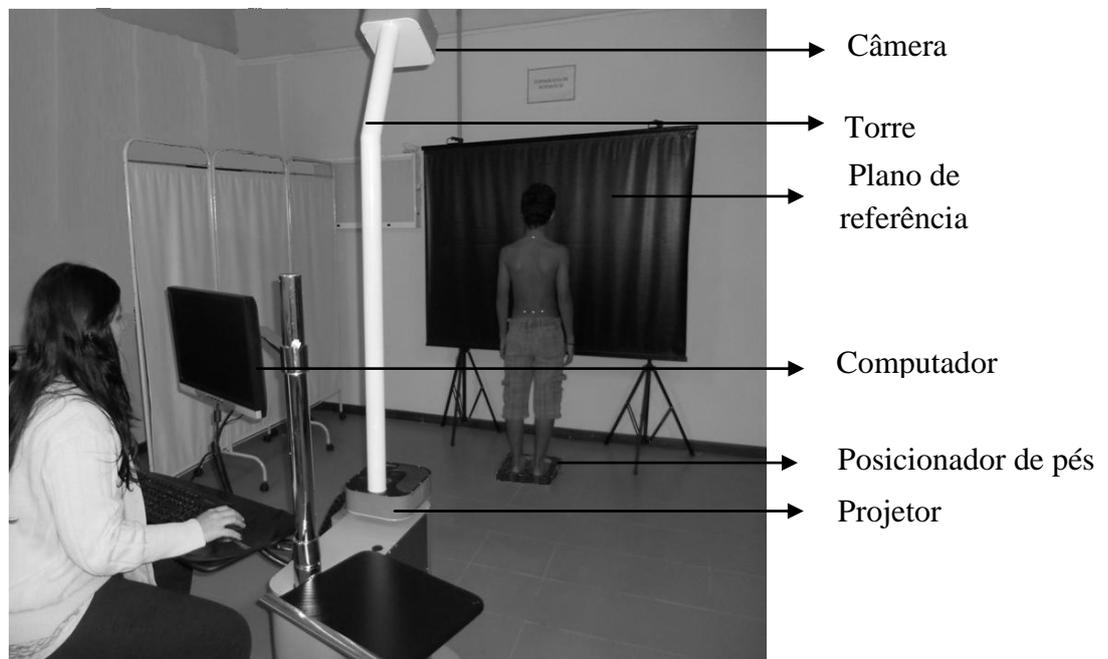


Figura 2. Estrutura física do sistema Vert 3D e posicionamento da criança para a realização da avaliação postural.

Segundo o fabricante do Sistema Vert 3D, a análise de um exame nesse sistema consiste em nove etapas:

A. Captura da foto com franjas:

Uma imagem com franjas é projetada no dorso do paciente (Figura 3a) por um projetor de computador tipo “data show”, cuja posição é conhecida. As dimensões e posições das franjas na imagem também são conhecidas. Uma foto é então capturada por uma câmera digital cuja posição relativa ao projetor é também conhecida.

B. Condicionamento da foto com franjas:

A imagem capturada passa por um processo semi-automático de binarização (conversão em preto e branco) e em seguida pela remoção de artefatos, como franjas que se tocam ou que estejam interrompidas. (Figura 3b)

C. Codificação da foto com franjas:

A imagem é analisada por um algoritmo de processamento de imagem que detecta a linha central de cada franja branca, gerando um arquivo com a posição sucessiva dos pixels de cada linha central. (Figura 3c)

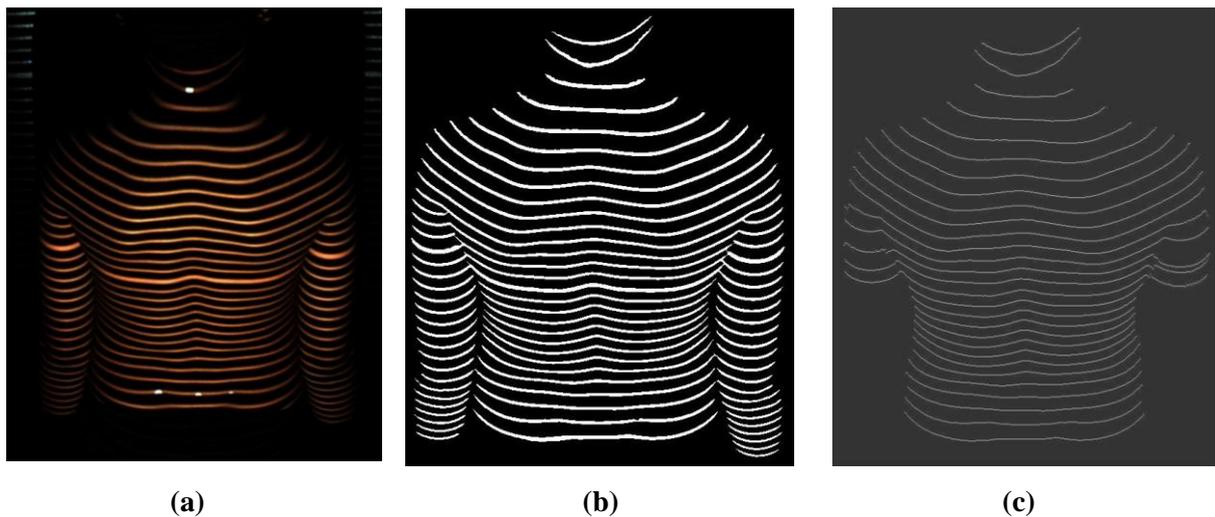


Figura 3. Imagem da projeção de franjas (a), da imagem convertida em preto e branco (b) e da imagem com a linha central de cada franja (c).

D. Extração da nuvem de pontos tridimensional:

Usando um processo de triangulação entre a posição da câmera, do projetor, e dos pixels de cada franja, é gerada uma nuvem de pontos tridimensional, ou seja, uma lista de coordenadas $[x,y,z]$. (Figura 4a)

E. Normalização da posição da malha:

A posição da malha é ajustada para que a projeção frontal não seja afetada por uma eventual rotação do paciente em relação ao aparelho, o que poderia criar uma falsa impressão de desvio lateral. Esse ajuste é realizado obtendo-se a dupla-tangente para cada franja,

calculando-se então a orientação média da superfície e rotacionando-se a nuvem de pontos de forma a neutralizar qualquer desvio global de posição;

F. Interpolação da nuvem de pontos com geração da malha retangular:

A nuvem de pontos é usada para criar um interpolador segundo o modelo RBF (radial basis function) com a função *thin-plate* suavizada. O modelo é usado então para gerar uma malha retangular (Figura 4b) com retículo de cinco milímetros, e os pontos são interpolados em cada nó dessa malha. Assim, cada coluna representa uma coordenada X, cada linha representa uma coordenada Y, e cada célula contém o valor da coordenada Z interpolada;

G. Cálculo da curvatura da malha retangular:

Calcula-se a curvatura média da superfície definida pela malha, por meio de uma função de curvatura discreta de malha retangular usando o primeiro e o segundo gradientes em cada dimensão.

H. Correlação cruzada bilateral da curvatura e obtenção de nuvem de pontos de simetria no plano frontal:

O mapa de curvatura é refletido e subdividido em regiões retangulares. Cada região é comparada com a região correspondente do lado oposto por meio da correlação cruzada bidimensional. O pico dessa correlação é considerado o ponto correspondente (de simetria), e o valor desse pico é considerado o coeficiente de simetria daquele ponto. A saída de cada par de pontos é a posição do ponto médio do segmento que une os dois pontos originais, e o valor dessa correlação. O conjunto desses pontos médios forma uma nuvem de pontos bidimensional ponderada, com tendência de acompanhar a “linha média” do dorso.

I. Interpolação da nuvem de pontos de simetria para geração da linha de simetria tridimensional:

É produzida uma lista de níveis horizontais (coordenadas y) correspondentes a cada uma das vértebras entre S1 e C7, de acordo com uma tabela de alturas relativas normalizadas, e para cada nível horizontal são selecionados os pontos que se encontram próximos a esse nível, tanto acima quanto abaixo. É calculada a média ponderada desses pontos, obtendo-se as coordenadas X e Y, e então essas coordenadas são usadas como entrada no modelo RBF pra obter o valor interpolado de Z.

Como resultado final, o sistema Vert 3D fornece uma linha de simetria (Figura 4c) composta de um ponto tridimensional para cada nível vertebral, constituindo um modelo da linha de simetria do dorso. Dessa linha podem ser extraídas a projeção lateral e a projeção frontal, podendo ser calculadas flechas, ângulos, inclinações e distâncias.

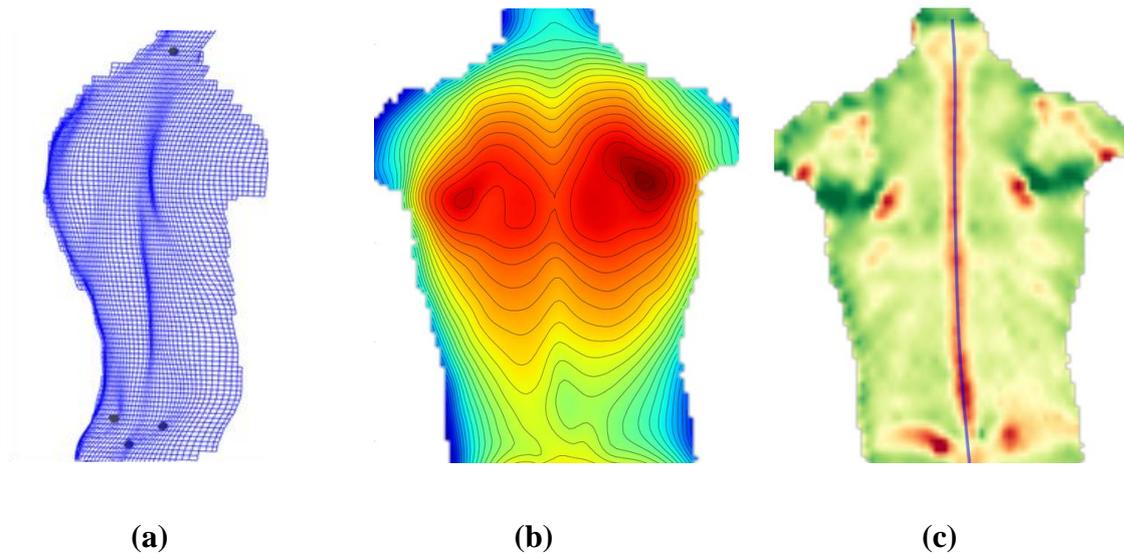


Figura 4. Imagem da nuvem de pontos 3D (a), do mapa de relevo (b) e do mapa de curvatura, com a linha de simetria ao centro (c).

Sendo assim, a avaliação do posicionamento da coluna vertebral no sistema Vert 3D é realizada a partir da linha de simetria, que é formada pela combinação do ponto de simetria de cada nível horizontal. Esse ponto é definido como aquele em que há a menor diferença de contorno e de curvatura em ambos os lados de cada nível horizontal, e seria uma estimativa da localização dos processos espinhosos, localizados por palpação.

Para a realização das avaliações, primeiramente foi necessária a realização de um procedimento de calibração do sistema, o qual consiste em projetar uma imagem de quadros padronizados no plano de referência, distante dois metros do projetor, e informar ao sistema o tamanho real da imagem projetada. Para a realização do protocolo de avaliação com o sistema Vert 3D, o indivíduo foi posicionado de costas para o equipamento, em postura ortostática, olhando diretamente para frente, com o dorso despido, braços pendentes naturalmente ao longo do corpo, de forma relaxada e sem tentar manter nenhuma postura correta, com os pés descalços e posicionados com auxílio de posicionador (Figura 2). Nessa posição o avaliador realizou palpação e marcação com adesivo branco os processos espinhosos da sétima vértebra cervical (C7) e da segunda vértebra sacral (S2), bem como as espinhas ilíacas pósterosuperiores (EIPS) direita e esquerda do indivíduo.

Em seguida, foi realizado o controle da iluminação da sala de modo a mantê-la fortemente escurecida, permitindo a projeção das franjas no dorso dos indivíduos e a captura da imagem pelo sistema Vert 3D.

Todas as avaliações com o sistema Vert3D foram realizadas por três avaliadores devidamente treinados no método e cada indivíduo foi avaliado cinco vezes com o sistema, no

mesmo dia. Na Figura 5 ilustra-se o *design* do estudo: (1) para a avaliação da repetibilidade utilizou-se os dados da Medida1 X Medida2 do avaliador A e Medida3 X Medida4 do avaliador B; e (2) para a avaliação da reprodutibilidade interavaliador utilizou-se a primeira medida dos avaliadores A e B e a medida do avaliador C (Medida1 X Medida3 X Medida5). Além disso, para avaliação da validade concorrente do sistema Vert 3D, os ângulos de Cobb obtidos com exame de Raios-X foram comparados com as medidas obtidas por cada avaliador com o sistema Vert 3D (Medida1, Medida3 e Medida5). A avaliação da reprodutibilidade intra-avaliador não foi realizada, devido à necessidade de avaliações em dias distintos. Em função do grande número amostral e pela dificuldade de logística do estudo tornou-se inviável esse procedimento. No entanto, entende-se que a avaliação repetibilidade do sistema é um meio de demonstrar a reprodutibilidade intra-avaliador.

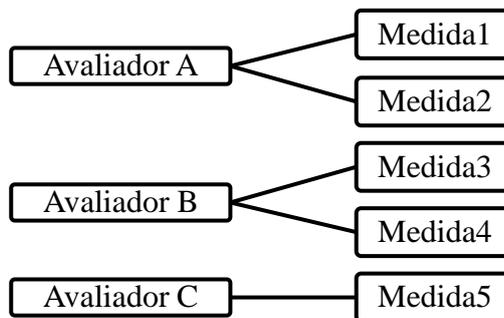


Figura 5. Esquema das avaliações realizadas com o sistema Vert 3D.

Posteriormente à coleta foram analisados os seguintes parâmetros: (1) flecha escoliótica e (2) ângulos Vert de escoliose, cifose torácica e lordose lombar, a partir da linha de simetria. Para o cálculo das flechas escolióticas, inicialmente, é traçado uma linha unindo o ponto inicial da curva (C7) com o ponto mais inferior de maior desvio lateral e outra linha unindo o ponto final da curva (S2) com o ponto superior de maior desvio lateral. Essas duas linhas são denominadas cordas. As flechas escolióticas são obtidas pela maior distância (cm) da corda à linha de simetria (Figura 6a).

Para o cálculo dos ângulos Vert, o software também utiliza a linha de simetria, a qual é formada por uma sequência de pontos 3D (x,y,x). O *software* realiza os cálculos utilizando dois eixos x e y (plano frontal) e y e z (plano sagital). O cálculo do ângulo é feito traçando uma linha unindo cada dois pontos consecutivos da linha de simetria, uma reta paralela ao eixo y (dy) e sua perpendicular (dx ou dz), conforme Figura 6b. Assim, ao longo da linha de simetria são calculados vários ângulos e, para a obtenção final do ângulo Vert 3D, utilizam-se

os dois maiores valores encontrados (um positivo e outro negativo) subtraídos um do outro. As medições dos ângulos seguem os mesmos princípios nos dois planos (tanto para cálculo da cifose torácica, lordose lombar e escoliose).

Além disso, o software estima os pontos de referência ósseos no plano sagital, permitindo calcular com diferentes pontos de referência. Sendo assim, as medidas angulares de cifose torácica foram realizadas entre: (a) os pontos de inflexão (maiores inclinações) superior e inferior, (b) C7-T12, (c) C7-T11, (d) T1-T12, (e) T1-T11, (f) T2-T12 e (g) T2-T11. Para lordose lombar realizou-se avaliação entre: (a) os pontos de inflexão superior e inferior, (b) 11-S1, (c) T11-L5, (d) T12-S1, (e) T12-L5, (f) L1-S1, (g) L1-L5, (h) L2-S1 e (i) L2-L5.

