



**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE
FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL

INSTITUTO INTEGRADO DE SAÚDE - INISA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO

OIRIKLAW ARAUJO COSTA

**ESTUDO DE ACURÁCIA DIAGNÓSTICA ENTRE BACKSCNR® VERSUS
RAIO-X NA TRIAGEM DE ESCOLIOSE IDIOPÁTICA EM JOVENS DE 10 A 17
ANOS PRATICANTES DE ATIVIDADE FÍSICA REGULAR**

CAMPO GRANDE,

MS 07/2025

**ESTUDO DE ACURÁCIA DIAGNÓSTICA ENTRE BACKSCNR® VERSUS
RAIO-X NA TRIAGEM DE ESCOLIOSE IDIOPÁTICA EM JOVENS DE 10 A 17
ANOS PRATICANTES DE ATIVIDADE FÍSICA REGULAR**

OIRIKLAW ARAUJO COSTA

Dissertação a ser apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ciências do Movimento.

Orientador: Prof. Dr. THOMAZ NOGUEIRA BURKE

Campo Grande – MS, 09 de julho de 2025

OIRIKLAW ARAUJO COSTA

**ESTUDO DE ACURÁCIA DIAGNÓSTICA ENTRE BACKSCNR® VERSUS
RAIO-X NA TRIAGEM DE ESCOLIOSE IDIOPÁTICA EM JOVENS DE 10 A 17
ANOS PRATICANTES DE ATIVIDADE FÍSICA REGULAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento (PPGCMov) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em “Aspectos profiláticos e terapêuticos da atividade física em diferentes condições de saúde”.

Orientador: Prof. Dr. Thomaz Nogueira Burke

Aprovado(a) em: _____ de julho de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. THOMAZ NOGUEIRA BURKE (Orientador) Instituição: UFMS

Prof. Dr. Prof. Dr. ADALBERTO CORAZZA- Membro 1 Instituição: UFMS

_ Prof(a). Dr. FÁBIO RENOVATO - Membro 2 Instituição: PUC/SP

Prof(a). Dr(a). Prof. Dr. GLAUCIA HELENA GONÇALVES – Suplente - UFMS

Campo Grande – MS 2025

Dedico este projeto primeiramente a Deus, à minha família e amigos que estiveram sempre presentes direta ou indiretamente em todos os momentos de minha jornada.

AGRADECIMENTOS

Alcançar a conclusão desta Dissertação de Mestrado representa, acima de tudo, o reconhecimento de que esta jornada não foi percorrida isoladamente. Cada etapa, cada obstáculo superado e cada êxito alcançado refletem a influência de inúmeras mãos, corações e preces que me ampararam. É com profunda gratidão e emoção que dedico estas palavras a todos aqueles que, de maneiras tão singulares e indispensáveis, contribuíram para esta experiência de superação e concretização. Expresso meu sincero reconhecimento a cada indivíduo que possibilitou a realização deste sonho.

A Deus, em primeiro lugar, agradeço a força e resiliência que me foram concedidas ao longo de todo o processo. Nos momentos de incerteza e exaustão, foi a fé que me orientou e renovou minhas energias para seguir em frente, confiante de que cada desafio seria vencido. Encontrei na fé a estrutura que me permitiu construir esta conquista.

À minha mãe, Darcy Hernandes, e à minha sogra, Catarina Gomes de Oliveira, meu coração se enche de gratidão. Suas orações fervorosas e seu apoio incondicional foram os pilares que me sustentaram nos momentos mais difíceis. Vocês, com sua sabedoria e amor, constantemente me recordaram da importância da perseverança e da força da família. O amor e a sabedoria de vocês iluminaram os caminhos a seguir.

À minha esposa, Enilda Gomes de Oliveira Costa, as palavras não conseguem expressar a importância de sua presença. Sua paciência, cuidado e discernimento, especialmente nos momentos mais desafiadores, foram minha âncora. Você foi a luz nos momentos de incerteza, iluminando meu caminho com carinho e compreensão. Sou eternamente grato por trilhar a vida ao seu lado. Sua presença constante e apoio inabalável garantindo que eu nunca perdesse o foco e a motivação.

Aos meus filhos e enteadas, peço desculpas por não ter estado tão presente quanto gostaria durante este período. Saibam, no entanto, que cada esforço, cada noite em claro e cada passo dado foi por vocês. Vocês são minha maior inspiração e a razão pela qual lutei para chegar até aqui. Este trabalho é dedicado a vocês, com o objetivo de construir um futuro melhor.

Aos meus colegas e amigos Brunno Elias Ferreira e Denis Moretto da Silva, minha profunda admiração e gratidão. Sem a parceria e a amizade de vocês, certamente não teria alcançado este momento. Vocês foram pilares de apoio, compartilhando conhecimentos, risadas e desafios, e tornaram esta jornada mais leve e significativa. A colaboração de vocês foi muito valiosa, aprimorando cada aspecto do meu trabalho.

Aos colegas da Seção de Educação Física do Colégio Militar de Campo Grande, meu reconhecimento por terem assumido minhas responsabilidades com tanto compromisso e dedicação, mantendo o funcionamento impecável durante minha licença de estudos. Sua generosidade e profissionalismo foram essenciais para que eu pudesse me dedicar a este projeto. A eficiência e dedicação de vocês foram como um roteiro bem escrito, executando as tarefas com precisão e permitindo que eu me concentrasse em meus objetivos.

À Diretoria de Educação Preparatória e Assistencial do Exército Brasileiro, na pessoa do General Marcelo Zanon Harnisch, expressei meu agradecimento pela autorização e pela coparticipação na pesquisa. Estendo minha gratidão ao comando dos Colégios Militares envolvidos principalmente o Cel. Pires do CMCG (minha casa), pela parceria e incentivo que enriqueceram este trabalho e abriram portas para o avanço do conhecimento. O apoio institucional foi o que permitiu a integração de diferentes recursos e conhecimentos, impulsionando o desenvolvimento da pesquisa.

À FINEP, sou imensamente grato pelo financiamento que viabilizou o desenvolvimento deste projeto. Este apoio foi fundamental para transformar ideias em realidade, permitindo que a pesquisa ganhasse forma e impacto. O financiamento foi extremamente essencial o que permitiu a execução da minha pesquisa, possibilitando a coleta de dados, análise e desenvolvimento de resultados.

Por fim, mas não menos importante, ao meu orientador, Prof. Dr. Thomaz Nogueira Burke, e à sua esposa Marcela Burke, dedico minha mais sincera gratidão. Suas orientações precisas, seu companheirismo e sua dedicação ultrapassaram o papel de orientadores, tornando-se uma parte essencial desta trajetória. Vocês foram mais do que guias acadêmicos; foram amigos e inspiradores, mostrando-me o verdadeiro significado de comprometimento e paixão pelo saber. A orientação do Prof. Dr. Thomaz Nogueira Burke foi como uma estrada eficientemente pavimentada, guiando-me na direção certa e otimizando o processo de pesquisa.

A todos vocês, familiares, amigos, colegas e instituições, entrego meu coração repleto de gratidão. Esta conquista não é apenas minha, mas de todos nós que, juntos, construímos este sonho. Obrigado por acreditarem em mim, por me sustentarem e por celebrarem comigo este momento de alegria e realização. Que estas palavras sejam um reflexo do amor e da admiração que sinto por cada um de vocês.

“Faça o melhor que puder. Seja o melhor que
puder. O resultado virá na mesma proporção do
seu esforço.” **Augusto Cury**

RESUMO

Escoliose é definida como um desalinhamento tridimensional da coluna vertebral na qual há o aparecimento de uma curvatura lateral no plano coronal, normalmente associada com o aplanamento das curvaturas no plano sagital e rotação vertebral em seu eixo longitudinal, sendo a última alteração apontada como fundamental no mecanismo de aparecimento da deformidade. Atualmente, o padrão-ouro para diagnóstico da escoliose é o ângulo de Cobb acima de 10° medido pelo raio-x, mas o fato de utilizar radiação ionizante impossibilita o seu uso em campanhas de estudos prévios, encontraram boa acurácia em sistemas de topografia de superfície, como BackSCNR®, para detecção precoce de escoliose, porém ainda há uma lacuna de bons estudos comparando estes sistemas ao raio-x panorâmico, padrão-ouro para diagnóstico de escoliose. **Objetivo Principal:** Comparar a acurácia, sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e negativo dos métodos BackSCNR® (modos screening, AVT-3D e ART-3D) e do ângulo de rotação do tronco (ART-ESC) em relação ao padrão-ouro radiográfico (ângulo de Cobb) no diagnóstico de Escoliose Idiopática de Adolescentes(EIA). **Secundários:** Determinar a prevalência de EIA em uma amostra de jovens praticantes de atividade física regular > 3h/sem e praticantes de atividade física regular menos intensa < 3h/sem. Compara e analisar o desempenho individual de cada método de triagem para identificar suas potencialidades e limitações. **Método:** Foi realizado um estudo transversal observacional prospectivo com 94 participantes (10-17 anos) do Sistema Colégio Militar do Brasil(SCMB). Foram coletados dados referentes a: (1) dados de identificação,(2) dados clínicos e antropométricos,(3) Prática de atividade física através de questionário Google Forms; (4) medição do ângulo de rotação do tronco (ART) com escoliômetro (5) topografia de tronco pelo sistema BackSCNR®; (6) Raio-X panorâmico com ângulos de Cobb para diagnóstico de escoliose. Foram incluídos no estudo jovens de 10 a 17 anos do SCMB com TCLE e TALE assinados. A metodologia do estudo seguiu o protocolo STARD 2015 para estudos de acurácia diagnóstica.

Análise Estatística: Foi calculada a acurácia, a sensibilidade, especificidade, o valor preditivo positivo e o valor preditivo negativo para o sistema BackSCNR® nos vários modos de avaliação. Validação comparativa dos métodos foi feita através do Teste Kappa e risco de viés com a Curva ROC e AUC. Para todas as análises foi considerado um nível de significância de 0,05. **Resultados:** A análise visual do tronco (AVT-3D) demonstrou a maior acurácia (88,30%), com sensibilidade de 87,50% e especificidade de 88,57%. A prevalência de EIA na amostra foi de 25%, com menor ocorrência entre praticantes de atividade física regular (8,51%). **Conclusão:** O método AVT-3D se destaca como uma ferramenta promissora para a triagem de EIA, superando outras abordagens avaliadas. A alta prevalência de EIA na amostra sublinha a importância da detecção precoce. Os resultados apresentados oferecem uma visão abrangente do desempenho dos métodos de triagem para EIA.

Palavras-Chave: Escoliose. Coluna. Modelo. Acurácia. Diagnóstico, Topografia de Superfície.

ABSTRACT

Scoliosis is defined as a three-dimensional misalignment of the vertebral column, characterized by the appearance of a lateral curvature in the coronal plane, usually associated with the flattening of the curves in the sagittal plane and vertebral rotation around its longitudinal axis. The latter alteration is considered fundamental in the mechanism of deformity development. Currently, the gold standard for diagnosing scoliosis is a Cobb angle greater than 10° as measured through X-ray imaging. However, the use of ionizing radiation limits its application in preliminary studies. Some studies have demonstrated high accuracy in surface topography systems, such as BackSCNR®, for early detection of scoliosis. Nonetheless, there remains a gap in robust studies comparing these systems with panoramic X-rays, the gold standard for diagnosing scoliosis. Primary Objective: To compare the accuracy, sensitivity, specificity, positive predictive value, and negative predictive value of the BackSCNR® methods (screening modes, AVT-3D, and ART-3D) and the angle of trunk rotation (ART-ESC) with the radiographic gold standard (Cobb angle) in the diagnosis of Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS). Secondary Objectives: To determine the prevalence of AIS in a sample of youths engaged in regular physical activity (>3 hours/week) and those with lower-intensity regular physical activity (<3 hours/week). To compare and analyze the individual performance of each screening method to identify their strengths and limitations. Methods: A prospective observational cross-sectional study was conducted with 94 participants (aged 10–17 years) from the Brazilian Military School System. Data collected included (1) identification data, (2) Clinical and anthropometric data, (3) physical activity level via Google Forms questionnaire, (4) trunk rotation angle (TRA) measurement using a scoliometer, (5) trunk surface topography assessment with the BackSCNR® system, and (6) panoramic X-rays for Cobb angle measurement in scoliosis diagnosis. Inclusion criteria comprised youths aged 10 to 17 years from the Military School System with signed consent and assent forms.

The methodological: protocol followed the STARD 2015 guidelines for diagnostic accuracy studies. Statistical Analysis: Accuracy, sensitivity, specificity, positive predictive value, and negative predictive value were calculated for BackSCNR® in its various assessment modes. Comparative validation of the methods was performed using the Kappa test, and risk of bias was evaluated through ROC curve and AUC analysis. A significance level of 0.05 was adopted for all analyses. Results: Visual trunk analysis (AVT-3D) demonstrated the highest accuracy (88.30%), with sensitivity of 87.50% and specificity of 88.57%. The observed prevalence of AIS in the sample was 25%, with a lower occurrence among individuals engaged in regular physical activity (8.51%). Conclusion: The AVT-3D method stands out as a promising tool for AIS screening, outperforming the other evaluated approaches. The high prevalence of AIS in the sample highlights the importance of early detection. The results presented offer a comprehensive overview of the performance of AIS screening methods.

Keywords: Scoliosis. Spine. Model. Accuracy. Diagnosis, Surface topography.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	.....	Antero Posterior
ART	.....	Ângulo de Rotação do Tronco (Escoliómetro)
ART3D	.....	Ângulo de Rotação do Tronco da imagem 3D
AUC	.....	Area Under the Curve
AVT-3D	.....	Avaliação Visual do Tronco da imagem 3D
CNN	.....	Convolutional Neural Network
EIA	.....	Escoliose Idiopática em Adolescente
FBT	.....	Forward Bending Test (Teste de Inclinação Frontal do tronco)
IA	.....	Inteligência Artificial
LR-	.....	Likelihood Ratio Negativa (Verossimilhança)
LR+	.....	Likelihood Ratio Positiva (Verossimilhança)
MID	.....	Membro Inferior Direito
MIE	.....	Membro Inferior Esquerdo
MMIIs	.....	Membros Inferiores
NPV	.....	Valor Preditivo Negativo
PPV	.....	Valor Preditivo Positivo
ROC	.....	Receiver Operating Characteristic
SCMB	.....	Sistema Colégio Militar do Brasil (Exército Brasileiro)
STARD	.....	Standards for Reporting of Diagnostic Accuracy Studies
TALE	.....	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (Menor)
TCLE	.....	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (pai ou responsável)
TS	.....	Topografia de Superfície

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1: Demonstrativo de acurácia da fotografia de moiré com ATR	Pág.25
Fig. 2: Arquitetura da CNN	Pág.27
Fig. 3: Diagrama de estrutura de rede ResNet	Pág.27
Fig. 4: Processamento da análise ST	Pág.28
Fig. 5: Coleta das dobras cutâneas tricipital	Pág.31
Fig.6: medida verdadeira do membro inferior	Pág.32
Fig.7: Foto da coleta da medida dos MMIs	Pág.32
Fig.8: Figura da coleta de ART via FBT + Escoliômetro	Pág.32
Fig.9: Imagem do procedimento de escaneamento de tronco	Pág.33
Fig.10: Padrões de cores de Assimetria do Tronco	Pág.35
Fig.11: Local do conjunto de patches com maior desvio	Pág.35
Fig.12: Fluxograma das avaliações	Pág.38
Fig.13: Gráfico comparativo dos resultados teste Kappa	Pág.39
Fig.14: Gráfico da curva ROC comparativa dos métodos	Pág.41
Fig.15 Matriz de confusão de todos os modos BackSCNR® e ART- ESC.....	Pág.42
Fig.16: Comparação total de Acurácia Diagnostica dos métodos	Pág.42
Fig.17: Gráfico de frequência absoluta da prática de atividade física	Pág.43
Fig.18: Gráfico de prevalência de Escoliose na prática de Atividade Física	Pág.45

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 1. Classificação do Teste Kappa de Landis e Koch	Pág.36
Tabela 1 Classificação da Curva ROC e AUC	pág. 37
Tabela 2. Dados antropométricos médios distribuído por sexo.....	pág. 38
Tabela 3. Dados Estatísticos de Acurácia e curva Roc.....	Pág.41
Tabela 4. Frequência absoluta da prevalência de Escoliose na prática de Atividade Física.....	Pág.44