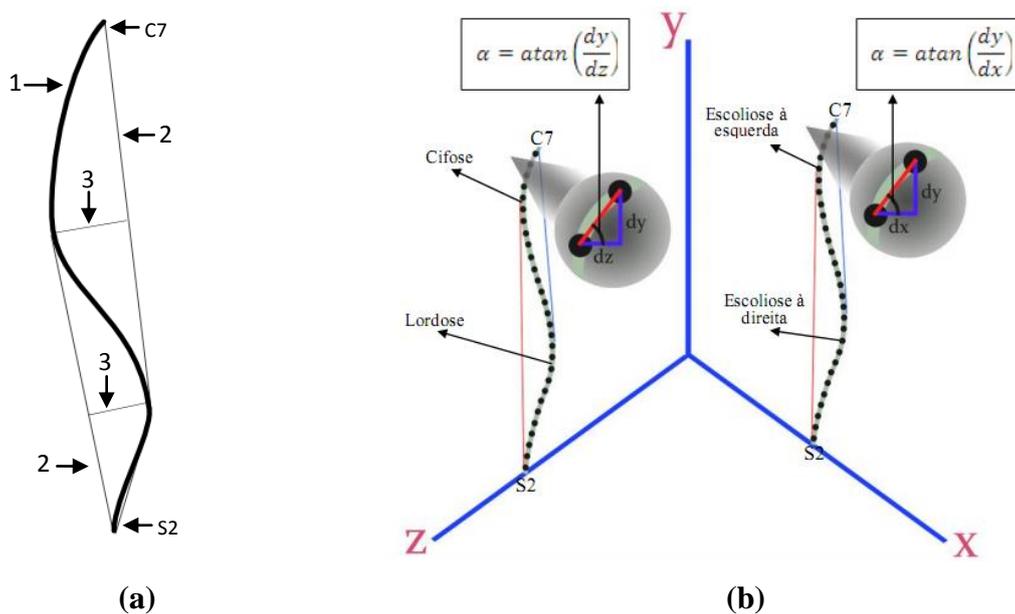


Figura 6. Representação da análise da linha de simetria no plano frontal, (a) para obtenção das flechas direita e esquerda, sendo 1- Linha de simetria; 2- Cordas; 3- Flechas escolióticas; e (b) para obtenção dos ângulos do Vert 3D, sendo dx, dy e dz a medida no eixo x, y e z, respectivamente.

3.2.3 Tratamento estatístico

O tratamento estatístico foi realizado no *software* SPSS versão 17, sendo primeiramente verificada a normalidade, pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, e análise descritiva dos dados. Para a análise da repetibilidade e da reprodutibilidade interavaliador foi utilizado o Coeficiente de Correlação Intra-classe (ICC). Para a validade concorrente foi utilizado o Coeficiente de Correlação Produto-momento de Pearson (r) ou o Coeficiente de Correlação de Spearman (rho). Quando os dados apresentavam distribuição paramétrica

utilizou-se o teste t pareado ou ANOVA one way, já quando a distribuição era não paramétrica utilizou-se o teste de Wilcoxon e o teste de Friedman. Além disso, para verificar a acurácia no diagnóstico das alterações posturais foram calculadas as áreas sob as curvas ROC (“*Receiver Operator Characteristics*”), identificados os pontos de corte e calculada a sensibilidade e especificidade do sistema. Para analisar o grau de concordância entre os ângulos provenientes do sistema Vert 3D e do exame radiológico foi utilizado o método gráfico de Bland e Altman (1986). Para análise da curva ROC e do método gráfico de Bland e Altman foi utilizado os resultados provenientes da primeira avaliação do avaliador A. O nível de significância adotado em todos os testes foi de 0,05.

Os valores de ICC foram classificados em fracos (ICC < 0,40), moderados (ICC entre 0,4 e 0,75) e excelentes (ICC > 0,75), de acordo com Fleiss (1986). Os valores r e rho foram classificados em correlação muito baixa (<0,2), baixa (0,2 a 0,39), moderada (0,4 a 0,69), alta (0,7 a 0,89) e muito alta (0,9 a 1,0), conforme Gaya (2008). A área sob a curva ROC, que determina a acurácia no diagnóstico de alterações da coluna vertebral, foi classificada em excelente (>0,9), bom (0,8 a 0,89), regular (0,7 a 0,79), ruim (0,6 a 0,69) e reprovado (0,5 a 0,59), de acordo com Câmara (2009).

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Características da amostra:

As análises das radiografias sagitais demonstraram que o ângulo médio de cifose torácica foi de $49,55 \pm 10,36^\circ$ ($26,31-74,79^\circ$) e de lordose lombar foi de $43,32 \pm 9,69^\circ$ ($18,84-68,23^\circ$). Ainda, ao analisar as radiografias frontais, observou-se que uma criança apresentava curvatura lateral superior a 20° , 21 crianças apresentavam curva escoliótica de 10 a 20° , 27 crianças apresentavam curvatura lateral da coluna vertebral entre 0 e 10° Cobb, não sendo classificado como escoliose e 66 crianças não apresentavam curvatura lateral na coluna vertebral.

Quanto a classificação das escolioses, 6 crianças apresentavam curvatura em “C” para a direita, 14 crianças apresentavam curvatura em “C” para a esquerda e duas crianças receberam a classificação de escoliose em “S”, as demais foram classificadas como normais, por não apresentar ângulo Cobb mínimo de 10° .

Ao avaliar o IMC, obteve-se média geral de $20,16 \pm 3,98$ kg/m². O grupo composto por crianças com IMC normal ou baixo peso (n=69) apresentou IMC médio de $17,84 \pm 2,28$ kg/m² ($13,49 - 24,97$ kg/m²), o grupo classificado como sobrepeso (n=32) apresentou IMC de

22,35±2,17 kg/m² (18,55 – 26,23 kg/m²) e o grupo classificado como obeso (n=14) apresentou IMC de 26,60±3,96 kg/m² (21,07 – 35,26 kg/m²).

3.3.2 Estudo 1: Plano Frontal

A repetibilidade, reprodutibilidade interavaliador e validade do sistema Vert 3D no plano frontal foram avaliadas por meio de medidas angulares e por flechas escolióticas à direita e à esquerda, e os resultados estão apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3. Observa-se que as medidas angulares à esquerda apresentaram repetibilidade fraca e reprodutibilidade interavaliador moderada, já para as medidas angulares à direita não se obteve correlação significativa entre as medidas de um dos avaliadores para avaliação da repetibilidade e a reprodutibilidade interavaliador apresentou nível fraco. Para a validade concorrente dos ângulos à direita e à esquerda não foram observadas correlações significativas com os ângulos de Cobb, em nenhum dos casos, para todos os avaliadores.

Ao analisar as flechas escolióticas, observam-se níveis moderados de repetibilidade para as flechas à esquerda e níveis fracos a moderados para flechas à direita. A reprodutibilidade interavaliador apresentou níveis moderados de correlação para flechas à direita e à esquerda. No que se refere a validade concorrente, não foram encontradas correlações entre as flechas à direita com os ângulos das curvaturas para a direita da coluna vertebral. No entanto, as flechas à esquerda apresentaram correlação fraca com as curvaturas para a esquerda da coluna vertebral, mensuradas por meio do ângulo de Cobb.

Tabela 1. Resultados do sistema Vert 3D obtidos nas medições dos avaliadores A e B, referentes à repetibilidade dos ângulos de escoliose e das flechas escolióticas. (n=115)

	Avaliador A					Avaliador B				
	1º avaliação Mediana (mín.–máx.)	2º avaliação Mediana (mín.–máx.)	P (Wilcoxon)	ICC (IC95%)	p	1º avaliação Mediana (mín.–máx.)	2º avaliação Mediana (mín.–máx.)	P (Wilcoxon)	ICC (IC95%)	p
Ângulo Direito (°)	3,16 (0,39-12,25)	3,22 (0,46-11,12)	0,601	0,329 (0,156-0,482)	0,000*	3,05 (0,52-13,52)	3,08 (0,58-14,15)	0,978	0,106 (-0,078-0,283)	0,129
Ângulo Esquerdo (°)	3,17 (0,56-25,30)	3,62 (0,69-14,97)	0,935	0,299 (0,123-0,456)	0,001*	3,36 (0,67-25,38)	3,63 (0,38-11,92)	0,893	0,331 (0,159-0,458)	0,000*
Flecha Direita (cm)	0,13 (0,01-0,65)	0,14 (0,01-0,54)	0,204	0,532 (0,387-0,651)	0,000*	0,13 (0,01-0,69)	0,12 (0,02-0,86)	0,569	0,346 (0,175-0,497)	0,000*
Flecha Esquerda (cm)	0,19 (0,03-0,91)	0,20 (0,01-1,07)	0,537	0,667 (0,551-0,757)	0,000*	0,22 (0,01-0,82)	0,23 (0,01-0,85)	0,430	0,610 (0,481-0,713)	0,000*

* - Correlação significativa

Tabela 2. Resultados do sistema Vert 3D obtidos nas medições dos três avaliadores, referentes à reprodutibilidade interavaliador dos ângulos de escoliose e das flechas escolióticas. (n=115)

	Avaliador A Mediana (mín.-máx.)	Avaliador B Mediana (mín.-máx.)	Avaliador C Mediana (mín.-máx.)	P (Friedman)	ICC (IC95%)	p
Ângulo Direito (°)	3,16 (0,39-12,25)	3,05 (0,52-13,52)	3,06 (0,42-31,21)	0,833	0,242 (0,127-0,364)	0,000*
Ângulo Esquerdo (°)	3,17 (0,56-25,30)	3,36 (0,67-25,38)	3,26 (1,15-13,65)	0,846	0,450 (0,338-0,559)	0,000*
Flecha Direita (cm)	0,13 (0,01-0,65)	0,13 (0,01-0,69)	0,13 (0,01-0,54)	0,725	0,491 (0,382-0,595)	0,000*
Flecha Esquerda (cm)	0,19 (0,03-0,91)	0,22 (0,01-0,82)	0,21 (0,02-1,05)	0,974	0,607 (0,511-0,695)	0,000*

* - Correlação significativa.

Tabela 3. Resultados de correlação entre os ângulos Cobb do exame de Raios-X e os ângulos de escoliose e as flechas escolióticas do sistema Vert 3D, nas medições dos três avaliadores. (n=115)

	Avaliador A x Raios-X		Avaliador B x Raios-X		Avaliador C x Raios-X	
	rho	p	rho	p	Rho	p
Ângulo e Cobb à Direita	-0,143	0,126	-0,042	0,655	0,040	0,671
Ângulo e Cobb à Esquerda	0,285	0,002*	0,102	0,279	0,298	0,001*
Flecha e Cobb à Direita	-0,105	0,264	-0,091	0,334	0,039	0,682
Flecha e Cobb à Esquerda	0,318	0,001*	0,221	0,018*	0,384	0,000*

* - Correlação significativa

Além dos resultados de correlação (Tabela 3) entre os ângulos do sistema Vert 3D e os ângulos de Cobb, foi também realizado o teste de Wilcoxon, o qual demonstrou haver diferença estatisticamente significativa entre as médias angulares obtidas com o sistema Vert 3D e os ângulos de Cobb nas radiografias.

A partir de todos esses resultados iniciais, as medidas de flechas escolióticas demonstraram ser mais adequadas para a avaliação do plano frontal, já que apresentaram melhores níveis de repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador quando comparadas com as análises angulares. Por esse motivo, a seguir, análises da acurácia e da influência dos diferentes perfis nutricionais sobre a avaliação do Vert 3D são descritas apenas para as medidas de flechas escolióticas.

Para avaliar a acurácia do sistema Vert 3D em fornecer o diagnóstico de escoliose foi utilizada a curva ROC (Figura 7). A área sob a curva ROC foi de 0,390 (p=0,301) para flecha

escoliótica direita e de 0,746 ($p=0,02$) para flecha escoliótica esquerda. Esses resultados demonstram que a flecha escoliótica direita foi “reprovada” para o diagnóstico de escoliose e que a flecha escoliótica esquerda apresenta uma acurácia “regular”, com sensibilidade de 75% e especificidade de 56,6%, ao utilizar o ponto de corte de 0,19cm de flecha fornecido pelo sistema Vert 3D, o qual apresentou a melhor relação sensibilidade/especificidade.

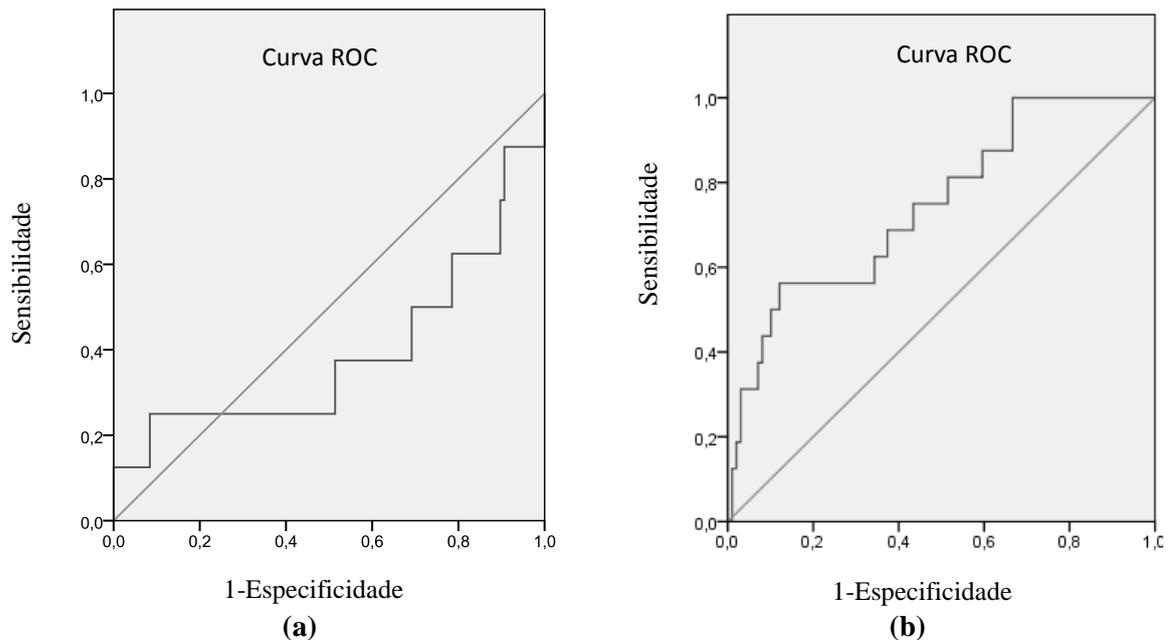


Figura 7. Curva ROC do sistema Vert 3D para diagnóstico de escoliose, a partir das flechas escolióticas direita (a) e esquerda (b).

A fim de investigar a influência do IMC sobre a medição do sistema Vert 3D no plano frontal, todos os parâmetros de validade foram avaliados nos diferentes perfis nutricionais (Tabelas 4, 5 e 6). Observando as Tabelas 4 e 5 nota-se que o sistema Vert 3D apresentou moderada repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador, respectivamente, para as flechas escolióticas nos indivíduos com IMC dentro da normalidade. No entanto, ao avaliar indivíduos sobrepesos e obesos observa-se que os níveis de repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador não se mantiveram adequados para a avaliação das flechas à direita. Já para as flechas à esquerda, obteve-se níveis moderados de repetibilidade em indivíduos sobrepesos e níveis de moderado a excelente para indivíduos obesos e a reprodutibilidade interavaliador apresentou nível moderado para sobrepesos e obesos, semelhante ao obtido para sujeitos com IMC dentro da normalidade. Quanto à validade concorrente (Tabela 6) observou-se que nenhuma das flechas escolióticas apresentou correlação significativa com os ângulos de Cobb para todos os avaliadores.

Tabela 4. Resultados do sistema Vert 3D obtidos nas medições dos avaliadores A e B, referentes à repetibilidade das flechas escolióticas, nos diferentes perfis nutricionais.

Flechas	Avaliador A					Avaliador B				
	1º avaliação Mediana (mín.-máx.)	2º avaliação Mediana (mín.-máx.)	p (Wilcoxon)	ICC (IC95%)	p	1º avaliação Mediana (mín.-máx.)	2º avaliação Mediana (mín.-máx.)	p (Wilcoxon)	ICC (IC95%)	p
IMC Normal (n=69)										
Flecha Direita (cm)	0,13 (0,02-0,65)	0,14 (0,01-0,54)	0,283	0,550 (0,362-0,695)	0,000*	0,14 (0,01-0,69)	0,13 (0,02-0,64)	0,804	0,598 (0,422-0,731)	0,000*
Flecha Esquerda (cm)	0,18 (0,03-0,91)	0,23 (0,01-1,07)	0,280	0,727 (0,593-0,822)	0,000*	0,19 (0,01-0,72)	0,21 (0,02-0,85)	0,221	0,665 (0,509-0,778)	0,000*
IMC Sobrepeso (n=32)										
Flecha Direita (cm)	0,12 (0,01-0,31)	0,13 (0,03-0,34)	0,985	0,138 (-0,216-0,460)	0,222	0,11 (0,02-0,57)	0,12 (0,02-0,86)	0,640	-0,480 (-0,385-0,301)	0,604
Flecha Esquerda (cm)	0,25 (0,10-0,75)	0,21 (0,02-0,88)	0,513	0,568 (0,278-0,763)	0,000*	0,28 (0,04-0,82)	0,30 (0,01-0,64)	0,765	0,540 (0,194-0,723)	0,001*
IMC Obeso (n=14)										
Flecha Direita (cm)	0,14 (0,09-0,39)	0,10 (0,01-0,46)	0,124	0,430 (-0,108-0,773)	0,55	0,12 (0,03-0,51)	0,06 (0,03-0,66)	0,778	0,090 (-0,444-0,578)	0,374
Flecha Esquerda (cm)	0,21 (0,05-0,51)	0,18 (0,06-0,57)	0,826	0,835 (0,562-0,944)	0,000*	0,27 (0,06-0,63)	0,19 (0,05-0,62)	0,778	0,558 (0,062-0,833)	0,015*

* - Correlação significativa.

Tabela 5. Resultados do sistema Vert 3D obtidos nas medições dos três avaliadores, referentes à reprodutibilidade interavaliador das flechas escolióticas, nos diferentes perfis nutricionais.

Flechas	Avaliador A Média±DP	Avaliador B Média±DP	Avaliador C Média±DP	p (Friedman)	ICC (IC95%)	p
IMC Normal (n=69)						
Flecha Direita (cm)	0,13 (0,02-0,65)	0,14 (0,01-0,69)	0,13 (0,01-0,54)	0,904	0,599 (0,472-0,712)	0,000*
Flecha Esquerda (cm)	0,18 (0,03-0,91)	0,19 (0,01-0,72)	0,19 (0,02-0,84)	0,471	0,607 (0,481-0,719)	0,000*
IMC Sobrepeso (n=32)						
Flecha Direita (cm)	0,12 (0,01-0,31)	0,11 (0,02-0,57)	0,12 (0,01-0,43)	1,00	0,287 (0,071-0,519)	0,004*
Flecha Esquerda (cm)	0,25 (0,10-0,75)	0,28 (0,04-0,82)	0,24 (0,07-1,05)	0,804	0,649 (0,468-0,794)	0,000*
IMC Obeso (n=14)						
Flecha Direita (cm)	0,14 (0,09-0,39)	0,12 (0,03-0,51)	0,14 (0,04-0,34)	0,424	0,075 (-0,196-0,462)	0,306
Flecha Esquerda (cm)	0,21 (0,05-0,51)	0,27 (0,06-0,63)	0,27 (0,07-0,64)	0,424	0,470 (0,330-0,905)	0,002*

* - Correlação significativa.

Tabela 6. Resultados de correlação entre as flechas escolióticas do sistema Vert 3D e os ângulos Cobb do exame de Raios-X e nas medições dos três avaliadores, nos diferentes perfis nutricionais.

Classificação IMC	Raios-X	Sistema Vert 3D					
		Avaliador A		Avaliador B		Avaliador C	
		Flecha Direita (cm)		Flecha Direita (cm)		Flecha Direita (cm)	
		rho	p	rho	p	rho	p
Normal (n=69)	Cobb curvas à direita (°)	-0,066	0,592	-0,138	0,258	-0,065	0,594
Sobrepeso (n=32)	Cobb curvas à direita (°)	-0,066	0,592	-0,138	0,258	-0,065	0,594
Obeso (n=14)	Cobb curvas à direita (°)	-0,486	0,078	0,003	0,992	0,462	0,096
		Flecha Esquerda (cm)		Flecha Esquerda (cm)		Flecha Esquerda (cm)	
		rho	p	rho	p	rho	p
Normal (n=69)	Cobb curvas à esquerda (°)	0,319	0,008*	0,226	0,062	0,310	0,010*
Sobrepeso (n=32)	Cobb curvas à esquerda (°)	0,296	0,100	0,167	0,362	0,478	0,006*
Obeso (n=14)	Cobb curvas à esquerda (°)	0,285	0,324	0,299	0,299	0,602	0,023*

* - Correlação significativa

3.3.3 Estudo 2: Plano Sagital

As análises da repetibilidade, reprodutibilidade interavaliador e validade do sistema Vert 3D no plano sagital foram realizadas utilizando-se diferentes pontos de referência, conforme apresentado nas Tabelas 7, 8 e 9, sendo observado que para a repetibilidade da cifose torácica obteve-se níveis excelentes de correlação para todos os pontos de referência analisados. No entanto, ao utilizar como ponto superior C7 houve diferença significativa entre as medidas de um avaliador. A reprodutibilidade interavaliador também apresentou níveis excelentes de correlação, exceto para as avaliações que utilizaram como ponto superior C7 e na avaliação realizada entre T1-T12. Na avaliação da validade concorrente, obteve-se correlação fraca para todos os pontos de referência analisados, exceto para as análises que utilizavam como ponto superior T2, o qual não apresentou correlação significativa para um dos avaliadores. Além disso, o teste t pareado demonstrou haver diferença significativa para todas as medidas de cifose torácica, ao comparar os ângulos provenientes do sistema Vert 3D com os ângulos de Cobb.

A avaliação da repetibilidade da lordose lombar demonstrou excelentes níveis de correlação para todos os níveis vertebrais analisados. A avaliação da reprodutibilidade interavaliador mostrou níveis excelentes nas avaliações realizadas entre os pontos de inflexão, T12-S1, L1-S1 e L2-S1. Já na avaliação da validade concorrente da região lombar, obteve-se correlação moderada entre os pontos de inflexão, L1-S1, L2-S1 e L2-L5; correlação variando de fraca a moderada entre os pontos T12-S1 e L1-L5 e correlação fraca para os demais pontos de referência. No entanto, ao realizar o teste t pareado, entre os ângulos obtidos com o sistema Vert 3D e os ângulos de Cobb observou-se diferença estatisticamente significativa para todas as medidas, exceto para a os pontos de inflexão.

Tabela 7. Resultados do sistema Vert 3D obtidos nas medições dos avaliadores A e B, referentes à repetibilidade dos ângulos Vert de cifose torácica e lordose lombar utilizando diferentes níveis vertebrais como referência. (n=115)

Nível vertebral	Avaliador A					Avaliador B				
	1ª avaliação Média±DP	2ª avaliação Média±DP	p (Teste t)	ICC (IC95%)	p	1ª avaliação Média±DP	2ª avaliação Média±DP	p (Teste t)	ICC (IC95%)	p
CIFOSE										
Inf.(°)	45,39±9,14	45,53±9,18	0,780	0,891 (0,845 – 0,923)	0,000*	45,37±8,99	45,83±9,46	0,320	0,856 (0,798 – 0,898)	0,000*
C7-T12(°)	38,50±9,19	38,69±9,51	0,731	0,808 (0,734 – 0,863)	0,000*	38,12±9,27	39,03±8,50	0,045**	0,852 (0,793 – 0,896)	0,000*
C7-T11(°)	35,70±8,00	35,44±8,55	0,602	0,806 (0,731 – 0,862)	0,000*	34,87±8,49	35,77±7,73	0,043**	0,835 (0,770 – 0,883)	0,000*
T1-T12(°)	38,19±8,29	38,30±8,63	0,800	0,844 (0,782 – 0,889)	0,000*	38,34±8,36	38,47±8,20	0,744	0,861 (0,805 – 0,902)	0,000*
T1-T11(°)	35,38±6,92	35,06±7,50	0,353	0,865 (0,811 – 0,905)	0,000*	35,10±7,53	35,21±7,34	0,765	0,855 (0,796 – 0,897)	0,000*
T2-T12(°)	34,34±8,28	34,91±8,78	0,189	0,854 (0,795 – 0,896)	0,000*	34,77±8,43	34,83±8,64	0,870	0,914 (0,878 – 0,940)	0,000*
T2-T11(°)	31,54±7,10	31,67±7,79	0,701	0,879 (0,830 – 0,915)	0,000*	31,53±7,61	31,56±7,84	0,912	0,956 (0,880 – 0,941)	0,000*
LORDOSE										
Inf.(°)	43,96±9,70	44,65±10,68	0,314	0,754 (0,650 – 0,816)	0,000*	43,81±10,23	43,37±10,14	0,389	0,858 (0,801 – 0,899)	0,000*
T11-S1(°)	33,95±8,62	33,96±8,79	0,987	0,837 (0,773 – 0,885)	0,000*	33,43±9,42	33,24±8,82	0,679	0,849 (0,789 – 0,893)	0,000*
T11-L5(°)	22,44±10,28	23,25±10,93	0,148	0,841 (0,778 – 0,888)	0,000*	22,27±11,42	21,83±10,80	0,408	0,817 (0,817 – 0,908)	0,000*
T12-S1(°)	36,68±9,54	37,16±9,43	0,347	0,832 (0,766 – 0,881)	0,000*	36,59±10,27	36,45±9,58	0,783	0,850 (0,791 – 0,894)	0,000*
T12-L5(°)	25,27±10,65	26,35±11,57	0,062	0,851 (0,791 – 0,894)	0,000*	25,40±12,15	25,02±11,47	0,476	0,884 (0,836 – 0,918)	0,000*
L1-S1(°)	37,95±10,01	38,18±9,91	0,640	0,858 (0,801 – 0,947)	0,000*	37,59±10,94	37,16±10,30	0,411	0,860 (0,803 – 0,901)	0,000*
L1-L5(°)	26,36±10,96	27,26±11,93	0,098	0,873 (0,821 – 0,910)	0,000*	26,33±12,39	25,71±11,60	0,270	0,875 (0,824 – 0,912)	0,000*
L2-S1(°)	36,86±10,11	36,54±10,23	0,501	0,876 (0,826 – 0,913)	0,000*	36,38±10,78	36,07±10,19	0,513	0,885 (0,838 – 0,919)	0,000*
L2-L5(°)	25,28±10,46	25,62±11,76	0,472	0,893 (0,849 – 0,925)	0,000*	25,09±11,62	24,63±10,88	0,351	0,890 (0,844 – 0,922)	0,000*

* - Correlação significativa; ** - Diferença significativa.

Tabela 8. Resultados do sistema Vert 3D obtidos nas medições dos três avaliadores, referentes à reprodutibilidade interavaliador dos ângulos Vert de cifose torácica e lordose lombar utilizando diferentes níveis vertebrais como referência. (n=115)

Nível vertebral	Avaliador A Média±DP	Avaliador B Média±DP	Avaliador C Média±DP	p (Anova)	ICC (IC95%)	p
CIFOSE						
Inf.(°)	45,39±9,14	45,37±8,99	44,97±9,69	0,927	0,831 (0,778 – 0,874)	0,000*
C7-T12(°)	38,50±9,19	38,12±9,27	37,97±8,76	0,901	0,714 (0,635 – 0,782)	0,000*
C7-T11(°)	35,70±8,00	34,87±8,49	34,73±8,21	0,632	0,702 (0,620 – 0,772)	0,000*
T1-T12(°)	38,19±8,29	38,34±8,36	38,03±8,28	0,960	0,735 (0,660 – 0,799)	0,000*
T1-T11(°)	35,38±6,92	35,10±7,53	34,78±7,71	0,828	0,761 (0,692 – 0,820)	0,000*
T2-T12(°)	34,34±8,28	34,77±8,43	34,62±8,03	0,922	0,808 (0,749 – 0,856)	0,000*
T2-T11(°)	31,54±7,10	31,53±7,61	31,38±7,55	0,984	0,832 (0,780 – 0,875)	0,000*
LORDOSE						
Inf.(°)	43,96±9,70	43,81±10,23	43,69±10,40	0,980	0,841 (0,791 – 0,882)	0,000*
T11-S1(°)	33,95±8,62	33,43±9,42	33,03±8,38	0,726	0,745 (0,673 – 0,807)	0,000*
T11-L5(°)	22,44±10,28	22,27±11,42	22,50±10,76	0,986	0,629 (0,535 – 0,713)	0,000*
T12-S1(°)	36,68±9,54	36,59±10,27	36,29±8,91	0,949	0,758 (0,688 – 0,817)	0,000*
T12-L5(°)	25,27±10,65	25,40±12,15	25,73±10,90	0,952	0,661 (0,572 – 0,739)	0,000*
L1-S1(°)	37,95±10,01	37,59±10,94	37,23±9,87	0,869	0,772 (0,706 – 0,829)	0,000*
L1-L5(°)	26,36±10,96	26,33±12,39	26,66±11,52	0,972	0,687 (0,603 – 0,761)	0,000*
L2-S1(°)	36,86±10,11	36,38±10,78	35,76±9,70	0,712	0,827 (0,774 – 0,871)	0,000*
L2-L5(°)	25,28±10,46	25,09±11,62	25,19±11,51	0,992	0,734 (0,659 – 0,798)	0,000*

* - Correlação significativa.

Tabela 9. Resultados de correlação obtidos entre os ângulos Cobb do exame de Raios-X e os ângulos Vert nas medições dos três avaliadores, tanto para a cifose torácica quanto para a lordose lombar, utilizando diferentes níveis vertebrais como referência. (n=115)

Nível vertebral	Avaliador A x Raios-X			Avaliador B x Raios-X			Avaliador C x Raios-X		
	P (Teste t)	r	p	P (Teste t)	r	p	P (Teste t)	r	p
CIFOSE									
Inf.(°)	0,000**	0,307	0,001*	0,000**	0,267	0,004*	0,000**	0,283	0,002*
C7-T12(°)	0,000**	0,280	0,002*	0,000**	0,295	0,001*	0,000**	0,183	0,049*
C7-T11(°)	0,000**	0,274	0,003*	0,000**	0,280	0,002*	0,000**	0,199	0,033*
T1-T12(°)	0,000**	0,295	0,001*	0,000**	0,255	0,006*	0,000**	0,259	0,005*
T1-T11(°)	0,000**	0,298	0,001*	0,000**	0,236	0,011*	0,000**	0,254	0,006*
T2-T12(°)	0,000**	0,217	0,020*	0,000**	0,158	0,091	0,000**	0,235	0,011*
T2-T11(°)	0,000**	0,200	0,032*	0,000**	0,129	0,171	0,000**	0,255	0,006*
LORDOSE									
Inf.(°)	0,510	0,431	0,000*	0,622	0,442	0,000*	0,713	0,418	0,000*
T11-S1(°)	0,000**	0,302	0,001*	0,000**	0,342	0,000*	0,000**	0,365	0,000*
T11-L5(°)	0,000**	0,307	0,001*	0,000**	0,314	0,001*	0,000**	0,332	0,000*
T12-S1(°)	0,000**	0,392	0,000*	0,000**	0,384	0,000*	0,000**	0,401	0,000*
T12-L5(°)	0,000**	0,359	0,000*	0,000**	0,361	0,000*	0,000**	0,370	0,000*
L1-S1(°)	0,000**	0,449	0,000*	0,000**	0,443	0,000*	0,000**	0,446	0,000*
L1-L5(°)	0,000**	0,432	0,000*	0,000**	0,430	0,000*	0,000**	0,399	0,000*
L2-S1(°)	0,000**	0,416	0,000*	0,000**	0,425	0,000*	0,000**	0,419	0,000*
L2-L5(°)	0,000**	0,425	0,000*	0,000**	0,436	0,000*	0,000**	0,416	0,000*

* - Correlação significativa; ** - Diferença significativa.