SUMÁRIO

1.Introdução e Contextualização do Problema de Pesquisa	Pág.16
2.Revisão Narrativa da Literatura.....	Pág.19
2.1. Escoliose Idiopática do Adolescente (EIA)	Pág.19
2.2. A Triagem	Pág.20
2.3. Os métodos, técnicas e instrumentos utilizados na triagem	Pág.21
2.3.1. Ângulo de Cobb.....	Pág.21
2.3.2. FBT (Forward Bending Test)	Pág.22
2.3.3 Adams + Escoliômetro	Pág.23
2.3.4.Topografia de Moiré	Pág.24
2.3.4 Topografia da Superfície do Tronco utilizando Inteligência Artificial (IA)..	Pág.25
2.3.4.1 Utilizando as Redes Neurais Convolucionais (CNN).....	Pág.26
2.3.5. O BACKSCNR®	Pág.28
3.1. Objetivo Geral	Pág.29
3.2. Objetivos Específicos	Pág.29
4. Metodologia	Pág.30
4.1. Desenho do estudo	Pág.30
4.2.1. A Amostra	Pág.30
4.2.1. Fórmula do cálculo de amostragem(1)	Pág.30
4.2.2. Critérios de Inclusão	Pág.31
4.2.3. Critérios de Exclusão	Pág.31
5. Coleta de Dados.....	Pág.31
5.1. Identificação	Pág.31
5.2. Antropometria	Pág.31
5.3. Avaliação do comprimento dos MMIIIs	Pág.32
5.4. FBT de Adams associado ao Escoliômetro	Pág.32
5.5 Escaneamento 3D do tronco	Pág.33
5.6 Radiografias	Pág.33
6. Tabulação e avaliação dos dados	Pág.34
6.1. Modo “Screening”	Pág.34
6.2. AVT-3D	Pág.34
6.3. ART-3D	Pág.35
6.3.1 Fórmula do cálculo do ART-3D (2).....	Pág.35

7. Análise Estatística	Pág.36
7.1. Fórmulas para tratamento de cálculo de Acurácia Diagnóstica (3)	Pág.37
8 Resultados	Pág.38
8.1. Caracterização da Amostra	Pág.38
8.2. Validação dos dados	Pág.39
8.3.Comparação da acurácia diagnóstica	Pág.41
8.3.1. Acurácia Diagnóstica	Pág.42
8.4. Prevalência de Escoliose na prática esportiva regular	Pág.43
9. DISCUSSÃO	Pág.45
10.CONCLUSÃO	Pág.51
11.REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	Pág.52
APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTA GOOGLE FORMS	Pág.59
ANEXO A – PROTOCOLO STARD 2015	Pág.60
ANEXO B – CEP/UNISA 6.935.008	Pág.62
ANEXO C – TCLE	Pág.63
ANEXO D – TALE	Pág.67

1. Introdução e Contextualização do Problema de Pesquisa

A escoliose idiopática do adolescente (EIA) é uma deformidade tridimensional da coluna vertebral que resulta em curvatura lateral da coluna (SHEKOUHI e colab., 2022). Seu diagnóstico é confirmado pelo cálculo do ângulo de Cobb acima de 10 graus pelo raio-x. Afeta de 0,5% a 4,2% da população (OETGEN e colab., 2021), sendo que, em sua maioria, são deformidades de baixa magnitude com baixo risco de progressão (NOSHCHENKO e colab., 2015). No Brasil, a prevalência é semelhante às taxas globais, como observado em um estudo com 2562 adolescentes no estado de São Paulo, onde foi identificada uma prevalência de 1,5% de escoliose. A prevalência da EIA é maior no sexo feminino em comparação ao masculino, ocorrendo principalmente nas idades de 13 e 14 anos (PENHA e colab., 2018).

A classificação da escoliose baseia-se na faixa etária em que se desenvolve, sendo classificada em três períodos: período infantil (até três anos de idade), período juvenil (quatro a dez anos de idade, que coincide com o início da puberdade) e período da adolescência (11 a 18 anos) (REAMY e SLAKEY, 2001). Geralmente, a escoliose idiopática pode se desenvolver na infância e agravar-se durante a adolescência, especialmente durante o estirão de crescimento. A progressão da escoliose está relacionada ao sexo, à faixa etária de surgimento e ao grau de curvatura da coluna vertebral.(WEINSTEIN e colab., 2008).

O rastreamento ou triagem diagnóstica é o termo utilizado para descrever um teste ou procedimento aplicado a uma população ou grupo de indivíduos assintomáticos com o objetivo de avaliar quais são aqueles com grandes chances de serem positivos para uma determinada condição de saúde (GIVLER e GIVLER, 2024). A triagem escolar para escoliose idiopática demonstrou ser crucial, pela possibilidade de detectar casos precoces e facilitar intervenções oportunas, otimizando desfechos clínicos, reduzindo o impacto da escoliose na comunidade (BEAUSÉJOUR e colab., 2013). Com a detecção precoce e a gradação leve, moderada ou grave(SOSORT2014), a EIA pode ser monitorada, e o tratamento adequado pode ser implementado, para evitar a progressão da deformidade (OETGEN e colab., 2021).

Diversos sistemas e metodologias foram desenvolvidas para auxiliar os profissionais na detecção precoce da escoliose durante programas de rastreamento. Os métodos de triagem mais comumente usados consistem na combinação do teste

ADAMS e do ângulo de rotação do tronco (ART), que é avaliado usando um escoliômetro para medir a rotação vertebral do tronco (CHENG e colab., 2015; COELHO e colab., 2013)). Um limiar de ART amplamente aceito é de 5°, com uma sensibilidade de 94% na identificação de curvas de 20° ou mais. Ele possui uma sensibilidade global de 71% e uma especificidade de 83%, tornando-se o teste tecnicamente mais eficiente com confiabilidade robusta entre observadores e intra observadores, especialmente em curvas torácicas (CÔTÉ e colab., 1998; GRIVAS e colab., 2007; PRUIJS e colab., 1994). Não há consenso sobre qual das duas angulações de corte utilizar, 5 ou 7 graus. Quando ambos os testes são combinados com a topografia de Moiré, a sensibilidade (88,1%-93,8%) e a especificidade (99,2%) são ainda mais aumentadas (ADOBOR e colab., 2011; CHENG e colab., 2015). Apesar desses valores relatados, ocorre um número significativo de falsos positivos (0,8%-21,5%) na triagem clínica, particularmente em adolescentes jovens e crianças com menos de 11 anos (JINNAH e colab., 2025).

Atualmente, sistemas baseados na captura e análise da TS (Topografia de Superfície) 3D têm utilizado a Inteligência Artificial para o auxílio no rastreamento e acompanhamento de casos de escoliose, sem uso de radiação ou marcadores. Sistemas com esta tecnologia tem potencial significativo para melhorar os serviços de diagnóstico e acelerar os avanços médicos, facilitando a tomada de decisões clínicas (RADHA JAYALAKSHMI e RAJAKUMAR, 2024), se destacando como uma abordagem alternativa para triagem de escoliose por oferecer uma análise tridimensional da geometria do torso.

Estas áreas de assimetria são chamadas de Patches e são definidas por sua: (1) localização (torácica, lombar ou toracolombar; (2) direção (direita ou esquerda); (3) área em mm²; (4) RMS da diferença de profundidade; (5) desvio máximo em mm; (6) volume em mm³; e (7) posição do centroide (X, Y, Z). Isto permite criar um mapa visual de assimetria com cada área de gibosidade e depressão sendo caracterizadas por variações de cores quentes e frias, respectivamente. Estudos prévios (MOHAMED e colab., 2025), demonstraram que a TS que a ferramenta BackSCNR[®] utiliza, apresenta concordância de moderada a forte na estimativa da localização da curvatura e na predição da gravidade da curva (GHANEEI e colab., 2018; HONG e colab., 2017).

Essa técnica não invasiva elimina a necessidade de marcadores ou radiação, proporcionando uma alternativa segura e eficiente aos métodos tradicionais de triagem. Contudo, as diferenças nas assimetrias do tronco entre indivíduos com escoliose e aqueles com desenvolvimento típico ainda não são completamente compreendidas, demandando investigações adicionais nessa área.

Paralelamente, as redes neurais convolucionais (CNNs) têm emergido como uma ferramenta poderosa no campo do aprendizado de máquina supervisionado, sendo amplamente aplicadas em tarefas de visão computacional, como classificação de imagens, localização, detecção e segmentação (GOODFELLOW e colab., 2013; KER e colab., 2017). Esses algoritmos são capazes de aprender e capturar características relevantes a partir dos dados de entrada, preservando as relações espaciais (KER e colab., 2017). As CNNs processam dados estruturados em topologias de grade, como imagens, representadas por matrizes bidimensionais (2D) ou tridimensionais (3D) de pixels (GOODFELLOW e colab., 2013).

No contexto da escoliose, algoritmos baseados em CNNs têm sido implementados em imagens radiológicas para detectar curvaturas da coluna vertebral e medir automaticamente o ângulo de Cobb (JAMALUDIN e colab., 2020; PAN e colab., 2019). Além disso, essas redes têm sido utilizadas no desenvolvimento de métodos de triagem baseados em diferentes modalidades de entrada, relacionando índices e características do tronco à curvatura da coluna (KOKABU e colab., 2021; YANG e colab., 2019). Por exemplo, fotografias do tronco em postura ortostática foram empregadas para prever deformidades da coluna (YANG e colab., 2019).

Para aprimorar a precisão na identificação de casos de escoliose idiopática do adolescente (EIA) e distinguir padrões típicos de crescimento da coluna, a abordagem baseada em CNNs pode ser aplicada em combinação com a técnica de TS 3D sem marcadores. Porém ainda na literatura não se tem essa comparação direta com a utilização do Rx ângulo de Cobb.

Compreender os desafios e as oportunidades no rastreamento da Escoliose Idiopática em Adolescentes é fundamental para garantir um futuro com diagnósticos mais precoces e tratamentos mais eficazes.

Este estudo tem como objetivo avaliar a eficácia de um modelo de classificação para detecção de EIA utilizando a técnica de assimetria de TS 3D sem marcadores, comparando-a com os resultados obtidos por cálculos do ângulo de Cobb em radiografias e apresenta uma análise detalhada das metodologias atuais, preparando o terreno para a implementação de novas tecnologias e abordagens que visam otimizar a saúde e o bem-estar dos jovens.

2. Revisão Narrativa da Literatura

2.1 Escoliose Idiopática do Adolescente (EIA)

A escoliose é um termo geral que abrange um grupo heterogêneo de condições que consistem em alterações na forma e posição da coluna vertebral, do tórax e do tronco. (NEGRINI e colab., 2018),). A escoliose é uma curvatura lateral da coluna vertebral, frequentemente acompanhada de rotação axial dos corpos vertebrais (STOKES, 1994). Embora a maioria das escolioses seja idiopática, sem causa identificável, em alguns casos anomalias congênitas e distúrbios neuropáticos podem ser identificados, conforme discutido por (WANG e colab., 2021a) e (TROTT, 1965). A etiologia da escoliose pode ser categorizada em duas principais classificações: secundária e idiopática. Aproximadamente 20% dos casos são atribuídos a processos patológicos subjacentes, enquanto os 80% remanescentes são classificados como escoliose idiopática.

Dentre estas, destaca-se a escoliose idiopática adolescente (EIA), caracterizada por uma curvatura espinhal com ângulo de Cobb superior a 10°. A prevalência da EIA na população geral apresenta uma variabilidade significativa, com estudos epidemiológicos reportando uma faixa de ocorrência entre 0,93% e 12% (BROOKS e colab., 1975; BURWELL e colab., 1983):

2 a 3% é o valor mais frequentemente encontrado na literatura, e foi sugerido que a incidência muda de acordo com a latitude (GRIVAS e colab., 2006). Aproximadamente 10% desses casos diagnosticados requerem tratamento conservador e cerca de 0,1–0,3% necessitam de correção cirúrgica da deformidade (NEGRINI e colab., 2016). Um aspecto notável da EIA é a sua distribuição assimétrica entre os gêneros, com uma predominância significativa no sexo feminino, especialmente em curvaturas mais acentuadas. Esta disparidade de gênero se manifesta de forma progressiva, correlacionando-se com a magnitude do ângulo de

Cobb. Em curvaturas leves, com ângulos entre 10° e 20°, observa-se uma razão de prevalência entre meninas e meninos de (1,3:1), indicando uma distribuição relativamente equilibrada. Contudo, esta proporção se altera drasticamente à medida que a severidade da curvatura aumenta. Para ângulos de Cobb entre 20° e 30°, a razão se eleva para 5,4:1, e em curvaturas superiores a 30°, atinge uma proporção de 7:1 (LONSTEIN, 2006; PARENT e colab., 2005). Se o ângulo de escoliose ao final do crescimento exceder um “limiar crítico” (a maioria dos autores assume que seja entre 30° e 50° (HAWES e WEINSTEIN, 2003)), há um risco maior de problemas de saúde na vida adulta, diminuição da qualidade de vida, deformidade estética e deficiência visível, dor e limitações funcionais progressivas (GRIVAS e colab., 2007; LONSTEIN, 2006).

2.2 A Triagem

A triagem diagnóstica é fundamental para a identificação precoce da escoliose, permitindo intervenções que podem prevenir a progressão da condição e suas complicações associadas. Pesquisadores têm aprimorado métodos de triagem para diagnósticos precisos (NOSHCHENKO e colab., 2015). A triagem para Escoliose Idiopática evoluiu significativamente, com avanços tecnológicos e mudanças nas recomendações de tratamento (PŁASZEWSKI e colab., 2020). Métodos não invasivos, como o teste de Adams e o escoliômetro, introduzidos na década de 1970, permitiram uma identificação mais eficaz desta condição e normas para triagem foram desenvolvidas nos anos 1980 para padronizar práticas e aumentar a eficácia na detecção precoce.(HUANG, 1997)

A triagem é vital para a identificação precoce da escoliose idiopática em adolescentes, permitindo intervenções antes que a curvatura se agrave e evitando complicações (WANG e colab., 2021a). A International Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment (SOSORT) apoia programas de triagem escolar para detecção precoce, destacando a importância de intervenções antecipadas (GRIVAS e colab., 2007).

Os programas de triagem específicos para escoliose enfrentam alguns desafios específicos da detecção precoce desta condição. A escoliose idiopática pode se manifestar de maneira variada, com sintomas que vão de quase imperceptíveis a

severos, complicando a detecção precoce. Sinais sutis são frequentemente negligenciados tanto por pais quanto por profissionais de saúde até que a condição avance para estágios mais graves (JIN e colab., 2022). Além disso, a falta de padronização nas avaliações (DUNN e colab., 2018) e a subjetividade na interpretação dos resultados podem levar a diagnósticos imprecisos ou atrasados. Ainda ausência de estudos mais sistematizados sobre a eficácia da triagem para EIA, contribui para a incerteza sobre as melhores práticas (DUNN e colab., 2018).

Além disso, as políticas de triagem variam amplamente entre países, resultando em estudos heterogêneos sobre custo e eficácia (PŁASZEWSKI e colab., 2020). A capacitação dos profissionais envolvidos, assim como sua experiência também pode levar à subdetecção da escoliose idiopática nas fases iniciais (LINHARES e colab., 2022). Entretanto, (MARTIN e colab., 2014; THILAGARATNAM, 2007; YAWN e YAWN, 2000), encontraram que a triagem para escoliose idiopática foi custo-efetiva, e teve a capacidade de prevenir cirurgias desnecessárias e reduzir custos relacionados à progressão da doença, sendo significativamente mais econômica em comparação com os custos de cirurgias para EIA.

2.3 Os métodos, técnicas e instrumentos utilizados na triagem

2.3.1. Ângulo de Cobb

Introduzido em 1948, o método de Cobb (COBB, 1948), é reconhecido como o critério padrão para a quantificação das deformidades da coluna vertebral em indivíduos diagnosticados com escoliose. Este método consiste na determinação do ângulo formado por linhas perpendiculares que se estendem a partir das vértebras que delimitam a curvatura, conforme visualizado em radiografias. Apesar do advento de tecnologias de imagem tridimensional que oferecem uma visão mais abrangente das deformidades espinhais, o ângulo de Cobb permanece como referência ouro para o diagnóstico e monitoramento da escoliose, devido à sua confiabilidade.

Historicamente, o cálculo desse ângulo era realizado com o auxílio de um instrumento denominado Cobbômetro, cuja imprecisão frequentemente comprometia o diagnóstico e tratamento da escoliose. Isso levou ao desenvolvimento de métodos alternativos para a medição do ângulo de Cobb, com o intuito de avaliar com maior

precisão a complexidade tridimensional da deformidade espinhal, utilizando as modernas técnicas de diagnóstico por imagem que permitem reconstruções em 3D.

Os métodos de Cobb e Ferguson compartilham a abordagem de identificação manual das vértebras terminais, porém, o método de Cobb é preferido devido à sua maior reprodutibilidade, facilidade de aplicação e capacidade de medir ângulos maiores em casos de curvaturas espinhais mais severas. Ele é útil para: avaliar a curvatura inicial da escoliose, acompanhar a evolução da curvatura com o tempo, fundamentar decisões terapêuticas, incluindo a consideração de intervenções cirúrgicas. Desvios da coluna vertebral superiores a 10° graus são interpretados como indicativos de escoliose.

Para medir o ângulo de Cobb, traçam-se linhas perpendiculares aos planos proximal e distal das vértebras que marcam os extremos da curva escoliótica. No entanto, o método de Cobb tem suas limitações: a análise é bidimensional, não capturando a totalidade da deformidade tridimensional; há variabilidade nas medições, tanto entre diferentes observadores quanto pelo mesmo observador em momentos distintos, com variação intra observador de $2,8^\circ$ a $4,9^\circ$ e Inter observador de $6,3^\circ$ a $7,2^\circ$ (HE e colab., 2009); e a projeção radiográfica, sendo as radiografias representações oblíquas da rotação vertebral, pode afetar a precisão do ângulo de Cobb. A acurácia da medição depende tanto da experiência do profissional quanto da qualidade da imagem radiográfica. Além disso, o acompanhamento de pacientes com escoliose frequentemente envolve múltiplas radiografias, expondo-os a altas doses de radiação ionizante (WONG e colab., 2019), o que eleva o risco de câncer e pode comprometer a fertilidade futura.

2.3.2. FBT (Forward Bending Test)

Introduzido em 1965 por Adams, o Teste de Inclinação Anterior (FBT) é reconhecido por sua eficácia na detecção preliminar da escoliose idiopática em adolescentes (CÔTÉ e colab., 1998), destacando-se pela simplicidade e pela ausência de necessidade de equipamentos específicos, o que o torna facilmente aplicável em uma variedade de cenários. Durante o procedimento, o indivíduo se posiciona com a região dorsal voltada para o avaliador e se inclina para frente a partir da cintura até que sua coluna esteja paralela ao solo, permitindo ao profissional avaliar a presença de

assimetrias na região dorsal, costelas e ombros, bem como a rotação do tórax, que são indicativos da condição. A eficácia do teste reside na habilidade do examinador em identificar discrepâncias sutis, sendo um resultado positivo um indicativo preliminar de escoliose, embora requeira confirmação através de métodos diagnósticos adicionais. Suas vantagens incluem praticidade, baixo custo e adaptabilidade a diversos ambientes, enquanto suas limitações estão na dependência da experiência e percepção do examinador, podendo resultar na não detecção de casos mais leves de escoliose (KARACHALIOS e colab., 1999). Apesar dessas restrições, o Teste de Adams permanece um instrumento valioso para a triagem inicial da escoliose idiopática em adolescentes, cuja eficácia pode ser ampliada quando combinada com outras ferramentas diagnósticas e com a expertise do avaliador, facilitando a detecção precoce e o encaminhamento para tratamento apropriado.

O escoliômetro é um instrumento que pode ser usado em combinação com o teste de inclinação anterior para quantificar o grau de rotação da coluna (PŁASZEWSKI, 2022). O instrumento é colocado na região dorsal do paciente no ponto de máxima assimetria, com o paciente inclinado para a frente na cintura. Uma leitura maior que 5 a 7° geralmente indica uma deformidade rotacional significativa o suficiente para indicar encaminhamento a um especialista.

2.3.3 Adams + Escoliômetro

Os métodos de triagem mais utilizados consistem na combinação do teste ADAM e do ângulo de rotação do tronco (ART), que é avaliado usando um escoliômetro para medir a inclinação das protrusões do tronco (Cheng et al., 2015^a; Children-V10-I02_20240611, n.d.; Coelho et al., 2013). Um limiar de ART amplamente aceito é de 5°, com uma sensibilidade de 94% na identificação de curvas de 20° ou mais. Ele tem uma sensibilidade global de 71% e uma especificidade de 83%, tornando-o o teste mais tecnicamente eficiente, com robusta confiabilidade Inter observador e intra observador, especialmente em curvas torácicas (CÔTÉ e colab., 1998; GRIVAS e colab., 2007; PRUIJS e colab., 1994). Quando ambos os testes são combinados com a topografia de Moiré, a sensibilidade (88,1%-93,8%) e a especificidade (99,2%) aumentam ainda mais (ADOBOR e colab., 2011; CHENG e colab., 2015; CHOWANSKA).

2.3.4. Topografia de Moiré

Essa metodologia baseia-se no fenômeno óptico de interferência entre dois padrões de grade, que, quando aplicada à análise da topografia da coluna, permite identificar deformidades e assimetrias sutis, características da escoliose (WILLNER, 1979). Para empregar a topografia de Moiré na triagem de escolioses, são utilizados dispositivos específicos, como placas ou grades ópticas, além de sistemas de iluminação coerente e captura de imagens. O paciente é posicionado de forma que sua coluna seja analisada em postura estática ou durante movimentos específicos, como flexão frontal ou rotação do tronco.

Durante a aquisição dos dados, os padrões de Moiré gerados pela interferência óptica são capturados e processados para revelar as variações na topografia da coluna. Essa abordagem não requer contato direto com o paciente, o que reduz o desconforto e permite a análise rápida e não invasiva de grandes áreas da coluna vertebral. Além disso, o caráter tridimensional da topografia de Moiré possibilita avaliar não apenas as curvaturas laterais, mas também as rotações e torções da coluna, aspectos cruciais na escoliose.

Contudo, é importante ressaltar que essa técnica não substitui exames de imagem tradicionais, como radiografias ou ressonâncias magnéticas, que fornecem informações mais detalhadas sobre a estrutura óssea e os tecidos moles da coluna. Apesar das vantagens, alguns desafios associados à topografia de Moiré na triagem de escolioses devem ser considerados (LABECKA e PLANDOWSKA, 2021). A sensibilidade a variações de iluminação e movimentos do paciente durante a aquisição de dados pode impactar a qualidade dos resultados. Além disso, o processamento e análise dos dados obtidos requerem conhecimentos especializados em óptica, processamento de imagens e avaliação biomecânica(OETGEN e colab., 2021).

Fig. 1 Demonstrativo de acurácia da fotografia de moiré com ART.

Table 2: Sensitivity, specificity, positive and negative predictive value of surface trunk rotation related to ATR $\geq 7^\circ$					
ATR scoliometer	STR surface topography	Sensitivity %	Specificity %	PPV %	NPV %
$\geq 7^\circ$	$\geq 7^\circ$	38,7	98,6	48,0	98,0
$\geq 7^\circ$	$\geq 6^\circ$	48,4	95,6	26,3	98,3
$\geq 7^\circ$	$\geq 5^\circ$	64,5	88,0	15,0	98,7
$\geq 7^\circ$	$\geq 4^\circ$	77,4	71,1	8,1	99,0

ATR- angle of trunk rotation, STR -surface trunk rotation, PPV -positive predictive value, NPV -negative predictive value.

(CHOWANSKA e colab., 2012)

2.3.5 Topografia da Superfície do Tronco utilizando Inteligência Artificial (IA)

Pesquisadores como ITO e colab.,(2023) e YANG e colab.,(2019), têm se concentrado no desenvolvimento de métodos não invasivos e livres de radiação para a avaliação e acompanhamento de pacientes com escoliose, a fim de reduzir a exposição à radiação (WONG e colab., 2019), especialmente em pacientes jovens durante o estirão de crescimento. Essas abordagens incluem o uso de escaneamento tridimensional do tronco e a criação de medidas que avaliam o grau de assimetria e sua progressão ao longo do tempo (BERRYMAN e colab., 2008; HONG e colab., 2017);(KOMEILI e colab., 2014). Métodos sem a necessidade de marcadores externos têm sido desenvolvidos para identificar áreas e padrões de assimetria. Essas abordagens visam não apenas avaliar a deformidade da coluna vertebral, mas também aspectos estéticos e simétricos que são importantes para os pacientes e seus familiares.

Nesse contexto, o uso de métodos livres de radiação e não invasivos representam uma abordagem promissora no cuidado e monitoramento da escoliose (EMRANI e colab., 2009; (GROOT e colab., 2020). A técnica de análise de TS, previamente documentada na literatura, (GHANEEI e colab., 2018; HONG e colab., 2017; KOMEILI e colab., 2014; 2015 HILL e colab., 2014), consiste na digitalização 3D de todo o tronco para realizar uma análise de assimetria sem a necessidade de marcadores externos, representando um avanço significativo no rastreamento de casos de escoliose (HEDDEN e ADEEB, 2017). Esta técnica oferece uma abordagem não invasiva para avaliação da TS 3D, eliminando a necessidade de contato físico entre o examinador e o sujeito (KOMEILI e colab., 2014). A TS 3D é capaz de prever características importantes das assimetrias de

tronco, não expõe os pacientes à radiação e pode ser usada clinicamente com segurança para pacientes com escoliose.

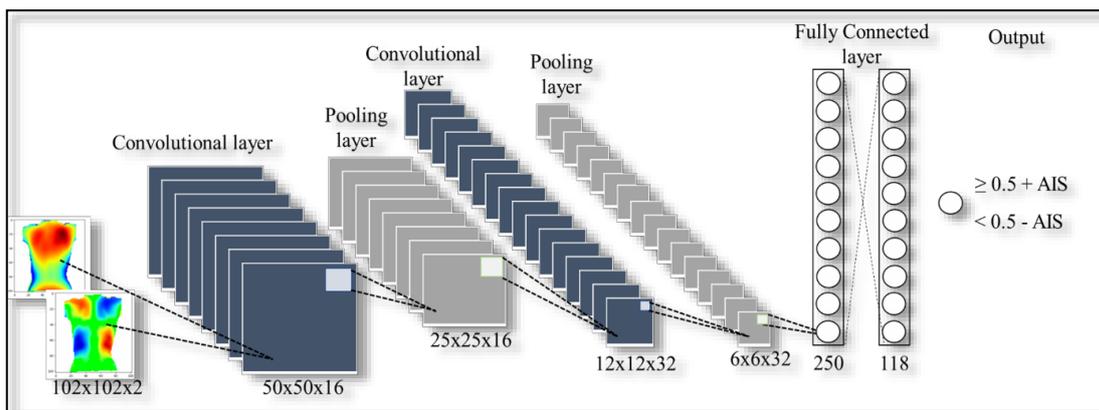
2.3.4.1 Utilizando as Redes Neurais Convolucionais (CNN)

As CNNs são uma arquitetura de aprendizado profundo (Deep Learning), amplamente usada em análise de imagens médicas (ANWAR e colab., 2018) compostas principalmente de camadas convolucionais e camadas de agrupamento. (RADHA JAYALAKSHMI e RAJAKUMAR, 2024). As medições de ST são analisadas usando duas árvores de decisão publicadas e desenvolvidas para maximizar a sensibilidade e o valor preditivo negativo, a localização das curvas se estabelecidas como curvas torácica proximal(T), torácica/toracolumbar (T -TL) e lombar (L).

A arquitetura se consiste em múltiplas camadas convolucionais intercaladas com camadas de “max-pooling” (operação de redução de dimensionalidade), finalizando em uma camada totalmente conectada para classificação binária (MOHAMED e colab., 2025; RADHA JAYALAKSHMI e RAJAKUMAR, 2024; ANWAR e colab., 2018).

Em cada camada convolucional, é aplicada uma função de ativação retificada linear (ReLU). Na saída final da arquitetura, foi utilizada uma função sigmoide. Os pesos da rede foram atualizados utilizando o algoritmo de otimização Adam (RIKIYA YAMASHITA, MIZUHO NISHIO, 2018; SCHERER, 2018). Os resultados do modelo CNN fornecem uma predição binária, com saída de 1 (positivo para EIA) ou 0 (negativo para EIA).

Fig. 2: Arquitetura da CNN

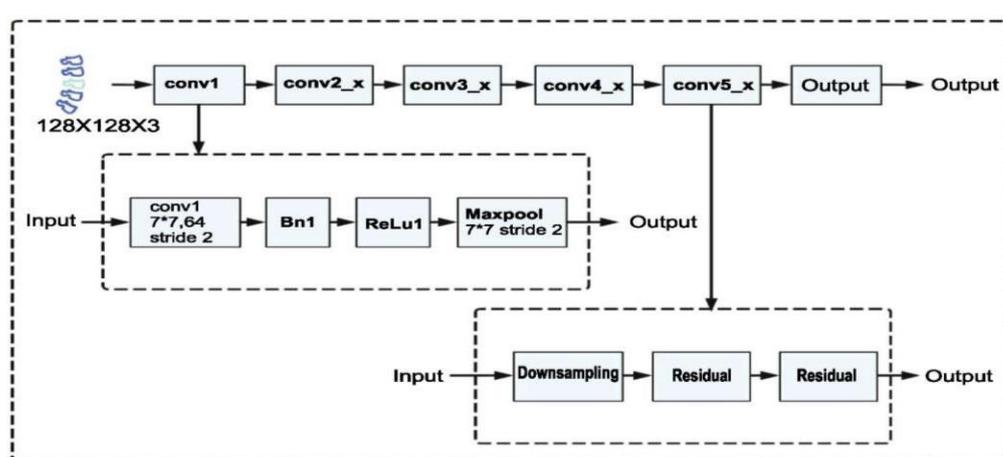


FONTE: (MOHAMED e colab., 2025)

A arquitetura da Rede Neural Convolucional ResNet (Rede Residual) é estruturada em cinco estágios principais. Variações no número de camadas e nos parâmetros específicos de cada estágio resultam em diferentes configurações da ResNet, caracterizadas por profundidades distintas (CHEN e colab., 2022). As cinco variantes canônicas são: ResNet18, ResNet34, ResNet50, ResNet101 e ResNet152.

Fundamentalmente, todas as variantes da ResNet compreendem três componentes essenciais: uma seção de entrada (input), múltiplos estágios convolucionais intermediários (ilustrados na caixa azul da Figura 3, que engloba os estágios de Conv2_x a Conv5_x) e uma seção de saída (output). Embora existam essas distintas configurações de profundidade, todas as redes ResNet seguem o mesmo design estrutural básico apresentado na Figura 3.

Fig. 3: Diagrama de estrutura de rede hierárquica de escoliose baseado em ResNet.



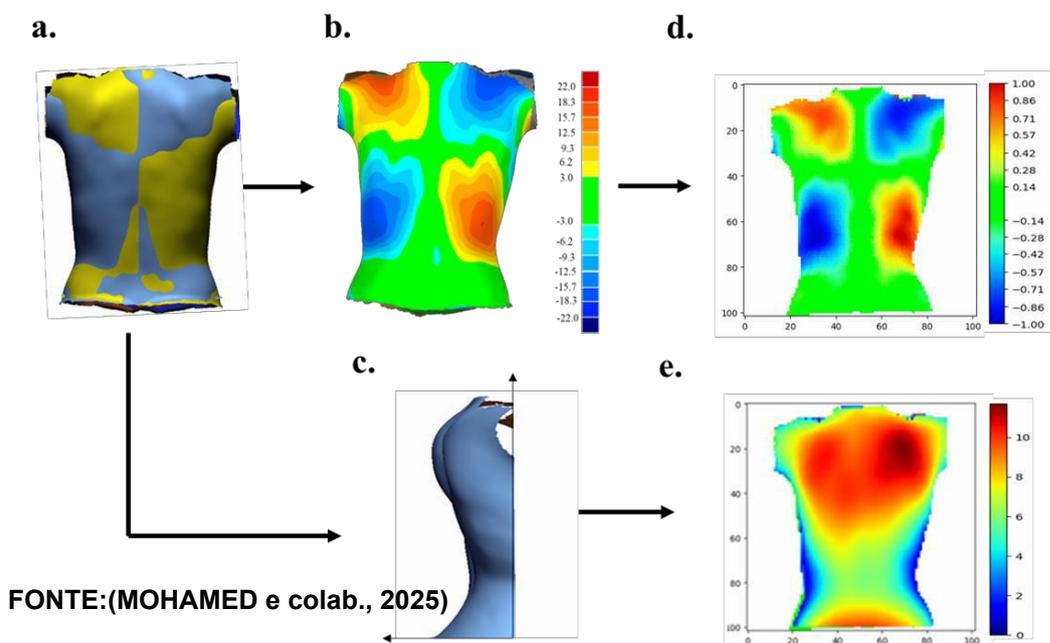
FONTE: (CHEN e colab., 2022)

2.3.5. O BACKSCNR®

O sistema BACKSCNR®, é baseado no método de análise da TS 3D proposto por Komeili et al. (2014), que tem por objetivo avaliar as áreas de assimetria entre os dois hemicorpos. Esta técnica procura encontrar, a partir do modelo 3D digitalizado do paciente, o melhor plano de simetria entre os lados direito e esquerdo do tronco e, a partir disto, espelhar um hemitronco sobre o outro. A assimetria do tronco é avaliada medindo-se as distâncias entre cada ponto do tronco original e seu ponto correspondente no torso refletido (Fig. 4b). Os mapas de desvio e profundidade são utilizados como canais de entrada para uma rede CNN.