A partir dessas análises iniciais no plano sagital, os resultados indicam que para avaliação da cifose torácica, parece mais adequado utilizar os pontos de inflexão, pois a partir desses pontos obtiveram-se, em geral, os melhores resultados de repetibilidade, reprodutibilidade interavaliador e de correlação com o ângulo de Cobb. Para a avaliação da lordose lombar, os resultados também apontam para a utilização dos pontos de inflexão, pois para este nível obteve-se repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador excelente, e moderada validade concorrente, além de não apresentar diferença significativa com os ângulos de Cobb. A seguir, análises mais aprofundadas sobre esses pontos de referência são apresentadas na Tabela 10, a qual demonstra as diferenças obtidas entre as avaliações utilizando o sistema Vert 3D.

Tabela 10. Diferenças encontradas entre as avaliações para repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador do sistema Vert 3D, referentes às medições dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar, utilizando o nível entre os pontos de inflexão e L1 a S1, respectivamente. (n=115)

Nível Vertebral	Aspecto avaliado	Diferença média±DP	Diferença média absoluta±DP	≤5° n	6°a10° n	>10° n
CIFOSE						
	Repetibilidade Avaliador A	-0,13±5,09	3,85±3,31	80	30	5
	Repetibilidade Avaliador B	-0,46±4,46	3,63±3,38	88	23	4
Infl. (°)	Reprodutibilidade interavaliador	0,28±3,70	4,06±2,62	80	31	4
	Validade Avaliador A	-4,15±11,52	9,33±7,89	45	27	43
	Validade Avaliador B	-4,18±11,76	9,71±7,80	37	34	44
	Validade Avaliador C	-4,58±12,25	10,21±8,13	38	24	53
LORDOSE						
	Repetibilidade Avaliador A	-0,68±7,30	3,97±6,15	91	17	7
	Repetibilidade Avaliador B	0,43±5,43	3,57±4,10	87	20	8
Infl.(°)	Reprodutibilidade interavaliador	0,17±3,36	4,29±2,70	76	35	4
	Validade Avaliador A	0,63±10,34	8,09±6,42	49	32	34
	Validade Avaliador B	0,48±10,53	8,33±6,41	47	27	41
	Validade Avaliador C	0,37±10,85	8,65±6,51	44	26	45

Para avaliar a acurácia do sistema Vert 3D em fornecer o diagnóstico de alteração da cifose torácica e lordose lombar foi utilizada a curva ROC (Figura 8). Para avaliação da lordose lombar, o teste de acurácia foi dividido em: (a) capacidade de diagnosticar retificação lombar e (b) capacidade de diagnosticar hiperlordose lombar. Para a avaliação da cifose torácica, o teste de acurácia foi realizado apenas para avaliar a capacidade do Vert 3D em diagnosticar a hipercifose torácica, pois na amostra do presente estudo não teve nenhum caso classificado como retificação torácica.

A área sob a curva ROC para diagnóstico de hiperlordose lombar (Figura 8a) foi de 0,734 (p=0,000), o que indica uma acurácia “regular”, com sensibilidade de 81,3% e especificidade de 62,7%, ao utilizar o ponto de corte de 44,5°. A área sob a curva ROC para o diagnóstico de retificação lombar (Figura 8b) foi de 0,375 (p=0,174), demonstrando que o ângulo de lordose lombar do sistema Vert 3D foi “reprovado” para o diagnóstico de retificação lombar. A área sob a curva ROC para o diagnóstico de hipercifose torácica (Figura

8c) foi de 0,689 ($p=0,000$) e, apesar da acurácia “ruim”, apresenta sensibilidade de 65,5% e especificidade de 73,7%, ao utilizar o ponto de corte de 46,3°.

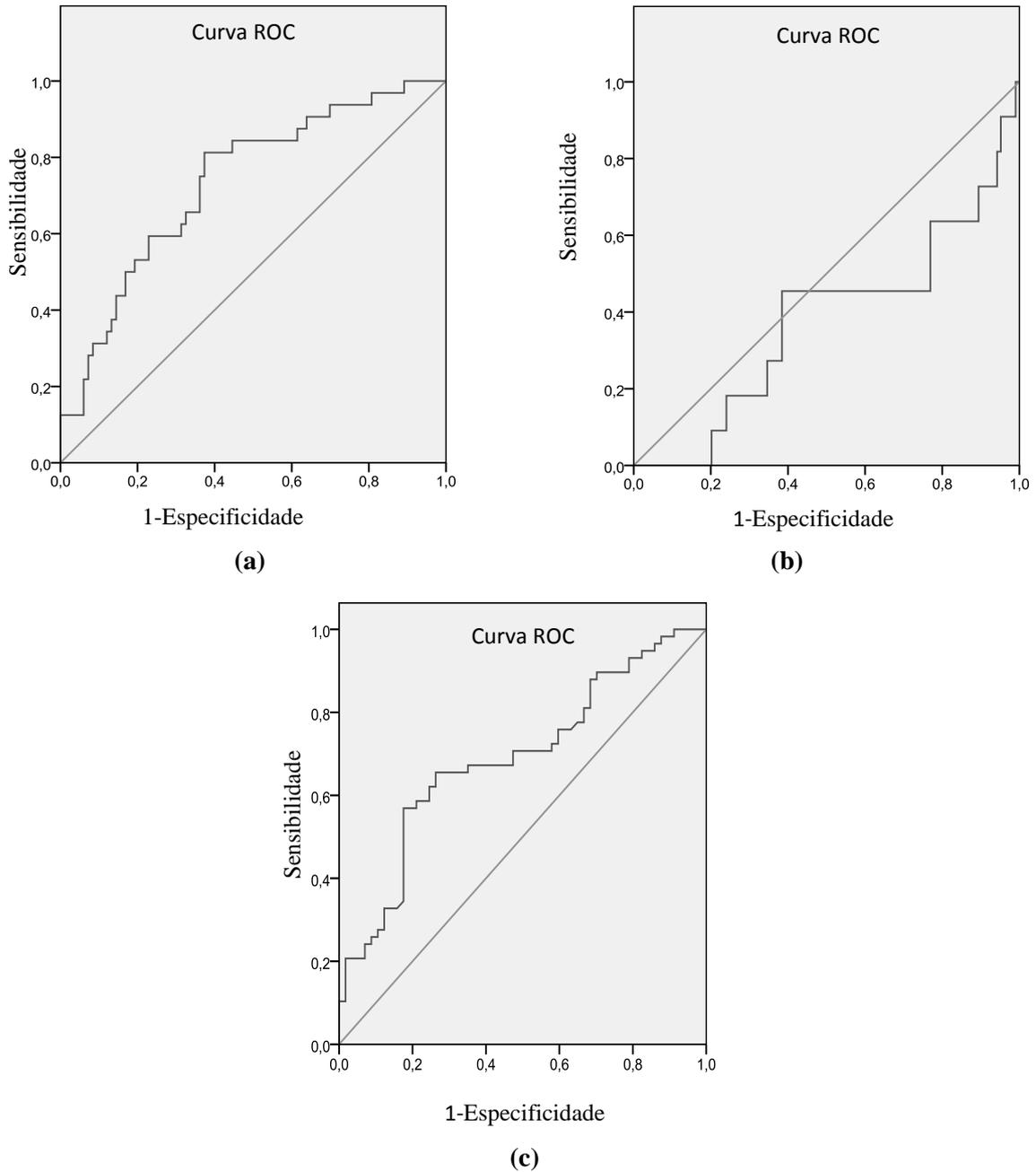


Figura 8. Curvas ROC para diagnóstico de (a) hiperlordose lombar, (b) retificação lombar e (c) hiper cifose torácica, a partir dos ângulos de lordose lombar e cifose torácica obtidos com o sistema Vert 3D.

Considerando que somente a avaliação da lordose lombar apresentou níveis adequados para a validade concorrente foram realizadas análises gráficas referentes à sua correlação e concordância com as medidas radiológicas (Figura 9).

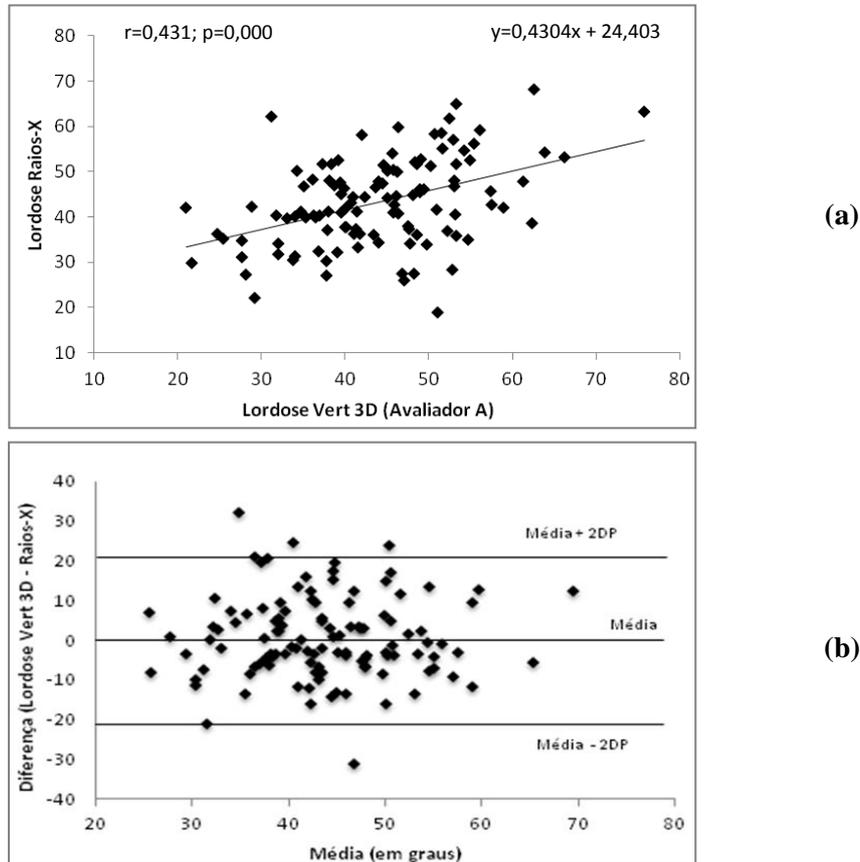


Figura 9. Gráfico de correlação entre as medidas de lordose lombar obtidas com o sistema Vert 3D e com o exame de Raios-X (a); e Método gráfico de Bland e Altman (b), referentes à primeira medida do avaliador A.

Com o objetivo de avaliar a influência do IMC sobre a medição do sistema Vert 3D, foi realizada a análise dos aspectos de validade do sistema Vert 3D nos diferentes perfis nutricionais, sendo apresentados os resultados para os pontos de referência que apresentaram melhores resultados para a amostra geral (pontos de inflexão).

A repetibilidade do sistema nos diferentes perfis nutricionais encontra-se descrito na Tabela 11, a reprodutibilidade interavaliador, na Tabela 12 e a validade, na Tabela 13, sendo observado que o sistema Vert 3D apresentou excelente repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador de cifose torácica para indivíduos com IMC dentro da normalidade ou com sobrepeso, no entanto, esses níveis foram moderados em sujeitos obesos. Para a avaliação da lordose lombar, o perfil nutricional não influenciou os resultados de repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador do sistema, sendo obtidos níveis excelentes para todos os

perfis nutricionais. Além disso, observou-se que a validade da lordose lombar não sofreu influência do perfil nutricional, mantendo níveis moderados de correlação. No entanto, para cifose torácica, a validade manteve níveis fracos no perfil nutricional normal e ao correlacionar os resultados de dois avaliadores com os ângulos de Cobb, não foi encontrada correlação significativa para os perfis sobrepeso e obeso.

Tabela 11. Resultados do sistema Vert 3D obtidos nas medições dos avaliadores A e B, referentes à repetibilidade dos ângulos Vert de cifose torácica e lordose lombar nos diferentes perfis nutricionais.

Nível vertebral	Avaliador A					Avaliador B				
	1ª avaliação Média±DP	2ª avaliação Média±DP	p (Teste t)	ICC (IC95%)	p	1ª avaliação Média±DP	2ª avaliação Média±DP	p (Teste t)	ICC (IC95%)	p
IMC Normal (n=69)										
Cifose Inf.(°)	44,28±8,35	44,96±9,04	0,239	0,848 (0,766 – 0,867)	0,000*	44,63±9,01	45,35±9,23	0,195	0,877 (0,808 – 0,922)	0,000*
Lordose Inf.(°)	41,74±8,74	42,81±10,24	0,331	0,795 (0,689 – 0,868)	0,000*	41,65±9,74	40,87±9,36	0,279	0,806 (0,704 – 0,875)	0,000*
IMC Sobrepeso (n=32)										
Cifose Inf.(°)	45,46±10,21	45,10±8,80	0,608	0,915 (0,833 – 0,957)	0,000*	45,70±9,71	45,00±8,73	0,390	0,880 (0,768 – 0,939)	0,000*
Lordose Inf.(°)	46,89±9,75	47,25±10,08	0,535	0,947 (0,894 – 0,974)	0,000*	47,46±9,83	47,20±9,09	0,772	0,862 (0,736 – 0,930)	0,000*
IMC Obeso (n=14)										
Cifose Inf.(°)	50,75±9,06	49,29±10,44	0,510	0,658 (0,217 – 0,876)	0,004*	48,23±6,85	50,10±11,59	0,357	0,705 (0,299 – 0,895)	0,002*
Lordose Inf.(°)	48,18±11,47	47,76±12,87	0,645	0,962 (0,886 – 0,988)	0,000*	46,07±11,29	46,91±12,79	0,376	0,959 (0,878 – 0,987)	0,000*

* - Correlação significativa.

Tabela 12. Resultados do sistema Vert 3D obtidos nas medições dos três avaliadores, referentes à reprodutibilidade interavaliador dos ângulos Vert de cifose torácica e lordose lombar nos diferentes perfis nutricionais.

Nível vertebral	Avaliador A Média±DP	Avaliador B Média±DP	Avaliador C Média±DP	p (Anova)	ICC (IC95%)	p
Normal (n=69)						
Cifose Inf.(°)	44,28±8,35	44,63±9,01	43,76±9,19	0,846	0,821 (0,747 – 0,878)	0,000*
Lordose Inf.(°)	41,74±8,74	41,65±9,74	41,10±9,84	0,913	0,786 (0,702 – 0,854)	0,000*
Sobrepeso (n=32)						
Cifose Inf.(°)	45,46±10,21	45,70±9,71	45,16±10,13	0,977	0,872 (0,785 – 0,931)	0,000*
Lordose Inf.(°)	46,89±9,75	47,46±9,83	47,09±9,15	0,971	0,875 (0,789 – 0,932)	0,000*
Obeso (n=14)						
Cifose Inf.(°)	50,75±9,06	48,23±6,85	50,46±9,79	0,704	0,723 (0,465 – 0,890)	0,000*
Lordose Inf.(°)	48,18±11,47	46,07±11,29	48,68±12,29	0,822	0,909 (0,795 – 0,967)	0,000*

* - Correlação significativa.

Tabela 13. Resultados de correlação obtidos entre os ângulos Cobb do exame de Raios-X e os ângulos Vert nas medições dos três avaliadores, tanto para a cifose torácica quanto para a lordose lombar nos diferentes perfis nutricionais.