Isto permite criar um mapa visual de assimetria com cada área de gibosidade e depressão sendo caracterizadas por variações de cores quentes e frias, respectivamente. Estas áreas de assimetria são chamadas de Patches e são definidas por sua: (1) localização (torácica, lombar ou toracolombar); (2) direção (direita ou esquerda); (3) área em mm²; (4) RMS da diferença de profundidade; (5) desvio máximo em mm; (6) volume em mm³; e (7) posição do centroide (X, Y, Z). Resultando em uma saída positiva ou negativa para Escoliose bem como sua graduação.

Fig. 4: Processamento da análise ST.



1. alinhamento de melhor ajuste dos torsos original e refletido, (b) mapa de cores de desvio da diferença entre os torsos original e refletido, (c) representação de torso posterior retido, (d) desvio posterior e (e) mapas de profundidade do torso superficial

Embora o sistema BackSCNR® tenha demonstrado potencial promissor em diversos contextos para a avaliação da assimetria do tronco, a literatura científica atual revela uma lacuna crítica: a ausência de estudos de campo que o comparem diretamente ao padrão-ouro radiográfico (raio-x panorâmico) em uma amostra populacional representativa de adolescentes. Esta lacuna é particularmente relevante, pois a validação robusta de métodos não invasivos em condições reais de triagem em campo é essencial para a sua translação clínica e adoção generalizada em programas de saúde pública para o rastreamento da Escoliose Idiopática do Adolescente (EIA).

A urgência dessa validação é acentuada pela natureza do diagnóstico e acompanhamento da escoliose, que frequentemente envolve múltiplas radiografias. Essa prática expõe os pacientes, especialmente adolescentes em fase de crescimento, a doses significativas de radiação ionizante (WONG e colab., 2019), o que, a longo prazo, eleva o risco de câncer e pode comprometer a fertilidade futura. A busca por alternativas diagnósticas acuradas e livres de radiação, como o BackSCNR®.

Nesse cenário, a presente pesquisa assume um papel pioneiro ao propor uma validação rigorosa da acurácia do BackSCNR® frente ao raios-x panorâmico, o que é fundamental para estabelecer sua confiabilidade e utilidade como ferramenta de triagem. Ao confrontar diretamente este sistema com o padrão-ouro em um ambiente de aplicação prática, este estudo visa não apenas preencher uma importante lacuna metodológica, mas também fornecer evidências concretas que possam otimizar significativamente as estratégias de rastreamento da EIA. A metodologia detalhada, delineada na Seção 4, foi cuidadosamente elaborada para assegurar a comparabilidade e a validade dos dados, permitindo uma análise aprofundada das potencialidades do BackSCNR® e, conseqüentemente, pavimentando o caminho para sua eventual integração em programas de detecção precoce.

2. Objetivos Geral e Específicos

3.1 Objetivo Geral

- Verificar e comparar a acurácia, a sensibilidade, a especificidade, o valor
- Verificar a prevalência de Escoliose em praticantes e não praticantes de atividades esportivas regulares.

4. METODOLOGIA

Este estudo foi autorizado pelo **CEP/UNISA 6.935.008**

4.1 Desenho do estudo

É um estudo transversal observacional prospectivo, focado na acurácia diagnóstica, seguindo as diretrizes da STARD 2015 (COHEN e colab., 2016).

4.2 Participantes

4.2.1 A amostra:

A amostra foi composta por alunos voluntários de ambos os sexos, com idades entre 10 e 17 anos, provenientes do Sistema Colégio Militar do Brasil (SCMB), capazes de manter a posição em pé sem auxílio. Para a seleção da amostra, os adolescentes foram convidados (amostra por conveniência) a participarem do estudo.

Todos os responsáveis legais e participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) bem como o Termo de Assentimento (TALE).

Para o cálculo da amostra foram utilizados os dados de população estimada de Jovens entre 10 a 19 anos para 2024 na cidade de Campo Grande – MS. (<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=41105>) e utilizada a fórmula(1)

$$n = \frac{EDFF * Np(1-p)}{[(d^2/Z^2_{1-\alpha/2}(N-1)+p*(1-p)]}$$

que é utilizada especificamente em estudos de prevalência de enfermidades. Foi utilizado um nível de confiança de 97%, erro padrão de 0,05 e prevalência estimada em 0,05, chegando a um N de 90 indivíduos. Considerando possíveis perdas de 5%, o tamanho final da amostra foi estimado em n = 95 adolescentes. O cálculo foi realizado utilizando-se o site <https://www.openepi.com/SampleSize/SSPropor.htm>.

4.2.2. Critérios de Inclusão:

- Estudantes do SCMB da cidade de Campo Grande, Mato Grosso do Sul
- Idade entre 10 e 17 anos

4.2.3 Critérios de Exclusão

- Discrepância no comprimento dos membros inferiores maior que 1,5 cm.
- Cirurgias prévias na coluna vertebral.
- Diagnóstico de doenças neurológicas que afetem o controle motor.
- Incapacidade de manter a posição em pé sem auxílio.
- Estar em tratamento corretivo para escoliose
- Escoliose Neuromuscular

5. Coleta de dados

5.1 Identificação:

Os participantes responderam a um questionário via Google Forms, incluindo informações sobre data de nascimento, sexo, menarca (para o gênero feminino), contato, nome e contato do responsável, além de histórico de doenças, cirurgias prévias e prática de atividade física.

5.2 Antropometria:

Foram coletados dados de peso e altura, percentual de gordura utilizando um plicômetro da marca CESCORF®, realizando medições de dobras cutâneas em meninas (tricipital e subescapular) e meninos (tricipital e subescapular), conforme metodologia de (GUEDES e GUEDES, 1997) livro pág. 65.

Fig.5 Coleta das dobras cutâneas tricipital



5.3 Avaliação do comprimento dos MMIs:

A avaliação do comprimento dos membros inferiores(MMIs), foi realizada com uma fita métrica da marca CESCORF®, medindo da espinha ílaca anterossuperior (ASIS) ao maléolo medial, conforme descrito por (SABHARWAL e KUMAR, 2008). (WOERMAN e BINDER-MACLEOD, 1984).

Fig.6 medida verdadeira do membro inferior

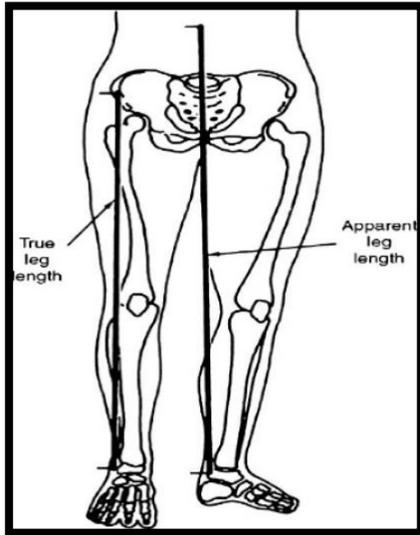


Fig.7 Foto da coleta da medida dos MMIs

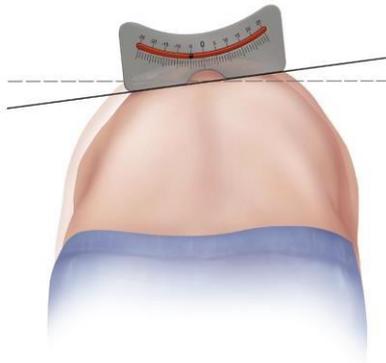


FONTE: (SABHARWAL e KUMAR, 2008)

5.4 FBT de Adams associado ao Escoliômetro:

Foi coletado o ângulo de rotação do tronco (ART) através da metodologia do FBT de Adams associado ao escoliômetro da marca Baseline- EUA. O voluntário que apresentou mais de uma gibosidade, para efeito de estatística, foi utilizada a maior medida, porém para efeitos clínicos foram anotadas as duas ou três.

Fig.8 coleta de ART via FBT + Escoliômetro



Fonte: (KUZNIA e colab., 2020)

5.5 Escaneamento 3D do tronco:

Antes das coletas foi realizado um treinamento prévio do escaneamento(Piloto), para os avaliadores.

Foi realizado com uma câmera de profundidade Structure Sensor de 3ª geração acoplada a um iPad de décima geração. Os indivíduos foram instruídos a utilizar bermuda (gênero masculino) e bermuda e top (gênero feminino), e a permanecerem na posição em pé, com um afastamento lateral das pernas em torno de 30cm, com os membros superiores em abdução de 45° graus, apoiados em bastões para diminuir a oscilação corporal. O avaliador circundou o avaliado em 360° capturando a imagem do torso do avaliado.

A coleta durou cerca de 2 minutos por avaliado, sendo escaneado somente o tronco do paciente, não havendo coleta do rosto, área do quadril ou dos membros inferiores dos participantes. (KOMEILI e colab., 2014)

Fig.9: Imagem do procedimento de escaneamento de tronco



5.6 Radiografias:

As radiografias foram realizadas na Clínica Dom Aquino – Rua Dom Aquino 1682 na cidade de Campo Grande – MS e custeadas pelo projeto. Foram realizados os RX AP e de perfil com os avaliados na posição ortostática em pé com posição dos braços semelhantes ao escaneamento de superfície que são ombros ligeiramente

relaxados e braços com leve curvatura de aproximadamente 60°, foram realizadas em até no máximo de 1 semana após a coleta de dados da topografia de superfície. As variáveis ângulo de Cobb escoliose, ângulo de Cobb cifose torácica e ângulo de Cobb lordose lombar foram calculados a partir de radiografia panorâmica vista posterior e lateral seguindo estritamente a metodologia preconizada por (COBB, 1948), na clínica e com 3 avaliadores residentes de ortopedia da faculdade de medicina da UFMS. O grau de maturidade óssea foi avaliado pelo método de Sanders (SANDERS e colab., 2008); (TROY e colab., 2019) a partir de radiografia simples do punho.

6. Tabulação e avaliação dos dados

Após o escaneamento, o modelo tridimensional do tronco foi tabulado e avaliado em 3 modos diferentes (Screening, AVT-3D e ART-3D), a partir dos dados gerados pelo sistema BackSCNR®.

6.1. Modo “Screening”:

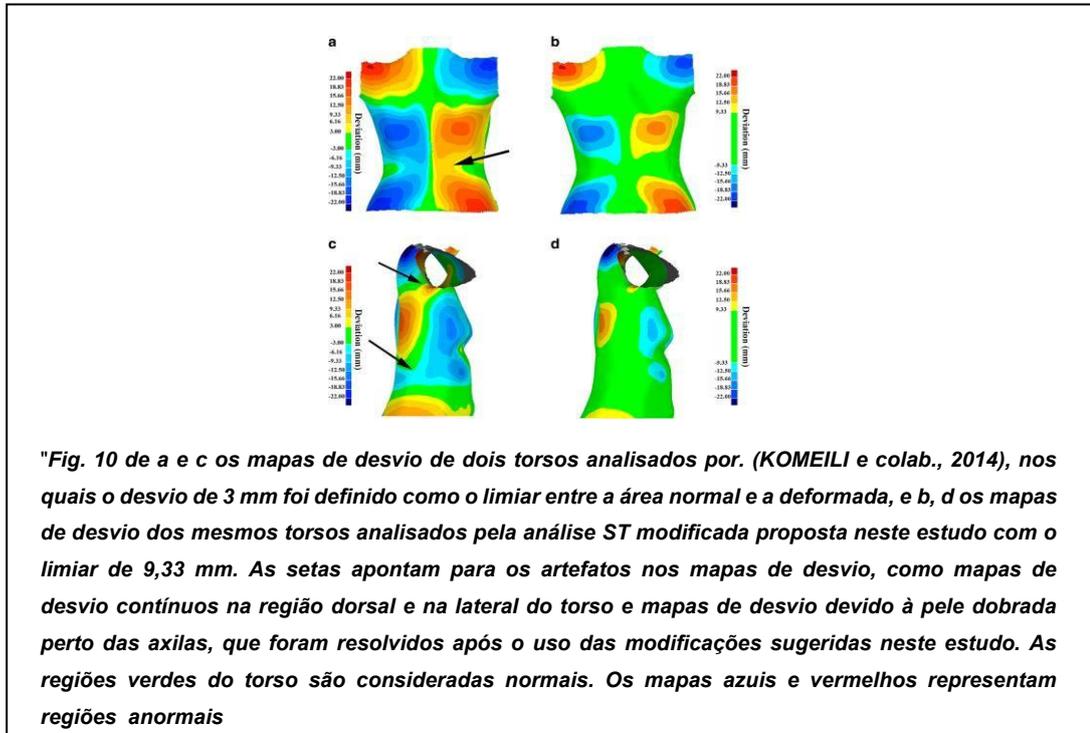
Os modelos 3D capturados foram analisados automaticamente pelo sistema BackSCNR® utilizando-se o modo Screening. Neste modo de análise, o sistema devolve um de dois possíveis resultados: positivo para escoliose ou negativo para escoliose (controle).

6.2 AVT-3D:

A análise visual das imagens de assimetria de tronco geradas pelo sistema BackSCNR® foi realizada por um avaliador cego em relação aos resultados do raio-x e buscou observar padrões que indicassem a presença ou não de assimetrias causadas pela escoliose. Foram observados os padrões de cores que indicassem assimetrias simples em ambos os lados do tronco (fig. 10^a) ou em padrões cruzados (gibosidades e depressões em lados opostos e alturas diferentes) (Fig.10b). Também foi levado em consideração a magnitude das assimetrias, considerando-se alterações maiores que 9,33mm como relevantes, de acordo com o trabalho de Maliheh Ghaneei,

(GHANEEI e colab., 2018); para tal, foi utilizado a barra de referência de cores disponível no sistema.

Fig. 10 Padrões de cores de Assimetria do Tronco

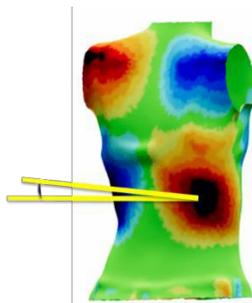


Fonte. (GHANEEI e colab., 2018)

6.3 ART-3D:

O cálculo do Ângulo de Rotação do Tronco 3D foi realizado por meio de dados das coordenadas (X, Y, Z) dos centroides das áreas de assimetria (patch) com maior desvio adjacentes em cada nível. O cálculo do ART-3D foi efetuado de acordo com a fórmula (2) $ART-3D = (DEGREES(ATAN(TAN(\Delta x/\Delta y))))$, que representa as relações trigonométricas de um triângulo retângulo para estimar a rotação no segmento.

Fig.11: Local do conjunto de patches com maior desvio



Fonte. Imagens geradas pelo sistema BackSCNR®

Para a análise de acurácia, os resultados obtidos pelas três metodologias foram transformados em variáveis dicotômicas: “1” (positivo para escoliose) e “0” (negativo para escoliose). Essa transformação permite a comparação de acurácia entre os resultados do BackSCNR® versus RX (ângulo de Cobb) e do escoliômetro versus RX (ângulo de Cobb).

7. Análise Estatística

Foi realizada análise descritiva dos questionários e avaliações antropométricas e os dados são apresentados em média e desvio padrão. Os cálculos foram realizados por meio de tabelas dinâmicas do Excel.

Todos os dados foram classificados dicotomicamente (S=1 Escoliose) e (N=0 Controle), não houve classificações indeterminadas e/ou ausentes.

Não foram coletados dados de diagnósticos alternativos (Cifose, Lordose), por não ser tema do estudo.

A concordância entre os métodos diagnósticos, comparados ao raio-x, foi realizada por meio do teste Kappa, utilizando-se os dados da matriz de confusão de cada método. O valor Z de Kappa foi classificado de fraco a quase perfeito conforme a tabela de Landis e Koch (apud Muñoz e Bangdiwala, 1997). Para os cálculos de concordância foi utilizado o software BioEstat® 5.0.