Classificação IMC	Raios-X	Sistema Vert 3D								
		Avaliador A Cifose Inf.(°)			Avaliador B Cifose Inf.(°)			Avaliador C Cifose Inf.(°)		
		p (Teste t)	r	p	p (Teste t)	r	p	p (Teste t)	r	p
Normal (n=69)	Cobb Cifose torácica (°)	0,000**	0,254	0,036*	0,000**	0,261	0,030*	0,000**	0,296	0,013*
Sobrepeso (n=32)	Cobb Cifose torácica (°)	0,136	0,381	0,032*	0,186	0,293	0,104	0,147	0,191	0,296
Obeso (n=14)	Cobb Cifose torácica (°)	0,542	0,567	0,034*	0,788	0,380	0,180	0,690	0,316	0,271
		Lordose Inf.(°)			Lordose Inf.(°)			Lordose Inf.(°)		
		p (Teste t)	r	p	p (Teste t)	r	p	p (Teste t)	r	p
Normal (n=69)	Cobb Lordose lombar (°)	0,232	0,401	0,001*	0,207	0,418	0,000*	0,104	0,402	0,001*
Sobrepeso (n=32)	Cobb Lordose lombar (°)	0,053	0,553	0,001*	0,059	0,524	0,002*	0,061	0,425	0,015*
Obeso (n=14)	Cobb Lordose lombar (°)	0,064	0,598	0,024*	0,291	0,485	0,049*	0,054	0,678	0,008*

* - Correlação significativa; ** - Diferença significativa.

3.4 DISCUSSÃO

O objetivo desse estudo foi verificar se o sistema Vert 3D é capaz de fornecer informações válidas das curvaturas da coluna vertebral em crianças com diferentes perfis nutricionais. Para melhor entendimento, a discussão sobre o assunto será dividida em dois estudos: (1) Plano frontal e (2) Plano sagital.

3.4.1 Estudo 1: Plano Frontal

Os resultados obtidos para a validação do sistema Vert 3D demonstram que: (1) para a avaliação do plano frontal utilizando o sistema Vert 3D parece mais adequado o uso das medidas de flechas; (2) o sistema Vert 3D apresentou níveis moderados de repetibilidade para flechas escolióticas à esquerda e níveis fracos a moderados para flechas escolióticas à direita; (3) para reprodutibilidade interavaliador obtiveram-se níveis moderados de correlação para ambas as flechas; (4) não houve diferença significativa entre os valores de flechas obtidos nas medições do sistema Vert 3D, referentes à repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador; (5) ao comparar os resultados obtidos com o sistema Vert 3D com os ângulos de Cobb, não foram encontradas correlações entre as flechas à direita e os ângulos das curvaturas da coluna vertebral para a direita, mas as flechas à esquerda apresentaram correlação fraca com as curvaturas para a esquerda da coluna vertebral; (6) a análise da curva ROC demonstrou que flecha esquerda apresenta uma acurácia regular para identificar escoliose à esquerda, com sensibilidade de 75% e especificidade de 56,6%, quando utilizado o ponto de corte de 0,19cm de flecha obtido com o sistema Vert 3D, no entanto, a flecha direita foi reprovada para o diagnóstico de escoliose à direita.

Os resultados obtido no presente estudo referente à repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador do sistema Vert 3D para a avaliação do plano frontal demonstram menores níveis de correlação nas análises desse plano, quando comparado aos resultados obtidos no plano sagital. Essa dificuldade na avaliação da curvatura escoliótica já foi descrita por Deacon, Flood e Dickson (1984), os quais sugeriram que a ocorrência de baixos valores de correlação em estudos de avaliação da escoliose pode ser devido à sua configuração tridimensional, pela rotação vertebral associada, o que pode dificultar a avaliação dessa alteração.

No estudo de Rankine *et al.* (2012), utilizando um novo instrumento de topografia, denominado Milwaukee, encontraram excelente correlação para a variável denominada “ângulo Q” (análogo ao ângulo de Cobb), com ICC de 0,99 tanto para repetibilidade como para reprodutibilidade interavaliador. No entanto, nesse estudo, a avaliação foi realizada

somente com um molde plástico de um paciente com escoliose idiopática, o que limita a generalização dos resultados, pois ao avaliar um molde plástico eliminam-se diversos fatores de erro, como a movimentação do avaliado, a respiração, as diferenças no posicionamento ou mesmo a variabilidade natural que a postura humana está sujeita. Isso já foi referido por Goldberg *et al.* (2001), o qual relatou haver componentes de erro na avaliação de humanos com sistemas de topografia, tais como, mudanças na posição do sujeito e mudanças devido à oscilação postural na posição de ortostase.

No estudo de Liu *et al.* (2013), também utilizando o instrumento Milwaukee, ao avaliar 10 sujeitos foi relatado reprodutibilidade interavaliador da medida angular da curvatura no plano frontal com níveis excelentes (ICC=0,88), no entanto ao verificar a correlação entre os dados de um mesmo avaliador, os níveis foram moderados (ICC=0,50 e 0,56, para avaliador 1 e 2, respectivamente).

Apesar da importância da avaliação dos parâmetros de validade, não foram encontrados estudos que avaliem especificamente esses critérios nos demais sistemas de topografia, talvez porque para alguns autores para a utilização de qualquer medição da superfície das costas é fundamental a validação dos resultados por comparação com os dados radiográficos (DRERUP; HIERHOLZER, 1994). E por esse motivo, grande parte dos estudos apresentam apenas a validade concorrente do método.

No que tange a validade concorrente, o sistema Vert 3D não apresentou correlação significativa entre as flechas à direita e os ângulos Cobb de curvaturas à direita, mas apresentou correlação, mesmo que fraca, para as flechas à esquerda com as curvaturas para a esquerda da coluna vertebral. Essa baixa correlação encontrada ou mesmo a falta de correlação, pode ser devido a diferentes fatores, tais como: (a) radiografia e topografia de superfície avaliam aspectos diferentes, (b) pequena variabilidade de escoliose na amostra estudada, (c) a variabilidade inerente à avaliação postural. A fim de ilustrar as diferenças entre as avaliações radiográficas e topográficas, serão ilustrados alguns exemplos nas Figuras 10 a 12.

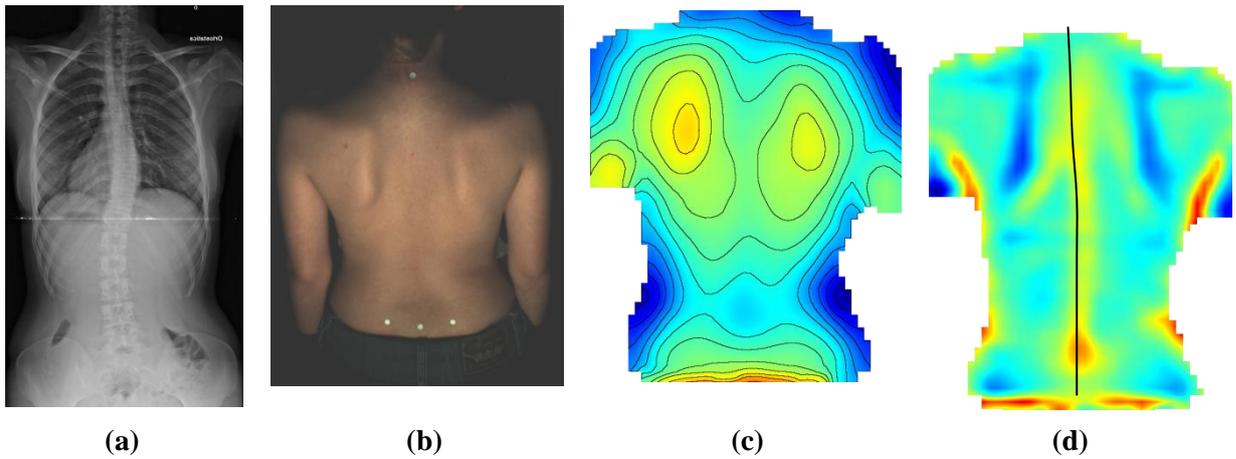


Figura 10. Exemplo de uma criança com escoliose em “S” demonstrado na radiografia frontal **(a)**, e sua imagem fotográfica da superfície das costas **(b)**; mapa de relevo gerado pelo sistema Vert 3D **(c)**; mapa de curvatura gerado pelo sistema Vert 3D, com a linha de simetria vista no plano frontal **(d)**.

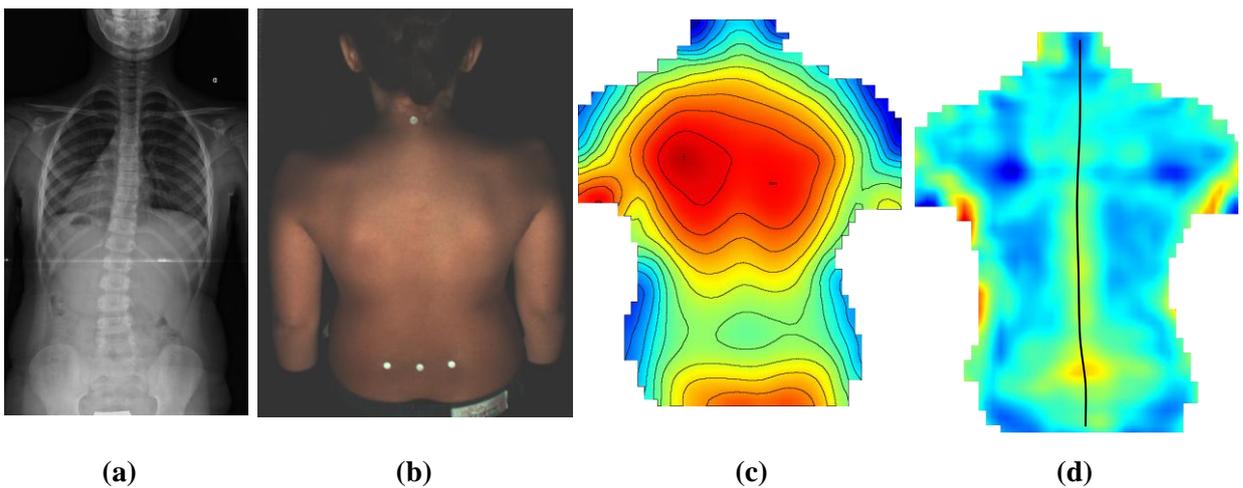


Figura 11. Exemplo de uma criança com escoliose lombar em “C” demonstrado na radiografia frontal **(a)**, e sua imagem fotográfica da superfície das costas **(b)**; mapa de relevo gerado pelo sistema Vert 3D **(c)**; mapa de curvatura gerado pelo sistema Vert 3D, com a linha de simetria vista no plano frontal **(d)**.

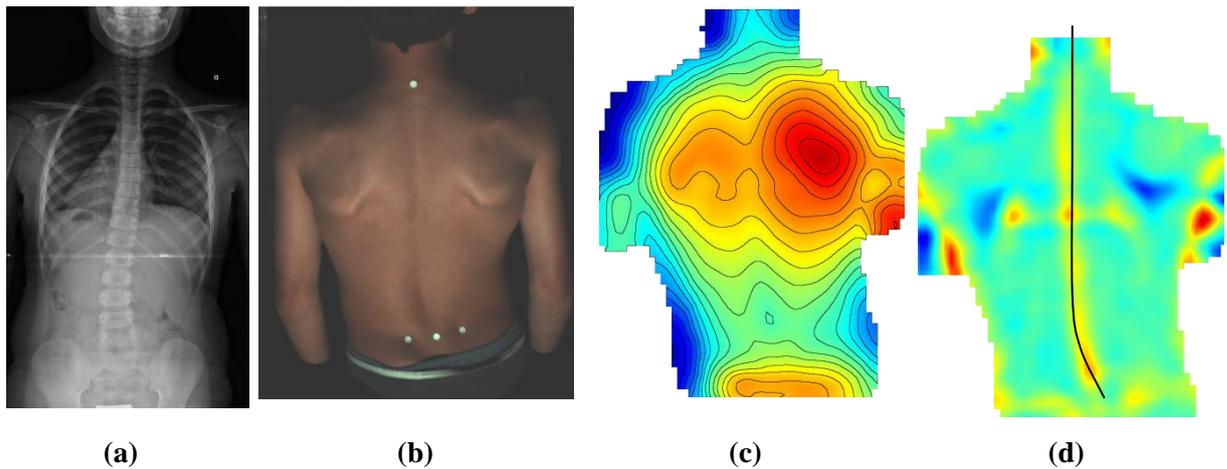


Figura 12. Exemplo de uma criança com escoliose lombar em “C” demonstrado na radiografia frontal **(a)**, e sua imagem fotográfica da superfície das costas **(b)**; mapa de relevo gerado pelo sistema Vert 3D **(c)**; mapa de curvatura gerado pelo sistema Vert 3D, com a linha de simetria vista no plano frontal **(d)**.

Observando as Figuras 10, 11 e 12, nota-se que a superfície do dorso se estrutura de diferentes maneiras em respostas às alterações frontais da coluna vertebral nos indivíduos. O primeiro exemplo (Figura 10) apresenta uma curvatura da coluna vertebral em “S” demonstrada por meio da radiografia, apresentando ângulo Cobb de $21,95^\circ$ na região torácica à direita e $18,22^\circ$ para a curvatura tóraco-lombar à esquerda. No segundo exemplo (Figura 11) a criança apresenta uma curvatura em “C” na região lombar para a esquerda, com ângulo Cobb de 19° . No entanto, ao analisar a fotografia da superfície do dorso, em nenhum desses casos a alteração se torna visível na superfície posterior do tronco, e conseqüentemente não é identificada por meio da análise da topografia do dorso, pelo sistema Vert 3D. Já a Figura 12 ilustra um exemplo de criança com curvatura em “C” na região lombar à esquerda, com ângulo Cobb de $16,44^\circ$, cuja superfície do dorso retrata com maior semelhança a alteração lateral da coluna vertebral. Cabe ressaltar que a relação entre a superfície do dorso e a curvatura da coluna vertebral não está diretamente relacionada com a magnitude do ângulo de Cobb, já que curvaturas em “C” com características muito semelhantes e ângulos de Cobb muito próximos (Figuras 11 e 12), apresentaram estruturas da superfície do dorso completamente distintas.

Embora seja claro que a escoliose da coluna vertebral e a assimetria da superfície do tronco estão relacionadas clinicamente, a relação quantitativa entre esses dois aspectos não é

bem definida, havendo um elevado grau de variabilidade nesta relação entre os pacientes (STOKES, ARMSTRONG E MORELAND, 1988).

Na literatura são encontrados estudos que avaliam a validade concorrente de outros instrumentos de avaliação topográfica. O sistema ISIS2 teve sua validade concorrente avaliada por Zubovic *et al.* (2008b), que descreveram não haver nenhuma diferença estatisticamente significativa entre os exames do sistema ISIS2 e o ângulo Cobb. Esse mesmo resultado também foi descrito por Berryman *et al.* (2008). No entanto, apenas afirmar que não há diferenças entre os resultados obtidos com o sistema ISIS2 e radiografias não é o suficiente para atestar a validade desse sistema.

Thometz *et al.* (2000b) avaliaram a correspondência entre os exames radiográficos e o exame topográfico de Quantec, obtendo correlação significativa nas regiões torácica ($r=0,65$, $p<0,05$), lombar ($r=0,63$, $p<0,05$) e tóraco-lombar ($r=0,70$, $p<0,05$). Resultados semelhantes foram obtidos por Goldberg *et al.* (2001), que encontraram um coeficiente de correlação de Pearson de 0,812 e um coeficiente de determinação de 0,66, o que indica que 66% da curva topográfica pode ser explicado pelo ângulo de Cobb isoladamente, e o restante deve ser devido a outras variáveis ainda pouco conhecidas ou analisadas, incluindo o erro de medição de ambos exames, assim como a não correspondência entre a curvatura da coluna e a superfície do dorso.

Outro instrumento que também teve sua validade concorrente investigada foi o Jenoptic Formetric, o qual apresentou correlação com o ângulo de Cobb de 0,80, e segundo os autores, esse sistema de análise da superfície das costas mostrou um alto grau de semelhança com a radiografia, apresentando estreita relação com o ângulo de Cobb (SCHULTE *et al.*, 2008).