Quadro 1. Classificação do Teste Kappa de Landis e Koch

Estatística Kappa	Força de concordância
< 0	Fraco
0± 0,2	Leve
0,2± 0,4	Razoável
0,4± 0,6	Moderado
0,6± 0,8	Substancial
0,8± 1	Quase perfeito

FONTE: (MUÑOZ e BANGDIWALA, 1997).

A acurácia, sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo(VPP) e valor preditivo negativo (VPN) foram calculadas para cada um dos 4 métodos (BackSCNR screening, BackSCNR® AVT-3D, BackSCNR ART-3D e ART-ESC), em comparação com os resultados do raio-x (Cobb), de acordo com SITCH e colab.,(2021). As

fórmulas para os cálculos encontram-se abaixo. Os cálculos foram realizados por meio do software Excel.

7.1. Fórmulas para tratamento de cálculo de Acurácia Diagnóstica (3)

Sensibilidade = Verdadeiros Positivos (VP) / (Verdadeiros Positivos (VP) + Falsos Negativos (FN));

Especificidade = Verdadeiros Negativos (VN) / (Verdadeiros Negativos (VN) + Falsos Positivos (FP));

VPP = Verdadeiros Positivos (VP) / (Verdadeiros Positivos (VP) + Falsos Positivos (FP));

VPN = Verdadeiros Negativos (VN) / (Verdadeiros Negativos (VN) + Falsos Negativos (FN))

Acurácia = $(VP + VN) / (VP + FP + FN + VN)$

Para avaliar o risco de viés, foi utilizada a curva ROC (Receiver Operating Characteristic) e a área sob a curva (AUC), que resumem o desempenho do teste diagnóstico (SITCH e colab., 2021). Foi também calculado Likelihood ratio ou verossimilhança para cada um dos métodos analisados. Para estas análises foi utilizado o software estatístico MedCalc® versão 23.2.1. Foi utilizada para classificação das análises, a tabela de classificação da Curva ROC e AUC preconizada por ÇORBACIOĞLU e AKSEL, (2023).

Tabela 1: Area under the curve (AUC) valores e interpretação

AUC valores	Sugestão de Interpretação
≥ 9	Quase perfeito
$8 \geq 9$	Excelente
$7 \geq 8$	Aceitável
$6 \geq 7$	Pobre
$5 \geq 6$	Ruim

AUC Area sob a Curva

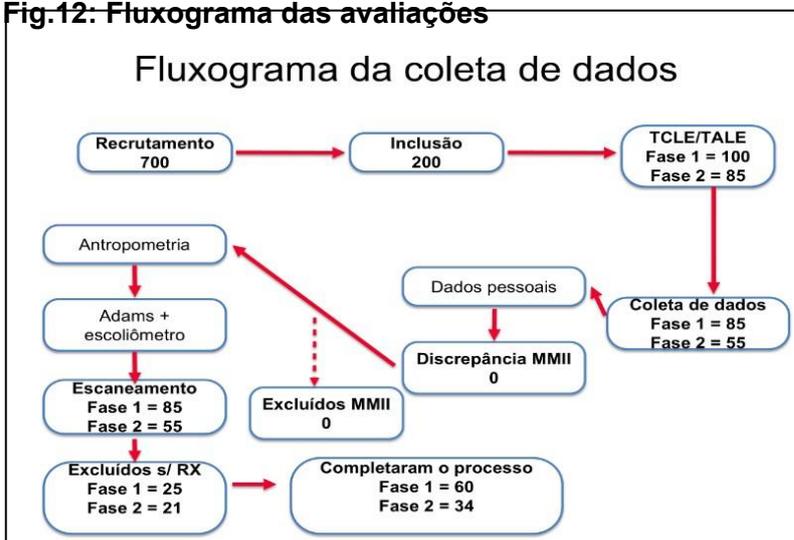
Fonte: (ÇORBACIOĞLU e AKSEL, 2023)

8. RESULTADOS

8.1 Caracterização da Amostra

Dos 700 alunos elegíveis, 500 não demonstraram interesse, 200 preencheram os critérios de inclusão e foram incluídos no estudo. Destes, 185 preencheram o TCLE/TALE. Foram necessárias duas fases de recrutamento para que se completasse o número amostral necessário. Foi iniciada a coleta de 140 sujeitos, entretanto, 94 terminaram todo o processo de avaliação (Figura 12).

Fig.12: Fluxograma das avaliações



A amostra estudada consistiu em 94 jovens, sendo 46 do sexo masculino e 48 do sexo feminino, com idades variando entre 10 e 17 anos, idade média: $13,6 \pm 2$ anos, meninos $13,4 \pm 1,9$ anos e meninas $13,7 \pm 2,1$ anos, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Dados antropométricos médios distribuído por sexo

Sexo	fr	Idade	Altura	Peso	IMC	%Gord	MMII
Meninos μ	46	13.5 anos	1.56 cm	51.67 kg	20.09	20.37%	97.13 cm
Meninas μ	48	13.7 anos	1.57 cm	51.20 kg	20.57	22.18%	96.04 cm
Total	94	13.6 anos	1.58 cm	51.43 kg	20.32	21.29%	96.55 cm

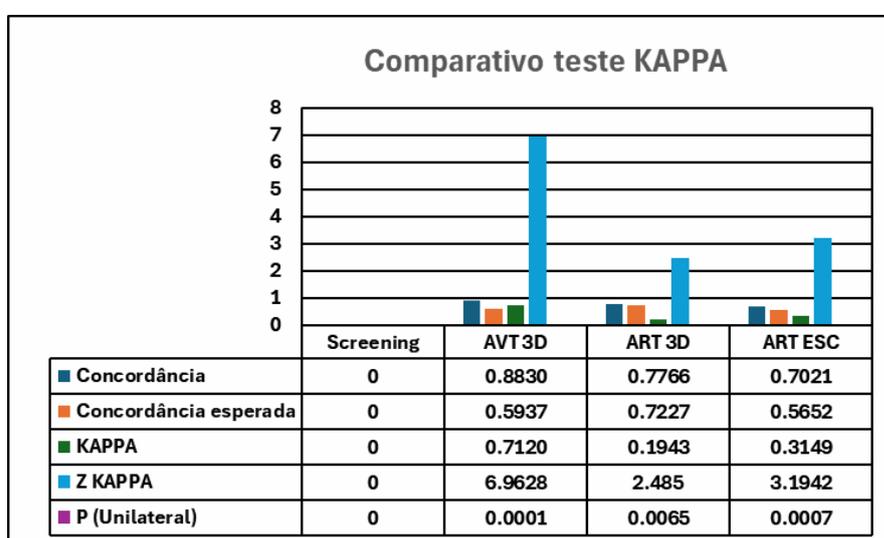
FONTE: Tabela de dados coletados pelo autor no Colégio Militar de Campo Grande 2025.

Legenda: (f) frequência, (IMC) Índice de Massa Corporal, μ MMII Média de comprimento de Membros Inferiores.

8.2 Coeficiente Kappa e Grau de Concordância e validação dos dados

O método AVT-3D obteve a melhor performance dentre os avaliados (Kappa = 0,7120), com o maior índice de concordância (Z Kappa = 6,9628; p = 0,0001), seguido pelo ART-ESC (Kappa = 0,3149; Z Kappa = 3,1942; p = 0,0007) e pelo ART-3D (Kappa = 0,1943), com concordância fraca. O sistema BackSCNR não obteve dados para concordância ou cálculo de Kappa devido a ter 2 valores igual a “0” (Zero), VP = 0 e FP = 0 (Figura 14).

Fig.13: Gráfico comparativo dos resultados teste Kappa



Fonte: próprio autor

Os resultados demonstram que o método BackSCNR® AVT 3D apresentou as melhores métricas de desempenho geral, com uma alta sensibilidade de 87,50% e especificidade de 88,57%, resultando em uma acurácia de 88,30%. Esses valores refletem um balanço robusto entre a identificação correta de condições presentes (sensibilidade) e a exclusão de condições ausentes (especificidade). O PPV de 72,41% e o NPV de 95,38% reforçam a capacidade deste teste em prever diagnósticos corretos, enquanto o índice LR+ de aproximadamente 7,656 e LR- de 0,141 indicam um relevante incremento na probabilidade pós-teste em pacientes positivos. O AUC de 0,880, com IC 95% de 0,797 a 0,938, sugere excelente desempenho discriminativo. A significância estatística foi robusta, com $p < 0,0001$.

Já no método BackSCNR® Screening, observou-se uma sensibilidade de 0%, apesar da especificidade de 100%. Isso gerou uma acurácia de 74,47%, todavia, a ausência de identificação de casos positivos inviabiliza o uso clínico deste método, como evidenciado pelo PPV de 0% e pelo LR+ aproximado de 0. A AUC foi de 0,500, indicando desempenho aleatório, e o IC 95% (-0,395 a 0,605) revelou ampla imprecisão. Este método apresentou sem significância estatística com $p = 1,000$.

O método BackSCNR® ART 3D alcançou uma sensibilidade de 25%, especificidade de 100% e acurácia de 77,66%. Embora a especificidade seja máxima, a baixa sensibilidade limita sua ampla aplicabilidade, sendo refletida por um PPV de 66,67% e NPV de 78,41%. A razão de verossimilhança positiva (LR+ = 6,174) demonstrou moderada utilidade clínica, enquanto o LR- de 0,850 indicou uma redução limitada na probabilidade de diagnóstico negativo. O AUC foi de 0,625, com intervalo de confiança de 0,519 a 0,723, e um p-valor significativo ($p < 0,0056$).

Por fim, o método ART ESC apresentou sensibilidade de 65,22%, especificidade de 71,83% e acurácia de 70,21%. O desempenho foi intermediário, com PPV de 42,86% e NPV de 86,44%. Apesar da razão LR+ de apenas 2,315, indicando fraco impacto diagnóstico, o método demonstrou AUC de 0,698 (IC 95%: 0,594 a 0,788) e significância estatística ($p < 0,0020$).

A Tabela 3 apresenta os dados comparativos entre os métodos para acurácia, sensibilidade, especificidade, PPV, NPV, L+, L- e AUC.

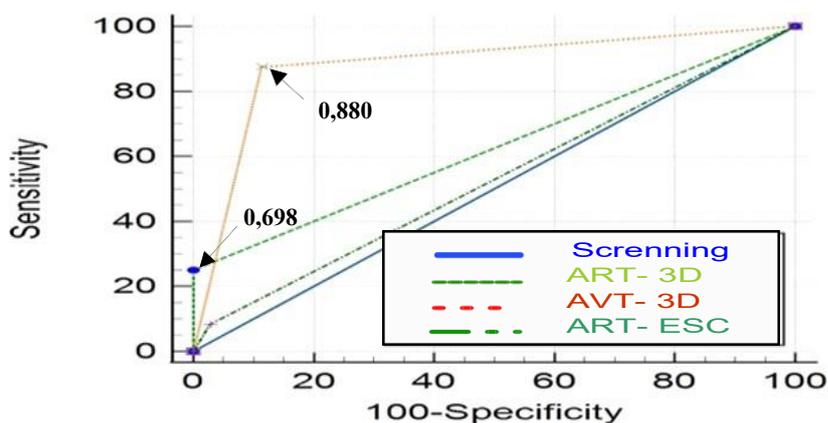
Tabela 3. Dados Estatísticos de Acurácia e curva Roc

Teste	AVT 3D	BackSCNR®	ART 3D	ART ESC
Sensibilidade	87.50%	0.00%	25%	65.22%
Especificidade	88.57%	100%	100%	71.83%
Acurácia	88.30%	74.47%	77.66%	70.21%
PPV	72.41%	0.00%	66.67%	42.86%
NPV	95.38%	74.47%	78.41%	86.44%
LR+	≈7.656	≈0.000	≈6.174	≈2.315
LR-	≈0.141	≈1.000	≈0.850	≈0.484
AUC	0.880	0.500	0.625	0.698
p_valor	< 0.0001	1.000	< 0.0056	< 0.0020
z	8.457	0.000	2.769	3.091
Interv. Conf. 95%	0.797 – 0.938	-0.395 – 0.605	0.519 – 0.723	0.594 – 0.788

Parâmetros: Sensibilidade, Especificidade, valor preditivo positivo (PPV), valor preditivo negativo (NPV), verossimilhança positiva (L+) e verossimilhança negativa (L-), (SITCH e colab., 2021), Área sob a Curva(AUC), p-valor, confiança Z. FONTE: Dados coletados pelo autor e tratados estatisticamente no software MedCalc®.

A Figura 14 apresenta os resultados da curva ROC pra os diversos métodos testados.

Fig.14: Gráfico da curva ROC comparativa dos métodos



FONTE: Imagem realizada através do software MedCalc®.

8.3 Comparação da acurácia diagnóstica, sensibilidade e especificidade dos métodos BackSCNR, AVT-3D , ART-3D quando comparados ao raio-x

8.3.1. Acurácia Diagnóstica

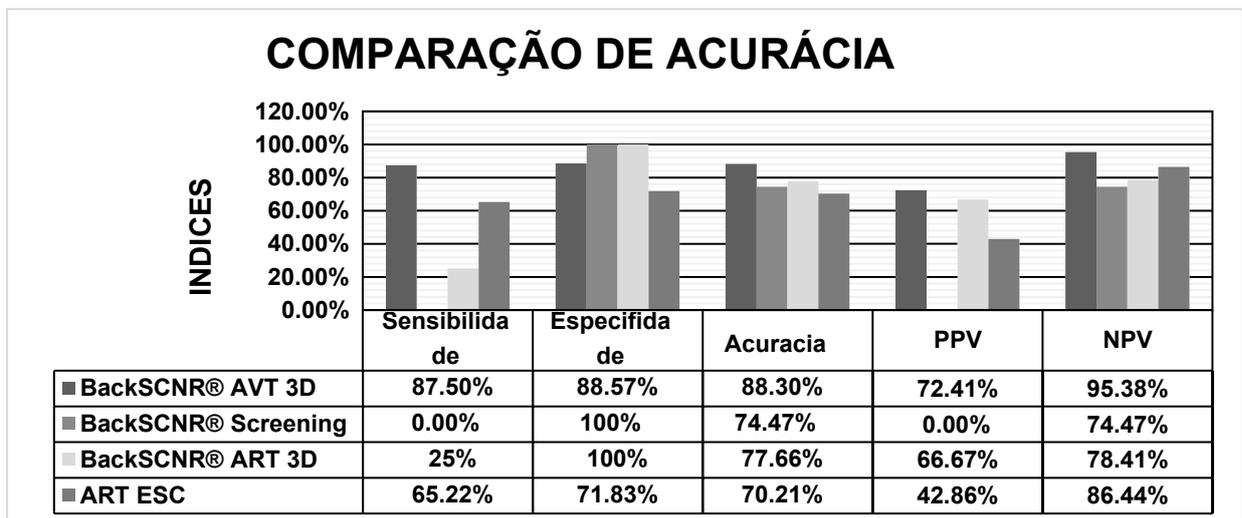
Fig.15 Matriz de confusão de todos os modos BackSCNR® e ART- ESC

		AVT 3D					ART 3D		
		Positivo	Negativo	Total			Positivo	Negativo	Total
RX	Positivo	VP 21	FN 03	24	RX	Positivo	VP 04	FN 20	24
	Negativo	FP 08	VN 62	70		Negativo	FP 02	VN 68	70
	Total	29	65	94		Total	6	88	94

		BackSCNR					ART - ESC		
		Positivo	Negativo	Total			Positivo	Negativo	Total
RX	Positivo	VP 00	FN 24	24	RX	Positivo	VP 07	FN 17	24
	Negativo	FP 00	VN 70	70		Negativo	FP 28	VN 42	70
	Total	00	94	94		Total	35	59	94

Parâmetros: (VP) Verdadeiro Positivo, (FN) Falso Negativo, (FP) Falso Positivo e (VN) Verdadeiro Negativo. Fonte: Tabela de dados coletados pelo autor no Colégio Militar de Campo Grande 2025, software Excel.

Fig.16: Comparação de Acurácia Diagnostica entre os métodos avaliados.