Partindo do pressuposto que outros instrumentos de avaliação postural obtiveram bons níveis de correlação entre topografia de superfície e radiografia, possivelmente outros fatores possam estar influenciando os baixos níveis de correlação obtidos no presente estudo. Sugere-se que a pequena variabilidade de escoliose da população estudada pode ser identificada como um fator importante na redução dos níveis de correlação. Dessa forma, entende-se como limitação do presente estudo, o pequeno espectro de escoliose estudado, limitando a generalização dos resultados obtidos, principalmente para uma população com maiores magnitudes de escolioses.

Esse estudo demonstrou que o sistema de topografia Vert 3D não apresentou níveis esperados de correlação com os exames de Raios-X. No entanto esse sistema apresentou repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador, o que permite a sua utilização no

acompanhamento clínico de alterações da coluna vertebral. Além disso, como discutido anteriormente e como já demonstrado na literatura, exames de superfície e radiografias examinam diferentes aspectos. Portanto, é improvável que a topografia venha a substituir a radiografia para medições de ângulos de Cobb, pois ambos têm taxas de erro intrínseco e os dois exames medem diferentes aspectos da deformidade (CASSAR-PULLICINO; EISENSTEIN, 2002).

No entanto, ambos os exames apresentam importância clínica, já que a forma do corpo é a principal questão na escoliose idiopática (CASSAR-PULLICINO; EISENSTEIN, 2002), pois para os pacientes com escoliose a alteração estética do tronco, na maioria das vezes, tem maior importância do que a posição radiológica da coluna. E, essa alteração estética não é mensurada em radiografias padrão (BERRYMAN *et al.*, 2008; JEFFERSON *et al.*, 1988; TURNER-SMITH *et al.*, 1988). Sendo assim, sugere-se que a utilização em conjunto de métodos de avaliação invasivos da coluna vertebral (radiografia) com instrumentos de avaliação da superfície possibilitaria uma melhor avaliação. Isso porque, outros métodos que possibilitam a quantificação da deformidade da superfície do tronco poderiam melhorar a compreensão clínica do indivíduo avaliado, possibilitando um melhor planejamento para o tratamento (GOLDBERG *et al.*, 2001).

Além disso, outra utilidade clínica importante para exames não invasivos da coluna vertebral é a capacidade de realizar triagem das alterações posturais, a fim de possibilitar o encaminhamento dos sujeitos com suspeita de alteração para a avaliação mais aprofundada, objetivando o diagnóstico precoce e o tratamento eficaz. Nesse sentido, o presente estudo demonstrou resultados pouco conclusivos, apresentando acurácia regular para identificar escoliose à esquerda, com sensibilidade de 75% e especificidade de 56,6%, ou seja, o sistema Vert 3D apresenta 75% de chance de identificar corretamente os casos com escoliose e 56,6% de chance de identificar corretamente os casos sem escoliose. No entanto, a flecha direita foi reprovada para o diagnóstico de escoliose à direita. Essa divergência provavelmente tenha ocorrido em função da baixa variabilidade e magnitude de escoliose entre os indivíduos, principalmente de escolioses à direita, e especula-se que por esse mesmo motivo, a flecha a direita, apresentou níveis de correlação mais baixos em todos os aspectos avaliados (repetibilidade, reprodutibilidade interavaliador e validade concorrente). Dessa forma, têm-se a necessidade de estudos futuros com o objetivo de avaliar a capacidade de diagnóstico do sistema Vert 3D em indivíduos com um maior espectro de escoliose, a fim de possibilitar afirmar com maior propriedade a sua capacidade diagnóstica.

Ao avaliar a influência do IMC sobre a avaliação com o sistema Vert 3D obteve-se repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador com níveis moderados nos indivíduos sobrepesos e obesos para as flechas à esquerda. No entanto, observou-se a mesma limitação quanto às flechas à direita, para os indivíduos sobrepesos e obesos. Dessa forma, parece que o sistema de topografia apresenta condições de avaliar de maneira adequada a superfície do dorso também em indivíduos sobrepesos e obesos, já que apresenta níveis moderados de repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador em todos os subgrupos analisados.

No entanto, na literatura não foram encontrados estudos que avaliassem a influência do IMC sobre a variabilidade do exame topográfico. Apesar de que esse questionamento já foi levantado por Berryman *et al.* (2008), os quais sugeriram que a relação entre os resultados do ISIS2 e ângulo Cobb radiográfico poderia ser limitada nos pacientes que são extremamente obesos ou têm massa musculatura desenvolvida, devido a dificuldade de identificar e marcar os pontos ósseos para a realização do exame. Cabe ressaltar que no exame ISIS2 é necessária a palpação de 7 a 12 pontos ósseos de referência, dependendo da gravidade da deformidade escoliótica.

Apenas um estudo foi encontrado que tinha como objetivo verificar a influência do IMC sobre a variabilidade dos exames de avaliação postural, mas avaliavam sistema de mediação por fotogrametria computadorizada. Nesse estudo, foi encontrado que o aumento no IMC foi associado a uma maior variabilidade das medidas de rotação de tronco obtidas por dois examinadores (SAAD *et al.*, 2011). Essa variabilidade, pode estar associada a palpação dos pontos anatômicos de referência. Alguns estudos direcionados a questão da palpação de pontos anatômicos têm ressaltado a dificuldade da avaliação em indivíduos com maiores IMCs. Isso porque a quantidade de gordura subcutânea varia entre indivíduos e pode influenciar na palpação (HARLICK, MILOSAVLJEVIC E MILBURN, 2007), podendo assim, ser considerado um fator de variabilidade para os resultados da avaliação (DEGENHARDT *et al.*, 2005). Por outro lado, quando apenas pessoas com IMC dentro da normalidade são avaliadas, bons níveis de palpação podem ser obtidos pelo fácil acesso as estruturas ósseas (TROKE, SCHUIT E PETERSEN, 2007).

Dessa forma, instrumentos que diminuam a necessidade de marcação manual dos pontos anatômicos, como é o caso do Vert 3D, podem ser ferramentas importantes para possibilitar a avaliação de indivíduos com sobrepeso e obesidade. E, considerando que atualmente é crescente o número de indivíduos com peso corporal acima da normalidade, é crescente também a preocupação dos profissionais de saúde, principalmente no que diz respeito às comorbidades associadas a essa condição. No âmbito de atuação da fisioterapia,

levando-se em consideração o aumento da sobrecarga sobre os segmentos musculoesqueléticos, torna-se importante a utilização de métodos de avaliação que apresentem condições de analisar também esses indivíduos.

3.4.2 Estudo 2: Plano Sagital

Quanto aos resultados obtidos para a validação do sistema Vert 3D no plano sagital é importante ressaltar que: (1) para a avaliação da cifose torácica e lordose lombar com o sistema Vert 3D recomenda-se o uso dos pontos de inflexão; (2) o sistema Vert 3D apresentou níveis excelentes de repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador para avaliação dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar com os pontos de inflexão; (3) não houve diferença significativa entre os ângulos obtidos nas medições dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar referente à repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador do sistema; (4) a validade do sistema Vert 3D, ao compará-lo com os Raios-X, apresentou correlação fraca para cifose torácica e moderada para lordose lombar; (5) houve diferença significativa entre os ângulos de cifose torácica obtidos com o sistema Vert 3D e as radiografias, (6) não houve diferença significativa entre os ângulos de lordose lombar referente à validade concorrente do sistema com os pontos de inflexão e (7) a análise da curva ROC demonstrou que o sistema Vert 3D apresentou uma acurácia “regular” para o diagnóstico de hiperlordose lombar, no entanto, foi “reprovado” para o diagnóstico de retificação lombar. Além disso, apresentou acurácia “ruim” para o diagnóstico de hipercifose torácica.

No que tange a avaliação das curvaturas no plano sagital, a literatura é escassa quanto aos procedimentos de validação dos instrumentos de avaliação topográfica, pois grande parte dos estudos de topografia se detém na avaliação do plano frontal. No entanto, os estudos que apresentam dados referentes a avaliação do plano sagital corroboram com os resultados do presente estudo. Melvin *et al.* (2010) ao utilizar o sistema de Jenoptick Formetric também obteve excelente repetibilidade para o ângulo de cifose torácica (α de Cronbach entre 0,88-0,98) e lordose lombar (α de Cronbach entre 0,83-0,95) e excelente reprodutibilidade interavaliador tanto para avaliação da cifose torácica (α de Cronbach=0,97) como da lordose lombar (α de Cronbach=0,92). Goh *et al.* (1999), utilizando o mesmo sistema, relatou ICC variando de 0,98 a 0,99, para todos os parâmetros medidos de cifose torácica.

O instrumento de topografia Milwaukee, também teve aspectos de validade testados, sendo afirmada uma reprodutibilidade interavaliador alta para cifose torácica (ICC=0,81) e baixa para lordose lombar (ICC=0,37). No entanto, ao verificar a variabilidade de medições sucessivas com o mesmo avaliador, os autores encontraram níveis inferiores para cifose

torácica, com correlação variando de moderada a excelentes (ICC de 0,57 e 0,89); e excelente para lordose lombar, com ICC de 0,93 e 0,85, para os avaliadores 1 e 2, respectivamente (LIU et al., 2013).

Em outro estudo, que utilizou o sistema de topografia Quantec, avaliando 40 crianças por meio de três exames sucessivos, foram apresentados resultados quanto à repetibilidade do sistema, demonstrando apenas os valores de desvios padrão dessas medidas, sendo observado desvio-padrão para a lordose lombar de $\pm 4,2^\circ$ e para a cifose torácica de $\pm 3,6^\circ$ (THOMETZ *et al.*, 2000a). Entretanto, esses dados não são suficientes para afirmar que este instrumento apresenta repetibilidade, já que não são apresentados os valores de correlação. E ainda, segundo Noonan (2001), questões importantes de validação do sistema Quantec ainda precisam ser estudadas, uma vez que esta tecnologia não apresenta resultados quanto a sua reprodutibilidade intra e interavaliador. Ainda segundo esses autores, é necessário saber a incidência e a importância do erro na colocação de marcador, além de ser fundamental a realização de estudos longitudinais para quantificar a precisão deste sistema para prever e diagnosticar a progressão das curvaturas.

Ainda que se conheça a importância clínica das variáveis envolvidas no processo de validação de um novo instrumento, como a repetibilidade e a reprodutibilidade interavaliador não foi encontrado na literatura, estudos que relatassem essas avaliações no plano sagital para os demais sistemas de topografia, tais como, o Sistema de topografia *Integrated Shape Imaging System (ISIS)*, o *ISIS2* e a Topografia de Moiré, permanecendo ainda, uma lacuna na literatura quanto esses aspectos da validade desses sistemas.

Apesar dos elevados níveis de correlação obtidos no presente estudo para a avaliação da repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar, uma análise mais aprofundada foi realizada (Tabela 10), sendo possível observar uma variabilidade muito pequena dos dados. Na avaliação da repetibilidade da cifose torácica 69,56% (Avaliador A) e 76,52% (Avaliador B) dos indivíduos apresentaram diferença de até 5° e 95,6% (Avaliador A) e 96,52% (Avaliador B), diferença de até 10° . Ao analisar a reprodutibilidade, para a cifose torácica, 69,56% dos indivíduos apresentaram diferenças até 5° e 96,52% diferenças até 10° . Na avaliação da repetibilidade da lordose lombar 79,13% (Avaliador A) e 75,65% (Avaliador B) dos indivíduos apresentaram diferenças até 5° e 93,91% (Avaliador A) e 93,04% (Avaliador 2), diferença de até 10° . E, para reprodutibilidade interavaliador os índices não foram diferentes, apresentando diferença de até 5° em 66,08% dos indivíduos e de até 10° entre as medidas para 96,52% dos sujeitos.

Sendo assim, os dados de variabilidade obtidos na avaliação do plano sagital com o sistema Vert 3D corroboram com os dados descritos na literatura. No estudo de Carman, Browne e Birch (1990), ao avaliar os limites de tolerância de erro intra-avaliador do exame radiológico, foi encontrado que 95% das diferenças encontraram-se até 7°. Entretanto, nesse caso, a variabilidade avaliada é somente referente ao método de realização do cálculo do ângulo de Cobb, pois por razões éticas, as pessoas não são submetidas a repetidos exames radiográficos, limitando a possibilidade de estimar o erro causado pelo posicionamento e demais influências não conhecidas no exame radiográfico (OXBORROW, 2000).

Ao analisar a validade concorrente do sistema Vert 3D, comparando-o com o instrumento padrão-ouro para a avaliação das curvaturas da coluna vertebral, os Raios-X, observou-se que há correlação entre os diferentes instrumentos da avaliação, no entanto essa correlação apresenta nível fraco para cifose torácica e moderado para lordose lombar (Figura 9a). A existência de moderada correlação para a lordose lombar permitiu a análise de concordância entre os dados radiográficos e o sistema ver 3D. Na figura 9b observa-se que apesar da diferença média de 0,63° entre os dois métodos de avaliação e do pequeno número de indivíduos fora dos limites de concordância, não é possível afirmar que existe concordância entre eles, considerando que a amplitude dos desvios-padrões apresenta uma magnitude clinicamente importante. Embasado nesses resultados sugere-se que o sistema Vert 3D não seja usado para estimar o ângulo de Cobb, nem mesmo na curvatura lombar.

Na literatura, foram encontrados poucos estudos investigando a validade concorrente dos métodos de topografia no plano sagital. No entanto, no estudo de Fortin *et al.* (2010) foi relatado elevadas correlações do sistema digitalizador 3D InSpeck com as radiografias na avaliação de cifose torácica e lordose lombar, não sendo apresentado os valores obtidos nessas correlações. Kovac e Pecina (1999) também referiram excelente correlação ($r=0,84$) entre o sistema de Topografia Moiré e os exames radiológicos, na avaliação da cifose torácica. É importante ressaltar que em ambos os estudos a idade média dos avaliados foi de 16,4 anos (mínima de 10 e máxima de 26 anos) e 15,7 anos (10-20 anos), sendo superior aos avaliados no presente estudo, que apresentavam média de 10,93 (6-13 anos). Portanto, provavelmente características físicas, tais como, tamanho e largura do tronco, diferem entre as amostras dos estudos e podem ser fatores importantes nas avaliações, considerando que a topografia de superfície gera informações a partir de projeções de franjas no dorso do avaliado e, portanto troncos com tamanho menores poderiam dificultar a análise do sistema.

Além desse fator, cabe ressaltar que o Vert 3D avalia a superfície do dorso, diferentemente dos Raios-X, que calcula o ângulo da curvatura a partir da inclinação

vertebral. E, o contorno da superfície não necessariamente representa de forma adequada a conformação da coluna vertebral. A fim de elucidar essas diferenças alguns exemplos são apresentados nas Figuras 13, 14 e 15.