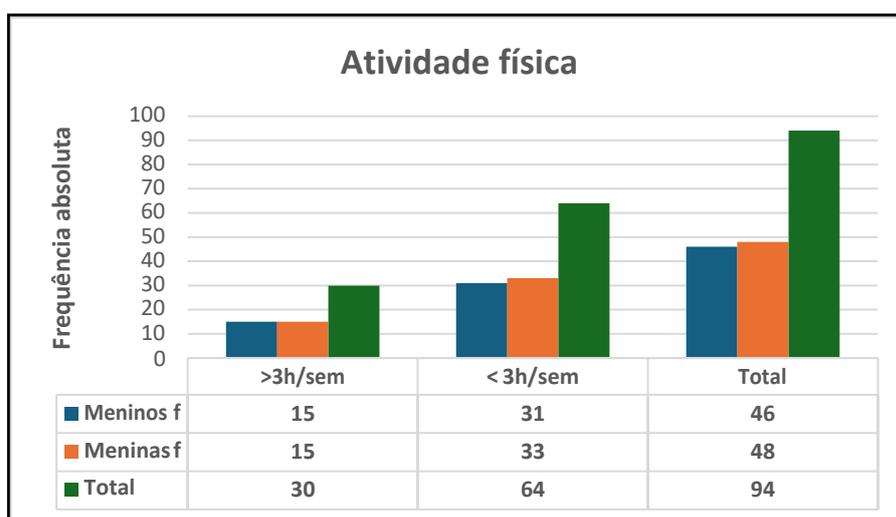


Parâmetros: Sensibilidade, Especificidade, valor preditivo positivo (PPV), valor preditivo negativo (NPV), (SITCH e colab., 2021). FONTE: Tabela de dados coletados pelo autor no Colégio Militar de Campo Grande 2025, software Excel.

8.4 Prevalência de Escoliose na prática esportiva regular

Trinta participantes (31,9%) eram praticantes de atividade física regular (>3 horas/semana), sendo 15 masculinos e 15 femininos; e 64 praticavam atividade física por menos de 3 horas/semana, sendo 31 do gênero masculino e 33 do feminino (Figura 13).

FIG.17: Gráfico de frequência absoluta da prática de atividade física



FONTE: Tabela de dados coletados pelo autor no Colégio Militar de Campo Grande 2025

O ângulo de rotação de tronco médio pelo escoliômetro a partir do FBT Adams, apresentou uma variação de 0,0° a 8,0° graus nos participantes do sexo masculino e de 0,0° a 12,0° graus nas participantes do sexo feminino, com uma média geral de 3,8° ± 2,5° graus. O ângulo de Cobb no plano frontal obtido por meio do raio-x AP resultaram em uma variação de 0,0° a 26,7° para o sexo feminino e de 0° a 13,1° graus para o sexo masculino, valor médio de 3,1° ± 4,7° graus para os participantes do sexo masculino e de 6,7° ± 8,5° graus para os participantes do sexo feminino, com uma média total de 4,9° ± 7,1° graus.

A avaliação pelo ângulo de Cobb, utilizada como padrão ouro de referência, identificou 24 (25,5%) casos positivos para Escoliose Idiopática (ângulos ≥ 10° graus), sendo 7 em participantes do sexo masculino (15,2%) e 17 em participantes do sexo

feminino (35,4%). Os níveis de escoliose apresentados na amostra foram: Leve(Cobb <20°) 19, moderado(Cobb =20° < 35°) 5, também por localização foram distribuídos da seguinte maneira: 09 localizados na Lombar e 08 Tóraco Lombar e 7 torácica.

Da incidência total de escoliose na amostra relatada acima que foi de 24 casos ficou assim distribuída: No gênero masculino, 7 casos, dos quais 3 pertenciam ao grupo de atividade física regular e 4 ao grupo de atividade física menos intensa. No gênero feminino, observaram-se 17 casos, com 5 no grupo de atividade física regular e 12 no grupo de atividade física menos intensa.

A prevalência de 25% na amostra estudada mostrou-se superior à encontrada na literatura, que varia de 0,93% a 12% (BURWELL, DANGERFIELD, MOULTON e CHENG, 2013; NEGRINI e colab., 2018). No modo de triagem, o sistema BackSCNR® não identificou nenhum caso positivo (Sensibilidade = 0), porém identificou corretamente todos os casos negativos (Especificidade = 100%).

A análise da prevalência de escoliose revelou que entre os praticantes de atividade física regular: Prevalência geral: 8,51% (8/94); Gênero masculino: 6,52% (3/46); Gênero feminino: 10,41% (5/48).

Entre os praticantes de atividade física menos intensa: Prevalência geral: 17,02% (16/94); Gênero masculino: 8,69% (4/46), Gênero feminino: 25% (12/48), Estes resultados sugerem uma variação na prevalência de escoliose entre os grupos estudados, com diferenças notáveis entre os gêneros e níveis de atividade física.

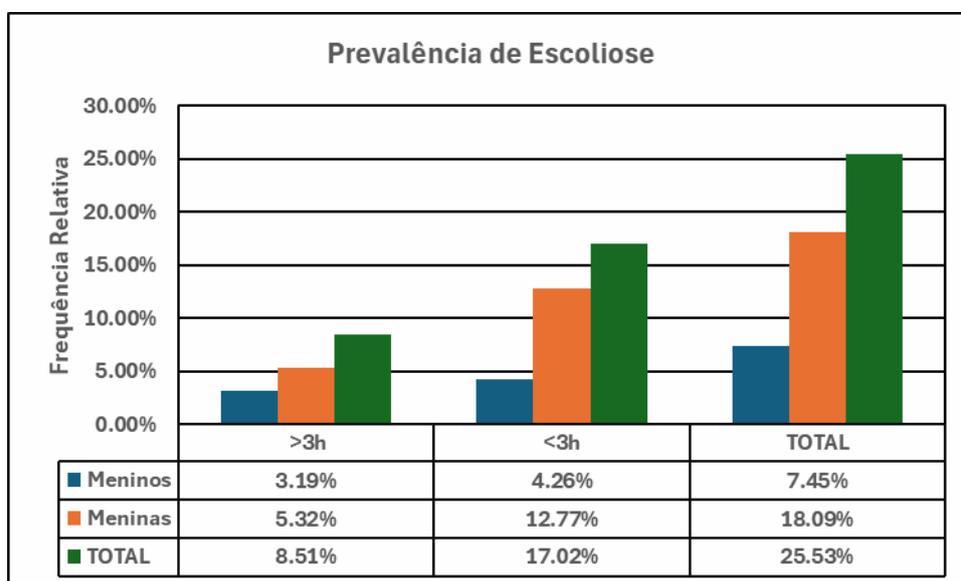
Tabela 5. Frequência absoluta da prevalência de Escoliose na prática de Atividade Física.

Escoliose	>3h	<3h	TOTAL
Meninos	3	4	7
Meninas	5	12	17
TOTAL	8	16	24

Parâmetros coletados das respostas do Google Forms e correlacionados ao diagnóstico positivo de Escoliose pelo padrão ouro. Legenda: (> 3h/sem) atividade regular, (< 3h/sem)

atividade menos intensa. FONTE: Tabela de dados coletados pelo autor no Colégio Militar de Campo Grande 2025

Fig.18: Gráfico de prevalência de Escoliose na prática de Atividade Física.



Frequência relativa ao total das amostras, correlações de respostas no Google Forms e diagnóstico de Escoliose.

Legenda: (> 3h/sem) atividade regular, (< 3h/sem) atividade menos intensa.

FONTE: Tabela de dados coletados pelo autor no Colégio Militar de Campo Grande 2025.

9. DISCUSSÃO

Os resultados do estudo demonstraram que o método AVT-3D apresentou o melhor desempenho geral dentre os métodos avaliados, com alta sensibilidade (87,50%), especificidade (88,57%) e acurácia (88,30%), seguido pelo ART-3D e ART-ESC. Em contrapartida, o modo screening do BackSCNR® não identificou nenhum caso positivo (sensibilidade de 0%), o que pode inviabilizar seu uso clínico para identificação de escoliose, em especial de casos leves.

O método AVT-3D é composto pela análise visual, por um examinador treinado, do mapa de assimetria colorido do tronco após a análise pelo sistema BackSCNR. Este mapa contém informação visual, separado por cores e suas intensidades, sendo as cores quentes que identificam gibosidades e as frias, depressões. Além disso, informações sobre área, volume, desvio máximo e lateralização dessas assimetrias em relação ao plano mediano também estão disponíveis para o avaliador. Por outro lado, o método ART-3D utiliza-se da posição (centroide) do principal par de assimetrias de tronco para calcular a rotação deste segmento em relação à região do

quadril. O grau identificado pelo método ART-3D relaciona-se, portanto, à rotação deste segmento no plano transversal, medido na posição em pé. Por último, a avaliação pelo escoliômetro avalia também a maior rotação de um segmento do tronco, porém durante o teste de flexão anterior. Analisam, portanto, três repercussões distintas de uma deformidade que é tridimensional.

Os valores de sensibilidade, especificidade e acurácia atingidos pelo método visual (AVT-3D) iguala ou supera outros estudos que também utilizam a topografia de tronco (WANG e colab., 2021b; YAHARA e colab., 2022; YAN e colab., 2020), sugerindo-o como uma alternativa à métodos que utilizam o escoliômetro ou Inteligência Artificial na detecção precoce de escoliose. Importante enfatizar que nossa amostra era composta, em sua maioria por casos leves, e alguns limítrofes (perto de 10 graus), o que poderia dificultar ainda mais a detecção por outros métodos. Um ponto positivo de nosso estudo a ser considerado, foi que todos os resultados foram comparados ao raio-x, padrão-ouro para diagnóstico de casos de escoliose.

Os resultados superiores encontrados para o AVT-3D sugerem que a análise visual pode beneficiar o rastreamento por permitir uma avaliação mais holística das características do tronco, incluindo a presença de desnível de ombros, alterações de rotação no quadril e o comparativo bilateral do ângulo de Talles. Estas informações, somadas ao mapa de assimetria colorido (fig.4 e 10) gerado pelo BackSCNR permite a adição de mais uma camada de informações para a tomada de decisão clínica, o que pode facilitar a correta identificação dos casos positivos na amostra estudada, mesmo aqueles limítrofes ou com rotações lombares. No entanto, é crucial reconhecer que a AVT-3D é subjetiva e depende da experiência e habilidade do avaliador na análise das imagens.

Yan 2020, utilizou informações diversas sobre a análise visual da topografia da face posterior do tronco, como curvaturas no plano sagital, desnivelamento de ombros e quadril, e dados do teste FBT somados ao escoliômetro para construir uma fórmula de regressão para a predição de escoliose em uma amostra de 1700 crianças. Apesar da abordagem holística e de uma boa amostra populacional, seus modelos atingiram valores de sensibilidade, especificidade e acurácia consideravelmente abaixo dos encontrados em nosso estudo (83%, 82%, 83%). A diferença entre os métodos está no fato de que somente em nosso estudo os dados visuais do mapa de assimetria

estavam disponíveis. Estas imagens podem ser um auxílio importante para destacar áreas de interesse e aumentar a detecção de casos positivos.

SATO e colab.,(2020), investigaram a aplicação da metodologia de topografia de Moiré utilizando uma câmera Kinect 3D, abordagem que denominaram de Moiré Digital (DM), para a triagem de escoliose. O estudo envolveu uma coorte de 126 jovens e adolescentes, compreendendo 18 meninos e 108 meninas, todos identificados com EIA e classificou os participantes em três categorias distintas com base nos resultados da triagem: Normal, Retorno em 1 ano para acompanhamento, e Mais Exames para investigação adicional.

Os resultados reportados por Sato (2020) para a performance do método DM foram: uma Área Sob a Curva (AUC) de 0,76, indicando uma capacidade discriminatória moderada do modelo; uma Sensibilidade de 98%, demonstrando uma alta capacidade de identificar corretamente os casos que necessitavam de acompanhamento ou exames adicionais (minimiza falsos negativos); e uma Especificidade de 53%, revelando uma capacidade limitada de identificar corretamente os indivíduos normais (resultando em muitos falsos positivos). A partir da especificidade, deriva-se uma taxa de Falsos Positivos (False Positive Rate - FPR) de 47% (100% - 53%). Estes dados de performance, particularmente a alta taxa de falsos positivos (47%), indicam um risco significativo de viés no processo de triagem.

Em contraste, nosso estudo buscou otimizar o desempenho da triagem, apresentando um equilíbrio mais favorável entre a sensibilidade e a especificidade. Este balanço é crucial em programas de triagem populacional para garantir que a maioria dos casos seja detectada (alta sensibilidade) sem sobrecarregar o sistema de saúde com um excesso de encaminhamentos desnecessários (alta especificidade e baixo FPR).

KOKABU e colab.,(2021), utilizando-se da avaliação de topografia por um sensor de profundidade em 170 indivíduos (Xtion Pro Live, ASUSTeK Computer Inc. Taipei, Republic of China), encontrou resultados superiores aos do nosso estudo, com sensibilidade de 99%, acurácia de 94% e AUC = 0,97. Entretanto, diferentemente do

nosso estudo, a especificidade encontrada por KOKABU (2021) foi de 42%, indicando a grande possibilidade de falsos positivos. Além disso, o equipamento utilizado não é portátil, dificultando o seu uso em ambiente externo ao laboratório. Por outro lado, o modo AVT-3D se apresenta como uma excelente opção para a triagem inicial de EIA, já que pode ser utilizado com um Ipad ou um celular acoplado a uma câmera “Structure Sensor” não necessitando de ambientes tão controlados, podendo ser usado diretamente em qualquer espaço físico.

Estudos utilizando Inteligência Artificial (IA) e topografia de superfície do tronco para o rastreamento da escoliose apresentaram resultados variados. Mohamed (2025) analisou uma amostra de 995 indivíduos, sendo 697 com escoliose e 298 sem. Foram utilizados dados de 796 indivíduos para o treinamento do modelo (558 com escoliose, 238 sem) e 199 para teste (139 com EIA, 60 controles). A prevalência de EIA na amostra foi de 70%. Embora o modelo de IA tenha sido altamente otimizado para detectar padrões de assimetria em condições de laboratório, ele foi treinado predominantemente com amostras de indivíduos com EIA ($\geq 10^\circ$ Cobb) e FBT + escoliômetro $> 7^\circ$. Isso contrasta com a prevalência na população geral, que varia entre 0,93% e 12% (NEGRINI e colab., 2018; BURWELL, DANGERFIELD, MOULTON e CHENG, 2013;), limitando a capacidade de generalização do modelo em ambientes de campo.

Em nosso estudo, a maioria dos indivíduos (75%) não apresentava EIA ou possuía graus mais leves, diferentemente da amostra utilizada por Nada (2025). Acreditamos que isso pode ter levado o modelo de IA a estabelecer um limiar mais alto, dificultando a detecção de casos mais leves próximos ao limite de 10 graus de Cobb.

Embora o estudo de Mohamed (2025) mencione o uso de validação cruzada e aumento de dados para mitigar overfitting, não há uma análise detalhada do impacto dessas técnicas nos resultados. A baixa variabilidade dos dados utilizados por Nada (2025) para treinamento e validação pode resultar em alta acurácia, mas pouco representativa de amostras do mundo real

Por outro lado o BackSCNR® screening no estudo realizado por Nada Mohamed (2025), mostra em primeiro lugar que o estudo se concentrou principalmente na análise da superfície da região dorsal acima da crista ilíaca, o que pode limitar a detecção de escolioses lombares que envolvem curvaturas mais baixas na coluna vertebral. A exclusão da pelve nos dados implica que a rotação da pelve, frequentemente observada em indivíduos com AIS, não foi contabilizada.

A maioria dos casos encontrado em nosso estudo (total 24), foram assim distribuídos: 09 localizados na Lombar e 08 Tóraco Lombar (onde as curvaturas são mais sutis) e de mais difícil detecção por apresentar menores alterações na topografia decorrentes da rotação vertebra, os casos de Escoliose torácica são sete, seis de 10,2° a 15° e apenas um com 20°.

A detecção precoce da escoliose é uma prioridade enfatizada pelas diretrizes da SOSORT (GRIVAS e colab., 2007; NEGRINI e colab., 2018), ressaltando a necessidade crucial de intervenções oportunas para prevenir a progressão da deformidade (WANG e colab., 2021c). A validação e o teste de novos métodos, como os apresentados neste estudo, podem facilitar a adoção de programas de rastreamento por governos e/ou facilitar a avaliação por famílias, professores e outros sujeitos fora da área da saúde.

Este estudo também teve por objetivo específico verificar a prevalência de escoliose em praticantes e não praticantes de atividades esportivas regulares (mais de 3 horas semanais). Nossa análise revelou que a prevalência de escoliose foi de 8,51% entre os praticantes de atividade física regular e de 17,02% entre os praticantes de atividade física menos intensa.

A prevalência de escoliose em nossa amostra (25%) mostrou-se superior à relatada na literatura (0,93% a 12%), como indicado por (NEGRINI e colab., 2018; CHENG e colab., 2015; MOULTON e CHENG, 2013; BURWELL e colab., 1983). Esta disparidade pode ser atribuída a características específicas da amostragem por conveniência estudada, ter uma maior procura dos alunos que ou sabiam e/ou suspeitavam de ter o diagnóstico positivo previamente.