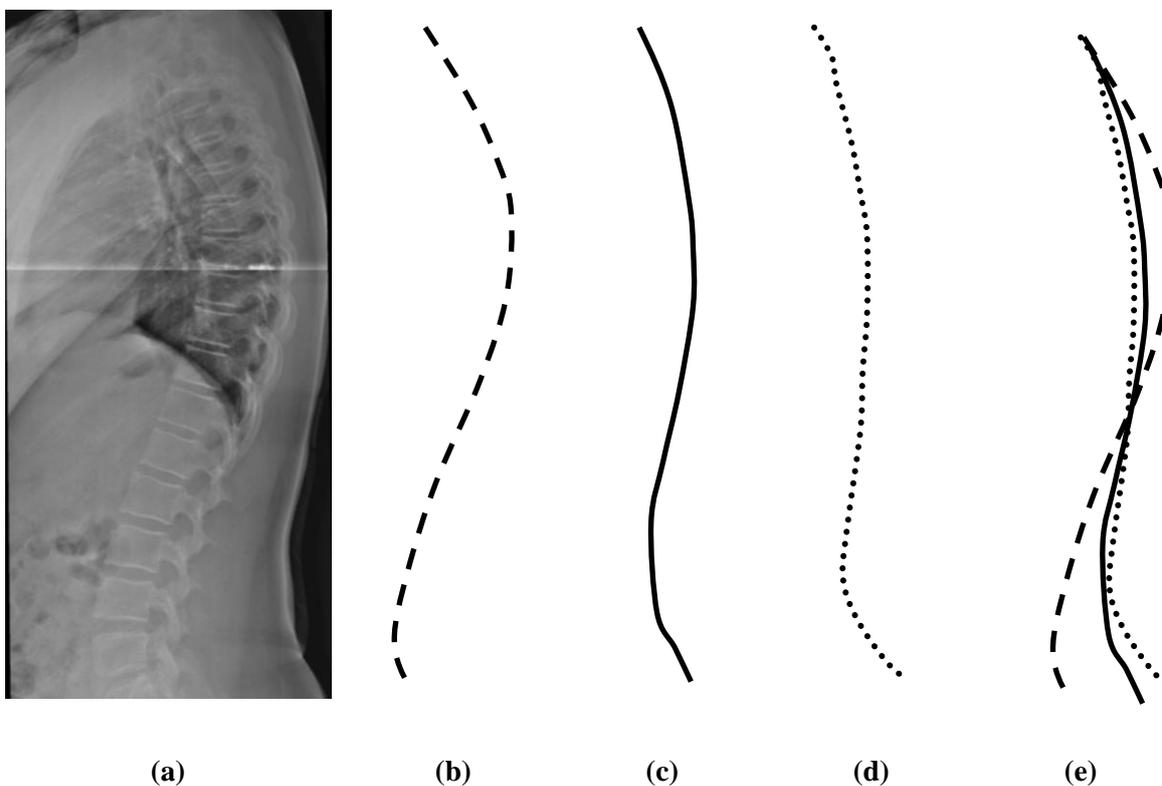


Figura 13. Exemplo 1: (a) radiografia sagital, (b) linha dos processos espinhos: - - -; (c) linha da superfície da pele na radiografia: —; (d) linha gerada pelo sistema Vert 3D: e (e) sobreposição das linhas.

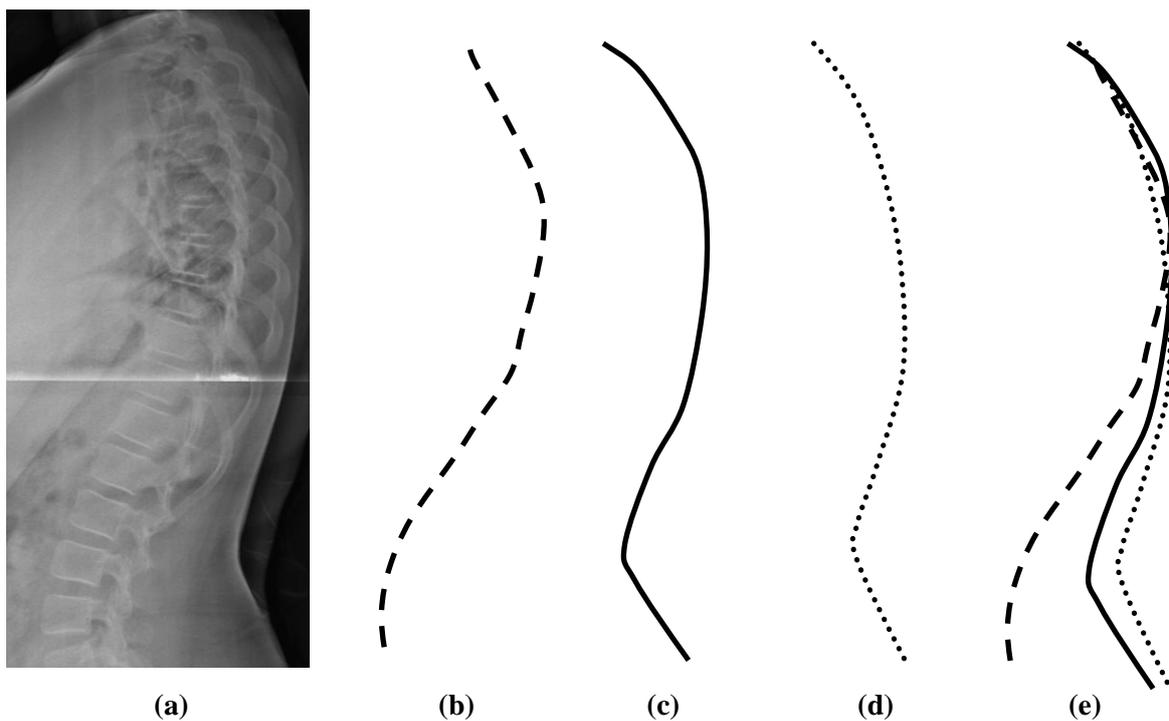


Figura 14. Exemplo 2: (a) radiografia sagital, (b) linha dos processos espinhos: - - - (c) linha da superfície da pele na radiografia -X: — ;(d) linha gerada pelo sistema Vert 3D: e (e) sobreposição das linhas.

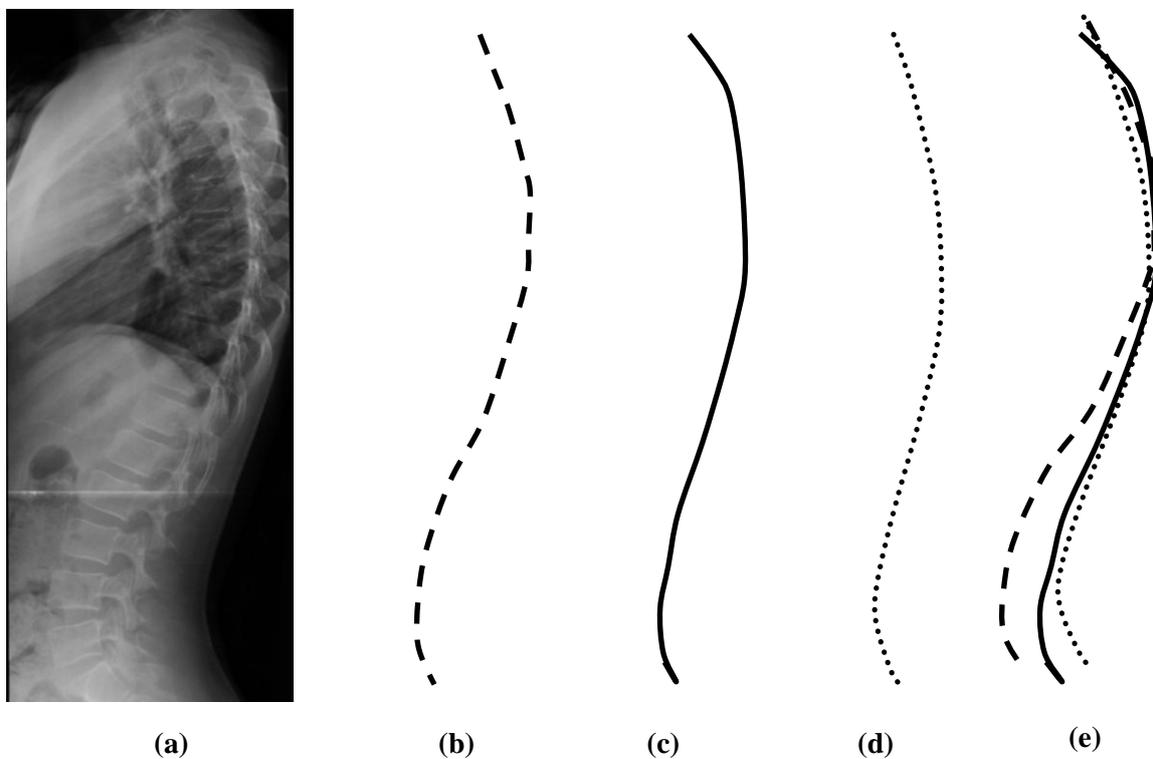


Figura 15. Exemplo 3: (a) radiografia sagital, (b) linha dos processos espinhos: - - - (c) linha da superfície da pele na radiografia -X: — ;(d) linha gerada pelo sistema Vert 3D: e sobreposição das linhas.

A partir da Figura 13, pode-se observar na radiografia que a superfície da pele não corresponde a linha dos processos espinhosos. Além disso, a linha gerada pelo sistema Vert 3D representa mais proximamente a linha da superfície do dorso apresentada nos Raios-X do que propriamente a linha dos processos espinhosos. Na Figura 14, observamos que o pico da curva da linha dos processos espinhosos na região lombar, não é bem representado pelo pico da linha da superfície do dorso. Já na Figura 15, as linhas geradas pela superfície do dorso, tanto por meio da radiografia, como pelo Vert 3D e a linha dos processos espinhosos demonstram maior semelhança. Dessa forma, pode-se observar que a relação entre as estruturas internas com a superfície do dorso variam de indivíduo para indivíduo, e por esse motivo, há dificuldade em estimar as estruturas internas por meio de instrumentos que avaliam a superfície do dorso, como é o caso do sistema Vert 3D. No entanto, esses instrumentos fornecem outras informações relacionados à postura corporal, tais como, a representação tridimensional do dorso e a avaliação da simetria corporal, fornecendo informações relacionadas aos aspectos estéticos da superfície do dorso. Essas informações clinicamente importantes, não podem ser avaliadas em exames radiológicos e por esse motivo, em ambiente clínico, esses aspectos normalmente são avaliados apenas por meio da inspeção visual, o qual apresenta uma grande limitação, já que não fornece dados quantitativos e depende criticamente do avaliador, limitando o acompanhamento da evolução do quadro clínico durante os tratamentos.

Segundo D’Oswaldo *et al.* (2002) a concordância com Raios-X não é a única questão relevante em medições de superfície, ao contrário, a reprodutibilidade é pelo menos tão importante, pois apenas um método que permite a reprodução dos seus dados poderá ser utilizado tanto em programa de rastreamento e em acompanhamento das mudanças ao longo do tempo, quanto na avaliação das alterações produzidas pelo tratamento.

Como mencionado anteriormente, uma importante utilidade clínica dos instrumentos de avaliação não invasiva da coluna vertebral é a realização de programas de triagem das alterações posturais e, nesse sentido, o presente estudo demonstrou que o sistema Vert 3D apresentou uma acurácia “regular” para o diagnóstico de hiperlordose lombar, com sensibilidade de 81,3% e especificidade de 62,7%, ao utilizar o ponto de corte de 44,5°. No entanto, o sistema Vert 3D foi “reprovado” para o diagnóstico de retificação lombar. Além disso, apresentou acurácia “ruim” para o diagnóstico de hipercifose torácica, com sensibilidade de 65,5% e especificidade de 73,7%, ao utilizar o ponto de corte de 46,3°. Em virtude da amostra estudada não possuir indivíduos com retificação torácica, não foi possível investigar adequadamente a capacidade diagnóstica desse sistema para essa região. Sendo

assim, entende-se que os resultados não geraram informações robustas o suficiente para que o sistema Vert 3D possa ser utilizado para o diagnóstico clínico das alterações das curvaturas da coluna vertebral no plano sagital. No entanto, admite-se que o sistema Vert 3D pode ser utilizado apenas para a triagem de hiperlordose lombar, já que esse sistema não detecta adequadamente a retificação lombar e hiper cifose torácica.

Ao avaliar os aspectos de validação nos diferentes perfis nutricionais observou-se que os níveis excelentes de correlação são mantidos para todos os perfis apenas para a repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador da lordose lombar. Já para a avaliação da cifose torácica obteve-se níveis excelentes apenas para sujeitos normais e sobrepeso e níveis moderados em sujeitos obesos.

O único estudo encontrado na literatura que fez esse tipo de análise utilizou o sistema Jenoptic Formetric e não encontrou nenhuma associação significativa entre o IMC e os níveis de repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador, os quais se mantiveram excelentes para o grupo normal e com IMC sobrepeso ou obeso (MELVIN *et al.*, 2010). No entanto, nesse estudo as análises foram divididas somente em dois grupos (normal e sobrepeso/obeso) diferentemente do presente estudo, no qual os três grupos foram analisados separadamente, sendo encontrado que em sujeitos normais e com sobrepeso o sistema de topografia mantém excelentes níveis de repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador, o que não ocorre em obesos. Sugere-se que o fato de analisar em conjunto os grupos sobrepeso e obesos pode ter limitado a identificação dos níveis de repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador no grupo de obesos.

Apesar dessa pequena influência causada pela obesidade nos resultados de repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador, o sistema Vert 3D manteve níveis variando de moderado à excelentes em todos os perfis nutricionais, sendo assim, esse instrumento de avaliação postural não invasiva pode ser uma boa alternativa nos casos de indivíduos com sobrepeso ou obesidade, já que é automatizado, não dependendo criticamente da palpação dos pontos anatômicos, podendo facilitar esse tipo de análise.

3.5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados desse estudo pode-se concluir que para a utilização do sistema Vert 3D no plano frontal parece mais adequado o uso das medidas de flechas, pois, a partir desses pontos de referência esse sistema apresentou níveis moderados de repetibilidade para flechas escolióticas à esquerda, níveis fracos a moderados para flechas escolióticas à

direita e moderada reprodutibilidade interavaliador para ambas as flechas escolióticas. Quanto à validade concorrente do sistema Vert 3D no plano frontal, os resultados demonstraram uma correlação fraca entre as flechas à esquerda com os ângulos de Cobb à esquerda, não sendo observada correlação entre as flechas à direita e os ângulos de Cobb à direita.

No que se refere à utilização do sistema Vert 3D no plano sagital, sugere-se o uso dos pontos de inflexão para as medidas de cifose torácica e lordose lombar, pois utilizando esses pontos de referência obtiveram-se níveis excelentes de repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador para lordose lombar e cifose torácica. Para a validade concorrente do método, neste plano, os resultados do sistema Vert 3D apontaram correlação fraca para cifose torácica e moderada para lordose lombar ao compará-los com os Raios-X.

Em suma, o sistema Vert 3D demonstrou ser capaz de realizar acompanhamento das alterações posturais da coluna vertebral nos planos frontal e sagital de crianças de todos os perfis nutricionais, por avaliadores diferentes ou por um único avaliador, já que apresenta repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador. No entanto, até o presente momento, não foi possível diagnosticar alterações posturais utilizando esse sistema, nem mesmo estimar o ângulo de Cobb de escolioses ou de cifose torácica e lordose lombar. Sendo assim, sugere-se que o sistema Vert 3D pode ser utilizado como um instrumento alternativo, fornecendo informações adicionais quanto ao posicionamento da superfície do dorso, auxiliando no acompanhamento clínico de fisioterapeutas, educadores físicos e outros profissionais da saúde, sem, no entanto, apresentar condições de substituir o uso do exame radiográfico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCHER IA; DICKSON RA. Stature and idiopathic scoliosis: a prospective study. **The Journal of Bone and Joint Surgery**, v.67-B, n.2, p.185–188, 1985.

BERNHARDT M; BRIDWELL KH. Segmental analysis of the sagittal plane alignment of the normal thoracic and lumbar spines. **Spine**, v.14, n.7, p.717–721, 1989.

BERRYMAN F *et al.* A new system for measuring three-dimensional back shape in scoliosis. **European Spine Journal**, v.17, n.5, p.63–72, 2008.

BERRYMAN F; PYNSENT P; FAIRBANK J. Thoracic kyphosis angle measurements with ISIS2. **Studies in Health Technology and Informatics**, v.140, p.68–71, 2008.

BOSEKER *et al.* Determination of “normal” thoracic kyphosis: A roentgenographic study of 121 “normal” children. **Journal of Pediatric Orthopaedics**, v.20, n.6, p.796–798, 2000.

BLAND JM; ALTMAN DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet**, v.1, n.8476, p.307–10, 1986.

CÂMARA FP. Psiquiatria e estatística V: Validação de procedimentos diagnóstica pela curva R.O.C. **Psychiatry on line Brasil**, v.14, n.4, 2009.

CARMAN DL; BROWNE RH; BIRCH JG. Measurement of scoliosis and kyphosis radiographs. **Journal of Bone and Joint Surgery**, v.72A, n.3, p.328–33, 1990.