A análise estratificada por sexo revelou que, entre os meninos, a prevalência de escoliose foi de 3,19% no grupo de atividade física regular e de 4,25% no grupo de atividade física menos intensa. Entre as meninas, a prevalência foi de 5,31% no grupo de atividade física regular e de 12,76% no grupo de atividade física menos intensa.

Os resultados sugerem que a prática de atividade física regular pode estar associada a uma menor prevalência de escoliose (NEWMAN e colab., 2023), e que a associação entre atividade física e escoliose pode ser diferente em meninos e meninas. No entanto, é importante ressaltar que este estudo não teve como objetivo principal procurar uma relação de causa e efeito, correlação pelo tipo de esporte (esportes assimétricos vs. Simétricos), a intensidade, a duração exata da prática, fatores socioeconômicos ou genéticos, esportes simétricos ou assimétricos, como tênis ou golfe, que podem impor cargas desiguais na coluna vertebral, potencialmente influenciando o desenvolvimento da escoliose (QI e colab., 2023).

Este estudo apresenta limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. A amostragem por conveniência ficou restrita a alunos de um único sistema escolar, pode limitar a generalização dos achados para outras populações. Ademais, o desenho transversal do estudo impossibilita a determinação de relações causais entre a prática de atividade física e a prevalência de escoliose. Futuras investigações devem abordar essas questões com amostras mais amplas e desenhos longitudinais.

Implicações clínicas

Posicionando-se como uma ferramenta promissora para reduzir a dependência de radiografias para triagem e monitoramento, minimizando a exposição à radiação ionizante em uma população vulnerável.

Mudança nos Protocolos de Triagem: O AVT-3D, com sua capacidade discriminatória superior, pode ser integrado como uma ferramenta de triagem de mais precisa, reduzindo o número de radiografias de confirmação para casos realmente suspeitos.

Otimização do Fluxo de Atendimento: Ao identificar com maior precisão os adolescentes com EIA, o AVT-3D pode otimizar o fluxo de encaminhamento para especialistas, garantindo que os recursos médicos sejam direcionados aos pacientes que mais necessitam de intervenção, enquanto aqueles com resultados negativos confiáveis podem ser tranquilizados e monitorados de forma menos

invasiva.

Detecção Precoce e Intervenção Oportuna: o AVT-3D pode facilitar a identificação de casos em estágios iniciais, permitindo intervenções conservadoras (como fisioterapia e órteses) antes que a deformidade se agrave, potencialmente evitando a necessidade de cirurgias mais complexas.

Vantagens Potenciais do Método Proposto em Relação às Práticas Clínicas Atuais

A principal e mais impactante vantagem do AVT-3D reside na eliminação ou substancial redução da exposição à radiação ionizante, um fator crítico na população pediátrica e adolescente.

10 CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram um desempenho superior do AVT-3D em relação aos outros métodos de avaliação. A alta sensibilidade e especificidade sugerem que a análise visual do tronco é uma ferramenta promissora para o diagnóstico de escoliose no contexto escolar. O NPV elevado indica que, quando o teste é negativo, a probabilidade de o indivíduo não ter escoliose é muito alta. A comparação com a literatura é desafiadora devido à escassez de estudos que avaliem especificamente a análise visual do tronco-3D como método diagnóstico para escoliose. No entanto, os resultados obtidos são comparáveis aos de outros métodos de avaliação clínica.

11 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ADOBOR, Raphael D. e colab. **School screening and point prevalence of adolescent idiopathic scoliosis in 4000 Norwegian children aged 12 years**. *Scoliosis*, v. 6, n. 1, p. 1–7, 2011.
- ANWAR, Syed Muhammad e colab. **Medical Image Analysis using Convolutional Neural Networks: A Review**. *Journal of Medical Systems*, v. 42, n. 11, p. 1–13, 2018.
- BEAUSÉJOUR, Marie e colab. **The effectiveness of scoliosis screening programs: Methods for systematic review and expert panel recommendations formulation**. *Scoliosis*, v. 8, n. 1, p. 1–10, 2013.
- BERRYMAN, Fiona e colab. **A new system for measuring three-dimensional back shape in scoliosis**. *European Spine Journal*, v. 17, n. 5, p. 663–672, 2008.
- BROOKS, H L e colab. **Scoliosis: A prospective epidemiological study**. *JBJS*, v. 57, n. 7, 1975. Disponível em:
<https://journals.lww.com/jbjsjournal/fulltext/1975/57070/scoliosis_a_prospective_epidemiological_study.15.aspx>.
- BURWELL, DANGERFIELD, MOULTON, Grivas and e CHENG. **Whither the etiopathogenesis (and scoliogeny) of AIS**. *Scoliosis*, n. 8:4, p. 1–18, 2013.
- BURWELL, R G e colab. **Standardised trunk asymmetry scores. A study of back contour in healthy school children**. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, v. 65, n. 4, p. 452–463, Ago 1983.
- CHEN, Peiji e colab. **Computerized-Assisted Scoliosis Diagnosis Based on Faster R-CNN and ResNet for the Classification of Spine X-Ray Images**. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, v. 2022, 2022.

- CHENG, Jack C e colab. **Adolescent idiopathic scoliosis**. Nature reviews. Disease primers, v. 1, p. 15030, Set 2015.
- CHOWANSKA, Joanna e colab. **School screening for scoliosis: Can surface topography replace examination with scoliometer?** Scoliosis, v. 7, n. 1, p. 1–7, 2012.
- COBB, J R. **Outline for the study of scoliosis**. Instructional course lecture, 1948.
- COELHO, Daniel M. e BONAGAMBA, Guilherme H. e OLIVEIRA, Anamaria S. **Scoliometer measurements of patients with idiopathic scoliosis**. Brazilian Journal of Physical Therapy, v. 17, n. 2, p. 179–184, 2013.
- COHEN, Jérémie F. e colab. **STARD 2015 guidelines for reporting diagnostic accuracy studies: Explanation and elaboration**. BMJ Open, v. 6, n. 11, p. 1–17, 2016.
- ÇORBACIOĞLU, Şeref Kerem e AKSEL, Gökhan. **Receiver operating characteristic curve analysis in diagnostic accuracy studies: A guide to interpreting the area under the curve value**. Turkish Journal of Emergency Medicine, v. 23, n. 4, p. 195–198, 2023.
- CÔTÉ, Pierre e colab. **A study of the diagnostic accuracy and reliability of the scoliometer and Adam's forward bend test**. Spine. [S.l.: s.n.], 1998
- DUNN, John e colab. **Screening for adolescent idiopathic scoliosis evidence report and systematic review for the US preventive services task force**. JAMA - Journal of the American Medical Association, v. 319, n. 2, p. 173–187, 2018.
- EMRANI, Mahdieh e colab. **Surface reconstruction of torsos with and without scoliosis**. Journal of Biomechanics, v. 42, n. 13, p. 2200–2204, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2009.06.048>>.
- GHANEEI, Maliheh e colab. **3D Markerless asymmetry analysis in the management of adolescent idiopathic scoliosis**. BMC Musculoskeletal Disorders, v. 19, n. 1, p. 1–10, 2018.
- GIVLER, Donald N e GIVLER, Amy. Health Screening. Treasure Island (FL): [s.n.], 2024. .
- GOODFELLOW, Ian J. e COURVILLE, Aaron e BENGIO, Yoshua. **Scaling up spike-and-slab models for unsupervised feature learning**. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, v. 35, n. 8, p. 1902–1914, 2013.
- GRIVAS, Theodoros B. e colab. **Association between adolescent idiopathic scoliosis prevalence and age at menarche in different geographic latitudes**. Scoliosis, v. 1, n. 1, p. 1–12, 2006.
- GRIVAS, Theodoros B. e colab. **SOSORT consensus paper: School screening for scoliosis. Where are we today?** Scoliosis, v. 2, n. 1, p. 1–23, 2007.
- GROOT, Olivier Q e colab. **Does Arti fi cial Intelligence Outperform Natural Intelligence in Interpreting Musculoskeletal Radiological Studies ? A Systematic Review**. p. 2751–2764, 2020.

- GUEDES, Dartagnan Pinto e GUEDES, Joana Elisabete Ribeiro Pinto. **Crescimento, composição corporal e desempenho motor de crianças e adolescentes**. São Paulo: CLR Balieiro, 1997.
- HAWES, Martha C. e WEINSTEIN, Stuart L. **Health and Function of Patients with Untreated Idiopathic Scoliosis [2] (multiple letters)**. *Jama*, v. 289, n. 20, p. 2644–2645, 2003.
- HE, Jia Wei e colab. **Accuracy and repeatability of a new method for measuring scoliosis curvature**. *Spine*, v. 34, n. 9, p. 323–329, 2009.
- HEDDEN, Douglas e ADEEB, Samer. **Surface Topography Classification Trees for**. v. 42, n. 13, p. 781–787, 2017.
- HILL, Shannon e colab. **Assessing asymmetry using reflection and rotoinversion in biomedical engineering applications**. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*, v. 228, n. 5, p. 523–529, 2014.
- HONG, Albert e colab. **Surface Topography Classification Trees for Assessing Severity and Monitoring Progression in Adolescent Idiopathic Scoliosis**. *Spine*, v. 42, n. 13, p. E781–E787, 2017. Disponível em:
<https://journals.lww.com/spinejournal/fulltext/2017/07010/surface_topography_classification_trees_for.12.aspx>.
- HUANG, S C. **Cut-off point of the Scoliometer in school scoliosis screening**. *Spine*, v. 22, n. 17, p. 1985–1989, Set 1997.
- ITO, Yusuke e colab. **A Novel Screening Method for Scoliosis Using a Bodysuit and 3-Dimensional Imaging**. *Spine*, v. 48, n. 18, p. 1289–1294, 2023.
- JAMALUDIN, Amir e colab. **Identifying Scoliosis in Population-Based Cohorts: Automation of a Validated Method Based on Total Body Dual Energy X-ray Absorptiometry Scans**. *Calcified Tissue International*, v. 106, n. 4, p. 378–385, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00223-019-00651-9>>.
- JIN, Chen e colab. **A Review of the Methods on Cobb Angle Measurements for Spinal Curvature**. *Sensors*, v. 22, n. 9, 2022.
- JINNAH, Alexander H. e colab. **Adolescent Idiopathic Scoliosis: Advances in Diagnosis and Management**. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, p. 54–60, 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s12178-024-09939-2>>.
- KARACHALIOS, Theofilos e colab. **Ten-Year Follow-Up Evaluation of a School Screening Program for Scoliosis: Is the Forward-Bending Test an Accurate Diagnostic Criterion for the Screening of Scoliosis?** *Spine*, v. 24, n. 22, 1999. Disponível em: <https://journals.lww.com/spinejournal/fulltext/1999/11150/ten_year_follow_up_evaluation_of_a_school.6.aspx>.

- KER, Justin e colab. **Deep Learning Applications in Medical Image Analysis**. IEEE Access, v. 6, p. 9375–9379, 2017.
- KOKABU, Terufumi e colab. **An algorithm for using deep learning convolutional neural networks with three dimensional depth sensor imaging in scoliosis detection**. Spine Journal, v. 21, n. 6, p. 980–987, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.spinee.2021.01.022>>.
- KOMEILI, Amin e colab. **Correlation between a Novel Surface Topography Asymmetry Analysis and Radiographic Data in Scoliosis**. Spine Deformity, v. 3, n. 4, p. 303–311, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jspd.2015.02.002>>.
- KOMEILI, Amin e colab. **Surface topography asymmetry maps categorizing external deformity in scoliosis**. Spine Journal, v. 14, n. 6, p. 973- 983.e2, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.spinee.2013.09.032>>.
- KUZNIA, Angela L. e HERNANDEZ, Anita K. e LEE, Lydia U. **Adolescent idiopathic scoliosis: Common questions and answers**. American Family Physician, v. 101, n. 1, p. 19–23, 2020.
- LABECKA, Marta Kinga e PLANDOWSKA, Magdalena. **Moiré topography as a screening and diagnostic tool—A systematic review**. PLoS ONE, v. 16, n. 12 December, p. 1–15, 2021. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0260858>>.
- LINHARES, Natália Albim e colab. **The Impact of Training Time on Understanding the Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis According to SOSORT International Guidelines: An Online Survey Study**. Children, v. 9, n. 11, 2022.
- LONSTEIN, John E. **Scoliosis: Surgical versus Nonsurgical Treatment**. Clinical Orthopaedics and Related Research®, v. 443, 2006. Disponível em: <https://journals.lww.com/clinorthop/fulltext/2006/02000/scoliosis_surgical_versus_nonsurgical_treatment.33.aspx>.
- MARTIN, Christopher T e colab. **Increasing Hospital Charges for Adolescent Idiopathic Scoliosis in the United States**. Spine, v. 39, n. 20, 2014. Disponível em: <https://journals.lww.com/spinejournal/fulltext/2014/09150/increasing_hospital_charges_for_adolescent.12.aspx>.
- MOHAMED, Nada e colab. **Three-dimensional markerless surface topography approach with convolutional neural networks for adolescent idiopathic scoliosis screening**. p. 1–8, 2025.
- MUÑOZ, Sergio R. e BANGDIWALA, Shrikant I. **Interpretation of Kappa and B statistics measures of agreement**. Journal of Applied Statistics, v. 24, n. 1, p. 105–112, 1997.
- NEGRINI, Stefano e colab. **2016 SOSORT guidelines: Orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth**. [S.l.]: Scoliosis and Spinal Disorders,

2018. v. 13.

NOSHCHENKO, Andriy e colab. **Predictors of spine deformity progression in adolescent idiopathic scoliosis : A systematic review with meta-analysis.** v. 6, n. 7, p. 537–558, 2015.

OETGEN, Matthew E. e HEYER, Jessica H. e KELLY, Shannon M. **Scoliosis Screening.** Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, v. 29, n. 9, p. 370–379, 1 Maio 2021. Disponível em: <<https://journals.lww.com/10.5435/JAAOS-D-20-00356>>.

PAN, Yaling e colab. **Evaluation of a computer-aided method for measuring the Cobb angle on chest X-rays.** European Spine Journal, v. 28, n. 12, p. 3035–3043, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00586-019-06115-w>>.

PARENT, Stefan e NEWTON, Peter O e WENGER, Dennis R. **Adolescent idiopathic scoliosis: etiology, anatomy, natural history, and bracing.** Instructional course lectures, v. 54, p. 529–536, 2005.

PENHA, Patrícia Jundi e colab. **Prevalence of Adolescent Idiopathic Scoliosis in the State of São Paulo, Brazil.** Spine, v. 43, n. 24, 2018. Disponível em: <https://journals.lww.com/spinejournal/fulltext/2018/12150/prevalence_of_adolescent_idiopathic_scoliosis_in.8.aspx>.

PŁASZEWSKI, Maciej. **No Recommendation Is (at Least Presently) the Best Recommendation : An Updating Quality Appraisal of Recommendations on Screening for Scoliosis.** 2022.

PŁASZEWSKI, Maciej e GRANTHAM, Weronika e JESPERSEN, Ejgil. **Screening for scoliosis - new recommendations, old dilemmas, no straight solutions.** World Journal of Orthopedics, v. 11, n. 9, p. 364–379, 2020.

PRUIJS, J E e colab. **Variation in Cobb angle measurements in scoliosis.** Skeletal radiology, v. 23, n. 7, p. 517–520, Out 1994.

QI, Xiang e colab. **Correlation between physical activity and adolescent idiopathic scoliosis: a systematic review.** BMC Musculoskeletal Disorders, v. 24, n. 1, p. 1–10, 2023.

RADHA JAYALAKSHMI, P. e RAJAKUMAR, P. S. **A Survey: Recent Advances and Clinical Applications of Deep Learning in Medical Image Analysis.** Deep Learning in Medical Image Analysis: Recent Advances and Future Trends, p. 59–78, 2024.

REAMY, Brian V. e SLAKEY, Joseph B. **Adolescent idiopathic scoliosis: Review and current concepts.** American Family Physician, v. 64, n. 1, p. 111–116, 2001.

RIKIYA YAMASHITA, MIZUHO NISHIO, Richard Kinh Gian Do & Kaori Togashi. **Convolutional neural networks: an overview and application in radiology** <https://doi.org/10.1007/s13244-018-0639-9>. Springer, v. 195, p. 21–30, 2018. Disponível em: <<https://www.kaggle.com/datasets/coledie/qr-codes%0A>>.