CASSAR-PULLICINO VN; EISENSTEIN SM. Imaging in scoliosis: what, why and how? **Clinical Radiology**, v.57, n.7, p.543–562, 2002.

COLE TJ *et al.* Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. **BMJ**, v.320, n.6, p.1–6, 2000.

DEACON B; FLOOD MP; DICKSON RA. Idiopathic scoliosis in three dimensions. **The Journal of Bone and Joint Surgery**, v.66-B, n.4, p.509–512, 1984.

DEGENHARDT BF *et al.* Interobserver reliability of osteopathic palpatory diagnostic tests of the lumbar spine: Improvements from consensus training. **The Journal of the American Osteopathic Association**, v.105, n.10, p. 465–473, 2005.

DICKMAN D; CASPI O. Diagnosis and monitoring of idiopathic scoliosis overview and technological advances. **Clinical Application Notes**, p.1–7, 2001.

D'OSUALDO F *et al.* New tridimensional approach to the evaluation of the spine through surface measurement: the BACES system. **Journal of Medical Engineering & Technology**, v.26, n.3, p.95–105, 2002.

DRERUP B; HIERHOLZER E. Back shape measurement using video rasterstereography and three-dimensional reconstruction of spinal shape. **Clinical Biomechanics**, v.9, n.1, p.28–36, 1994.

FLEISS RL. **The design and analysis of clinical experiments**. New York: John Wiley and Sons, 1986.

FORTIN C *et al.* Validity of a quantitative clinical measurement tool of trunk posture in idiopathic scoliosis. **Spine**, v.35, n.19, p.E988–E994, 2010.

GAYA A. **Ciências do Movimento humano. Introdução à metodologia da pesquisa**. 1 ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

GIUGLIANO R; MELO ALP. Diagnóstico de sobrepeso e obesidade em escolares: utilização do índice de massa corporal segundo padrão internacional. **Jornal de Pediatria**, v.80, n.2, p.129–134, 2004.

GOH S *et al.* Rasterstereographic analysis of the thoracic sagittal curvature: a reliability study. **Journal of Musculoskeletal Research**, v.3, n.2, p.137–142, 1999.

GOLDBERG CJ *et al.* Surface Topography, Cobb Angles, and Cosmetic change in Scoliosis. **Spine**, v.26, n.4, p.E55–E63, 2001.

HARLICK JC; MILOSAVLJEVIC S; MILBURN PD. Palpation identification of spinous processes in the lumbar spine. **Manual Therapy**, v.12, n.1, p.56–62, 2007.

HARRISON DE *et al.* Reliability of Centroid, Cobb, and Harrison posterior tangent methods. **Spine**, v.26, n.11, p.E227–E234, 2001a.

HARRISON DE *et al.* Radiographic analysis of lumbar lordosis. **Spine**, v.26, n.11, p.E235–E242, 2001b.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Contagem da População**, 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>.

JEFFERSON RJ *et al.* Scoliosis surgery and its effect on back shape. **The journal of bone and joint surgery**, v.70-B, n.2, p.261–266, 1988.

KOVAC V; PECINA M. Moiré topography in measurement of the sagittal curvatures of the spine. **Collegium Antropologicum**, v.23, n.1, p.153–158, 1999.

LIU XC *et al.* Development of a 3-Dimensional Back Contour Imaging System for Monitoring Scoliosis Progression in Children. **Spine Deformity**, v.1, n.2, p.102–107, 2013.

MELVIN M *et al.* Reproducibility of rasterstereography for kyphotic and lordotic angles, trunk length, and trunk inclination: A reliability study. **Spine**, v.35, n.14, p.1353–1358, 2010.

NOONAN KJ. Point of View. **Spine**, v.26, n.11, p.1279, 2001.

OXBORROW, NJ. Assessing the child with scoliosis: the role of surface topography. **Archives of Disease in Childhood**, v.83, n.5, p.453–5, 2000.

RANKINE L *et al.* Reproducibility of newly developed spinal topography measurements for scoliosis. **The Open Orthopaedics Journal**, v.6, p.226–230, 2012.

SAAD *et al.* Reliability of photogrammetry in the evaluation of the postural aspects of individuals with structural scoliosis. **Journal of Bodywork & Movement Therapies**, v.16, n.2, p.210–216, 2011.

SCHULTE TL *et al.* Raster stereography versus radiography in the long-term follow-up of idiopathic scoliosis. **Journal of Spinal Disorders & Techniques**, v.21, n.1, p.23–28, 2008.

STOKES IAE; ARMSTRONG JG; MORELAND MS. Spinal deformity and back surface asymmetry in idiopathic scoliosis. **Journal of Orthopaedic Research**, v.6, n.1, p.129–137, 1988.

TAYLOR JR. Scoliosis and growth patterns of asymmetry in normal vertebral growth. **Acta Orthopaedica Scandinavica**, v.54, n.4, p.596–602. 1983.

THOMETZ JG *et al.* Variability in three-dimensional measurements of back contour with Raster stereography in normal subjects. **Journal of Pediatric Orthopaedics**, v.20, n.1, p.54–58, 2000a.

THOMETZ JG *et al.* Relationship between Quantec measurement and Cobb angle in patients with idiopathic scoliosis. **Journal of Pediatric Orthopaedics**, v.20, n.4, p.521–526, 2000b.

TROKE RM; SCHUIT D; PETERSEN CM. Reliability of lumbar spinal palpation, range of motion, and determination of position. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v.8, n.103, p.1–6, 2007.

TURNER-SMITH AR *et al.* A method for analysis of back shape in scoliosis. **Journal of Biomechanics**, v.21, n.6, p.497–509, 1988.

VRTOVEC T; PERNUS F; LIKAR B. A review of methods for quantitative evaluation of spinal curvature. **European Spine Journal**, v.18, n.5, p.593–607, 2009.

ZUBOVIC A *et al.* New Method of Scoliosis Deformity Assessment ISIS-2 System. **The Spine Journal**, v.8, p.1S–191S, 2008a.

ZUBOVIC A *et al.* New Method of scoliosis deformity assessment: ISIS2 system. **Studies in Health Technology and Informatics**, v.140, p.1

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados encontrados nos Capítulos 1 e 2, caracterizados como estudos de revisão sistemática, que tinham como objetivo investigar a existência de evidências científicas sobre os sistemas alternativos para a avaliação não invasiva da escoliose (Capítulo 1), da cifose torácica e lordose lombar (Capítulo 2), conclui-se que os estudos que investigam a avaliação postural não invasiva, em sua maioria, apresentam resultados suficientes para permitir a utilização dessas tecnologias como forma de acompanhamento clínico, havendo inúmeras possibilidades de sistemas, os quais diferem no que tange: ao tipo de instrumento, ao tempo necessário para a avaliação, à dificuldade técnica para a avaliação, ao custo do sistema e aos resultados apresentados, se bidimensionais ou tridimensionais, entre outros. No entanto, ainda há uma carência na literatura de estudos que se detenham no estudo dos aspectos de validação dos instrumentos de avaliação postural, principalmente estudos com adequada qualidade metodológica. Em suma, as revisões sistemáticas aqui apresentadas (1) podem contribuir para a escolha adequada do método a ser utilizado, seja em ambiente clínico ou em pesquisas científicas e (2) demonstram as limitações ainda existentes quanto aos aspectos de validade de cada um dos sistemas revisados, estimulando a desenvolvimento de estudos que busquem suprir essas carências.

O Capítulo 3, caracterizado como um estudo original, demonstrou que o sistema de topografia Vert 3D pode ser considerado uma ferramenta útil no acompanhamento clínico das alterações posturais, visando a redução da exposição frequente aos Raios-X, pois apresenta adequados níveis de repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador nas avaliações do plano frontal e sagital, independente do perfil nutricional. Não obstante, não é adequada a utilização do sistema Vert 3D com a finalidade de estimar o ângulo de Cobb, já que os resultados obtidos na avaliação topográfica não apresentam correlação e concordância com os exames radiográficos. Por fim, acredita-se que o sistema Vert 3D pode ser utilizado para a obtenção de informações adicionais referentes à superfície do tronco, já que fornece resultados quantitativos e qualitativos da topografia do dorso, dados esses, que não são obtidos por meio de radiografias.

DIFICULDADES E LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Inicialmente, aponta-se como limitação do presente estudo o pequeno espectro de escoliose avaliada, já que as crianças que compuseram a amostra apresentavam pequenas magnitudes de curvatura lateral da coluna vertebral, o que limitou a extrapolação dos resultados, além de limitar as análises estatísticas, possivelmente fragilizando os resultados de correlação. Além disso, o fato de não haver indivíduos com retificação torácica limitou a investigação da capacidade diagnóstica do sistema Vert 3D para essa região. Ainda, a não avaliação da reprodutibilidade intra-avaliador também pode ser descrita como uma limitação desse estudo.

Pode-se descrever como principal dificuldade desse estudo a sua logística, pois em virtude do Hospital Mãe de Deus ceder os exames, a realização dos mesmos dependiam da disponibilidade da sala de Raios-X, o que muitas vezes despendia muito tempo. Além disso, a realização dos cinco exames topográficos no LAPEX da UFRGS deveria, de acordo com a metodologia do estudo, ser no mesmo dia e turno. Dessa maneira, as crianças necessitavam comparecer em dois locais distintos no mesmo dia, para a realização das avaliações. Essa logística dificultou de forma importante a condução das coletas de dados do presente estudo.

Considerando que, normalmente a condução de estudo de validação de instrumentos para avaliação da escoliose é realizada em clínicas especializadas no tratamento da escoliose, onde se encontram pacientes de diferentes gravidades da doença, torna-se mais fácil o acesso dos pesquisados aos pacientes. Entende-se que o fato de não se ter um centro especializado em Porto Alegre, dificultou a realização do presente estudo e, além disso, culminou na ocorrência da principal limitação, pois as pesquisadoras dependiam de indicação dos médicos de Unidades Básicas de Saúde, onde prevalece a atenção primária em saúde, o que provavelmente influenciou nas pequenas magnitudes de escoliose encontradas.

PERSPECTIVAS

Após a finalização deste estudo, cumprido o seu objetivo de verificar a validade do sistema Vert 3D na avaliação das curvaturas da coluna vertebral, inúmeras perspectivas surgem. Inicialmente, entende-se que é necessária a divulgação deste instrumento no meio científico, seja por meio de publicações em congressos e em eventos relacionados à saúde da criança e do adolescente ou mesmo de inovações tecnológicas na área da saúde, ou por meio de artigo científico, objetivando com isso, possibilitar a utilização de forma apropriada desse sistema em futuros estudos científicos.

Além disso, ao possuir um instrumento de fácil e rápida avaliação da postura corporal, que possibilita o acompanhamento clínico, já que apresenta repetibilidade e reprodutibilidade interavaliador, torna-se possível a elaboração de projetos locais visando a realização de estudos descritivos longitudinais, podendo ser útil para aprofundar o estudo em inúmeras áreas do conhecimento, como por exemplo, conhecer o desenvolvimento normal da postura corporal em crianças durante a fase do crescimento. Além disso, os resultados provenientes da utilização deste instrumento poderão contribuir para a realização de estudos experimentais com intervenção sobre a postura corporal, já que muitas vezes esses tornam-se limitados pelas dificuldades na avaliação quantitativa da postura. Nesse sentido, o sistema Vert 3D possibilita informações numéricas, e dessa forma, permite o acompanhamento de maneira mais objetiva. Sendo assim, esse sistema pode auxiliar na determinação de efeitos de programas preventivos e/ou de tratamento relacionados às alterações da postura corporal.

É fundamental também que a divulgação seja feita a nível clínico, considerando que o mesmo pode ser uma ferramenta útil na prática diária de fisioterapeutas e de outros profissionais envolvidos com tratamentos posturais, sendo uma possibilidade de instrumentação para o melhor planejamento do tratamento, assim como no acompanhamento de programas de reabilitação.

Por fim, os aspectos relacionados à validade desse instrumento ainda não estão plenamente respondidos, já que a população de adultos não foi estudada e ainda não foi possível estudar os pacientes com grandes magnitudes de escoliose, restando ainda questões importantes a serem investigadas. Portanto, ainda é necessária a condução de um novo estudo de validação que busque contemplar essa lacuna.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS REFERENTES À INTRODUÇÃO

BERRYMAN, F. *et al.* A new system for measuring three-dimensional back shape in scoliosis. **European Spine Journal**, v.17, n.5, p.663–772, 2008.

BLAND, J.M.; ALTMAN, D.G. Diagnostic tests 1: sensitivity and specificity. *British Medical Journal*, v.308, n.6943, p.1552, 1994.

BYRD, S.E.; COMISKEY, E.M. Postnatal maturation and radiology of the growing spine. **Neurosurgery Clinics of North America**, v.18, n.3, p.431–461, 2007.

DE WILDE, L. *et al.* Examination of the back using the Bunnell Scoliometer in a Belgian school population around puberty. **Acta Orthopaedica Belgica**, v.64, n.2, p.136–143, 1998.

D'OSUALDO, F. *et al.* New tridimensional approach to the evaluation of the spine through surface measurement: the BACES system. **Journal of Medical Engineering & Technology**, v.26, n.3, p.95–105, 2002.

D'OSUALDO, F.; SCHIERANO, S.; IANNIS, M. Validation of clinical measurement of kyphosis with a simple instrument, the Arcometer. **Spine**, v.22, n.4, p.408–413, 1997.

DRERUP, B.; HIERHOLZER, E. Back shape measurement using video rasterstereography and three-dimensional reconstruction of spinal shape. **Clinical Biomechanics**, v.9, n.1, p.28–36, 1994.

FERST, N.C. **O uso da mochila escolar e suas implicações posturais no aluno do colégio militar de Curitiba**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

FURLANETTO, T.S. *et al.* Validating a postural evaluation method developed using a Digital Image-based Postural Assessment (DIPA) software. **Computer methods and programs in biomedicine**, v.108, n.1, p.203–212, 2012.

GOLDBERG, C.J. *et al.* Surface topography, Cobb angles, and cosmetic change in scoliosis. **Spine**, v.26, n.4, p.E55–E63, 2001.

INTERNATIONAL VOCABULARY OF METROLOGY – **Basic and general concepts and associated terms** (VIM). JCGM 200:2008 (E/F) - Document produced by Working Group 2 of the Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM/WG 2).

JEFFERSON, R.J. *et al.* Scoliosis surgery and its effect on back shape. **The journal of bone and joint surgery**, v.70-B, n.2, p.261–266, 1988.

KAPANDJI, A.I. **Fisiologia Articular**. São Paulo: Guanabara-koogan, 2008.

MELLIN, G. Measurement of thoracolumbar posture and mobility with a myrin Inclinator. **Spine**, v.11, n.7, p.759–762, 1986.

OLIVEIRA, T.S. *et al.* Validity and reproducibility of the measurements obtained using the flexicurve instrument to evaluate the angles of thoracic and lumbar curvatures of the spine in the sagittal plane. **Rehabilitation Research and Practice**, v.2012, p.1–9, 2012.

OLIVER, J.; MIDDLEDITC, A. **Anatomia Funcional da Coluna Vertebral**. Rio de Janeiro: Revinter, 1998.

PERRIMAN, D.M. *et al.* Validation of the flexible electrogoniometer for measuring thoracic kyphosis. **Spine**, v.35, n.14, p.E633–E640, 2010.

TAKASAKI, H. Moiré topography. **Applied Optics**, v.9, n.6, p.1467–1472, 1970.

TURNER-SMITH, A.R. *et al.* A method for analysis of back shape in scoliosis. **Journal of Biomechanics**, v.21, n.6, p.497–509, 1988.

TURNER-SMITH, A.R.; HARRIS, J.D. Measurement and analysis of human back surface shape. **International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing**, v.5, p.355–362, 1986.

VRTOVEC, T.; PERNUS, F.; LIKAR, B. A review of methods for quantitative evaluation of spinal curvature. **European Spine Journal**, v.18, n.5, p.593–607, 2009.