- SABHARWAL, Sanjeev e KUMAR, Ajay. **Methods for assessing leg length discrepancy**. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, v. 466, n. 12, p. 2910–2922, 2008.
- SANDERS, James O e colab. **Predicting Scoliosis Progression from Skeletal Maturity: A Simplified Classification During Adolescence**. *JBJS*, v. 90, n. 3, 2008. Disponível em: <https://journals.lww.com/jbjsjournal/fulltext/2008/03000/predicting_scoliosis_progression_from_skeletal.11.aspx>.
- SATO, Tatsuya e colab. **Novel Hump Measurement System With a 3D Camera for Early Diagnosis of Patients With Adolescent Idiopathic Scoliosis: A Study of Accuracy and Reliability**. *Cureus*, v. 12, n. 5, 2020.
- SCHERER, Dominick. **Evaluation of pooling operations in convolutional architectures for drug-drug interaction extraction**. *BMC Bioinformatics*, v. 19, p. 92–101, 2018.
- SHEKOUHI, Niloufar e colab. **Current benchtop protocols are not appropriate for the evaluation of distraction-based growing rods: a literature review to justify a new protocol and its development**. *European Spine Journal*, v. 31, n. 4, p. 963–979, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00586-022-07113-1>>.
- SITCH, Alice J. e colab. **Introduction to diagnostic test accuracy studies**. *European Journal of Endocrinology*, v. 184, n. 2, p. E5–E9, 2021.
- STOKES, I A. **Three-dimensional terminology of spinal deformity. A report presented to the Scoliosis Research Society by the Scoliosis Research Society Working Group on 3-D terminology of spinal deformity**. *Spine*, v. 19, n. 2, p. 236–248, Jan 1994.
- THILAGARATNAM, S. **School -based screening for scoliosis: is it cost-effective?** v. 48, n. 11, 2007.
- TROTT, A. W. **Orthopedic Problems in Adolescents**. *The Medical clinics of North America*, v. 49, n. 2, p. 467–477, 1965.
- TROY, M. J. e colab. **The “Risser+” grade: a new grading system to classify skeletal maturity in idiopathic scoliosis**. *European Spine Journal*, v. 28, n. 3, p. 559–566, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00586-018-5821-8>>.
- WANG, Liansheng e colab. **Evaluation and comparison of accurate automated spinal curvature estimation algorithms with spinal anterior-posterior X-Ray images: The AASCE2019 challenge**. *Medical Image Analysis*, v. 72, 2021a.
- WANG, Liansheng e colab. **Evaluation and comparison of accurate automated spinal curvature estimation algorithms with spinal anterior-posterior X-Ray images: The AASCE2019 challenge**. *Medical Image Analysis*, v. 72, p. 102115, 2021b. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.media.2021.102115>>.
- WANG, Liansheng e colab. **Evaluation and comparison of accurate automated spinal curvature estimation algorithms with spinal anterior-posterior X-Ray images: The**

AASCE2019 challenge. Medical Image Analysis, v. 72, 2021c.

WEINSTEIN, Stuart L. e colab. **Adolescent idiopathic scoliosis.** The Lancet, v. 371, n. 9623, p. 1527–1537, 2008.

WOERMAN, A. L. e BINDER-MACLEOD, S. A. **Leg length discrepancy assessment: Accuracy and precision in five clinical methods of evaluation.** Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, v. 5, n. 5, p. 230–239, 1984.

WONG, Yi shun e colab. **Is Radiation-Free Ultrasound Accurate for Quantitative Assessment of Spinal Deformity in Idiopathic Scoliosis (IS): A Detailed Analysis With EOS Radiography on 952 Patients.** Ultrasound in Medicine and Biology, v. 45, n. 11, p. 2866–2877, 2019.

YAHARA, Yasuhito e colab. **A deep convolutional neural network to predict the curve progression of adolescent idiopathic scoliosis: a pilot study.** BMC Musculoskeletal Disorders, v. 23, n. 1, p. 1–9, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s12891-022-05565-6>>.

YAN, Bin e colab. **Predicting Adolescent Idiopathic Scoliosis among Chinese Children and Adolescents.** BioMed Research International, v. 2020, 2020.

YANG, Junlin e colab. **Development and validation of deep learning algorithms for scoliosis screening using back images.** Communications Biology, v. 2, n. 1, p. 1–8, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/s42003-019-0635-8>>.

YAWN, Barbara P. e YAWN, Roy A. **The estimated cost of school scoliosis screening.** Spine, v. 25, n. 18, p. 2387–2391, 2000.

APÊNDICE A

ROTEIRO DE ENTREVISTA GOOGLE FORMS

IDENTIFICAÇÃO

- 1) Nome Completo?
- 2) Data de Nascimento?
- 3) Sexo?
- 4) Se menina, quando foi a sua menarca?
- 5) Já fez alguma cirurgia corretiva na coluna?
- 6) Faz tratamento de Escoliose?
- 7) Nome do Responsável?
- 8) Contato do responsável telefone?
- 9) Contato de e-mail?

DADOS DE ATIVIDADE FÍSICA

- 1) Quantas horas de Educação Física vc faz por semana?
- 2) Vc faz treinamento ou iniciação? Se sim quantas horas por semana?
- 3) Que esporte vc faz?
- 4) Qual sua lateralidade dominante?

ANEXO A

PROTOCOLO STARD 2015 PARA ESTUDOS DE ACURÁCIA DIAGNÓSTICA

Seção & Topico	No	Item	Página no relatório
Título ou Resumo			
	1	Identificação como um estudo de acurácia diagnóstica usando pelo menos uma medida de acurácia (como sensibilidade, especificidade, valores preditivos ou AUC)	
RESUMO			
	2	Resumo estruturado do desenho do estudo, métodos, resultados e conclusões (para orientações específicas, consulte o STARD para Resumos)	
INTRODUÇÃO			
	3	Contexto científico e clínico, incluindo o uso pretendido e o papel clínico do teste índice	
	4	Objetivos e hipóteses do estudo	
MÉTODOS			
<i>Desenho do Estudo</i>	5	Se a coleta de dados foi planejada antes do teste índice e do padrão de referência serem realizados (estudo prospectivo) ou após (estudo retrospectivo).	
<i>Participantes</i>	6	Critérios de elegibilidade	
	7	Com base em quais critérios os participantes potencialmente elegíveis foram identificados (como sintomas, resultados de testes anteriores, inclusão em registro)	
	8	Onde e quando os participantes potencialmente elegíveis foram identificados (local, localização e datas)	
	9	Se os participantes formaram uma série consecutiva, aleatória ou de conveniência.	
<i>Métodos de Teste</i>	10a	Teste índice, em detalhes suficientes para permitir a replicação	
	10b	Padrão de referência, em detalhes suficientes para permitir a replicação	
	11	Justificativa para a escolha do padrão de referência (se houver alternativas)	
	12a	Definição e justificativa para os pontos de corte ou categorias de resultado positivo do teste índice, distinguindo pré-especificados de exploratórios	
	12b	Definição e justificativa para os pontos de corte ou categorias de resultado positivo do padrão de referência, distinguindo pré-especificados de exploratórios	
	13a	Se informações clínicas e resultados do padrão de referência estavam disponíveis para os executores/leitores do teste índice	
	13b	Se informações clínicas e resultados do teste índice estavam disponíveis para os avaliadores do padrão de referência	
<i>Análises</i>	14	Métodos para estimar ou comparar medidas de acurácia diagnóstica	
	15	Como os resultados indeterminados do teste índice ou do padrão de referência foram tratados	
	16	Como os dados ausentes do teste índice e do padrão de referência foram tratados	
	17	Quaisquer análises de variabilidade na acurácia diagnóstica, distinguindo pré-especificados de exploratórios	
	18	Tamanho da amostra pretendida e como foi determinado	
RESULTADOS			
<i>Participantes</i>	19	Fluxo dos participantes, usando um diagrama	
	20	Características demográficas e clínicas basais dos participantes	

	21a	Distribuição da gravidade da doença naqueles com a condição-alvo	
	21b	Distribuição de diagnósticos alternativos naqueles sem a condição-alvo	
	22	Intervalo de tempo e quaisquer intervenções clínicas entre o teste índice e o padrão de referência	
<i>Resultados dos testes</i>	23	Tabela cruzada dos resultados do teste índice (ou sua distribuição) pelos resultados do padrão de referência	
	24	Estimativas de acurácia diagnóstica e sua precisão (como intervalos de confiança de 95%)	
	25	Quaisquer eventos adversos decorrentes da realização do teste índice ou do padrão de referência	
DISCUSSÃO			
	26	Limitações do estudo, incluindo fontes de viés potencial, incerteza estatística e generalização	
	27	Implicações para a prática, incluindo o uso pretendido e o papel clínico do teste índice	
OUTRAS INFORMAÇÕES			
	28	Número do registro e nome do registro	
	29	Onde o protocolo completo do estudo pode ser acessado	
	30	Fontes de financiamento e outro suporte; papel dos financiadores	

ANEXO B**CEP/UNISA 6.935.008**

Continuação do Parecer: 6.935.008

educação preparatória assistencial.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_2356273.pdf	04/06/2024 10:02:14		Aceito
Outros	CartaAnuencia.pdf	04/06/2024 10:01:18	Ana Paula Ribeiro	Aceito
Folha de Rosto	FolhaRostoThomaz.pdf	04/06/2024 10:00:57	Ana Paula Ribeiro	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TermoAssentimentoThomaz2024.docx	04/06/2024 07:55:58	Ana Paula Ribeiro	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE2024Thomaz.docx	04/06/2024 07:55:47	Ana Paula Ribeiro	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoPesquisaThomaz.docx	04/06/2024 07:55:35	Ana Paula Ribeiro	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 05 de
Julho de 2024

**Assinado por: Patrícia Colombo de Souza
(Coordenador(a))**

ANEXO C

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

PROTOCOLO: “Estudo de acurácia diagnóstica entre Raio-x versus BackSCNR® na triagem de Escoliose Idiopática em jovens de 10 à 17 anos”.

CEP 6.935.008.

Estes esclarecimentos estão sendo apresentados para solicitar sua participação livre e voluntária, OU (a participação de, sob sua responsabilidade legal/ seu(ua) filho/a), no projeto “Estudo de acurácia diagnóstica entre Raio-x versus BackSCNR® na triagem de Escoliose Idiopática em jovens de 10 à 17 anos”. Do Programa de Pós Graduação Ciências do Movimento da Universidade Federal do MS, que será realizado pelo pesquisador Oiriklaw Araujo Costa como Trabalho de Conclusão de Curso sob orientação do Prof Thomaz Nogueira Burke.

A necessidade da execução da pesquisa em se confirmando é: obter uma metodologia confiável e sem riscos de exposição prolongada de radiação na triagem e no acompanhamento da Escoliose Idiopática em jovens e adolescentes.

O objetivo: É Verificar qual é a exatidão do sistema BackSCNR® no diagnóstico de escoliose em comparação ao padrão-ouro RX/ ângulo de Cobb , em adolescentes de 10 a 17 anos.

Dos procedimentos: Antropometria: Os participantes devem responder a um questionário (Google forms) sobre sua idade, data da menarca (para as meninas), doenças e cirurgias anteriores, além de atividade física, esportes praticados e preferência de uso das mãos, serão coletados (presencialmente), também os dados de altura e peso. Avaliação do Comprimento das Pernas: Os avaliados deverão estar em pé e será tomada a medida da crista ilíaca superior até o solo, será medida com uma fita métrica para verificar se há diferença de comprimento entre as pernas. Escaneamento 3D do Tronco (BackSCNR), (Experimento): Usando uma câmera especial acoplada a um iPad, será feito um escaneamento 3D do tronco. Deve-se usar roupas apropriadas bermuda e top para meninas, bermuda para meninos) e ficarem de pé com as pernas afastadas e os braços abertos e apoiados em bastões. O avaliador irá circular ao redor da pessoa para capturar a imagem do tronco.(Sem

Contato e/ou radiação) Avaliação do Ângulo de Rotação Vertebral (ARV): Usando um inclinômetro, os participantes deverão ficar em pé e inclinarem o tronco para frente, com os pés afastados e as mãos tocando a frente dos joelhos. E o ângulo de rotação será medido. Radiografias Panorâmicas(Padrão Ouro): Radiografias para estudo de confiabilidade deverão serem coletadas em até uma semana após o escaneamento para calcular os ângulos de escoliose, cifose torácica e lordose lombar. O grau de maturidade óssea será avaliado por radiografia do punho.

Locais e Custos: As radiografias serão feitas na Clínica Dom Aquino – Campo Grande/MS e pagas pelo projeto. Seu nome assim como todos os dados que lhe identifiquem serão mantidos sob sigilo absoluto, antes, durante e após o término do estudo. Todas as pesquisas com seres humanos envolvem riscos e /ou desconforto em tipos e gradações variados se a metodologia utilizada para a coleta de dados ocasionar algum desconforto de origem (física, psíquica, moral, intelectual, social, cultural ou espiritual); Caso você venha a sentir algo dentro desses padrões, comunique ao pesquisador para que sejam tomadas as devidas providências ”), Dos benefícios: O benefício direto da sua participação será, ao final da avaliação, em saber qual a probabilidade de sua filha (o) possuir ou não diagnóstico de escoliose, permitindo o acesso precoce ao tratamento caso necessário. Benefício indireto é em confirmando a confiabilidade do resultado desse estudo obter uma metodologia confiável e sem riscos de exposição prolongada de radiação na triagem e no acompanhamento da Escoliose Idiopática em jovens e adolescentes). É garantido o acesso, em qualquer etapa do estudo, aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas ou informações sobre os resultados parciais das pesquisas, quando em estudos abertos, ou de resultados que sejam do conhecimento dos pesquisadores. O pesquisador responsável é Prof. Dr. Thomaz Nogueira Burke, (Telefone: (67) 9242-8888), que pode ser encontrado no programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento (PPGCMov) da UFMS (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul). Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP-UNISA) – Rua Prof. Enéas de Siqueira Neto, 340, Jardim das Imbuías, SP – Tel.: 2141-8687.

É garantida sua liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de qualquer benefício que você tenha obtido junto à Instituição, antes, durante ou após o período deste estudo. As informações obtidas pelos pesquisadores serão analisadas em conjunto com as de outros participantes, não sendo divulgada a identificação de nenhum deles. Não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo exames e consultas. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação. Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa.

Em caso de dano pessoal, diretamente relacionado aos procedimentos deste estudo (nexo causal comprovado), a qualquer tempo, fica assegurado ao participante o respeito a seus direitos legais, bem como procurar obter indenizações por danos eventuais.

Uma via deste Termo de Consentimento ficará em seu poder.

Campo Grande-MS, 20/08/2024

Oiriklaw Araujo Costa – Pesquisador Responsável

Se você concordar em participar desta pesquisa assine no espaço determinado abaixo e coloque seu nome e o nº de seu documento de identificação.

Nome: (do participante):

.....

.

Doc. Identificação:

.....

Ass:

.....

.....

Nome: (do representante legal)

.....

.....

Doc. Identificação:

.....

.....

Nível de representação: (genitor, tutor, curador,
procurador.)

Nome do participante:

Declaro (amos) que obtive (mos) de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste participante (ou do representante legal deste participante) para a participação neste estudo, conforme preconiza a Resolução CNS 466, de 12 de dezembro de 2012, IV.3 a 6.

 Documento assinado digitalmente
OIRIKLAW ARAUJO COSTA
Data: 02/02/2025 09:07:29-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Assinatura do pesquisador responsável pelo estudo Data: 20/08/2024

ANEXO D

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Elaborado de acordo com a Resolução 466/2012-CNS/CONEP)

Você está sendo convidado a participar da pesquisa intitulada “Estudo de acurácia diagnóstica entre Raio-x versus BackSCNR® na triagem de Escoliose Idiopática em jovens de 10 à 17 anos” sob a responsabilidade do mestrando Oiriklaw Araujo Costa e do orientador Professor Thomaz Nogueira Burke, cujo (s) objetivo (s) é (são): Verificar qual é a exatidão do sistema BackSCNR® no diagnóstico de escoliose em comparação ao padrão-ouro RX/ ângulo de Cobb , em adolescentes de 10 a 17 anos.

Para realização deste trabalho usaremos o(s) seguinte(s) método(s):
Antropometria: Os participantes devem responder a um questionário sobre sua idade, data da menarca (para as meninas), doenças e cirurgias anteriores, além de atividade física, esportes praticados e preferência de uso das mãos, serão coletados também os dados de altura e peso. Avaliação do Comprimento das Pernas: Em pé, a distância entre o a crista ílica superior e o solo será medida com uma fita métrica para verificar se há diferença de comprimento entre as pernas.

Escaneamento 3D do Tronco (BackSCNR): Usando uma câmera especial acoplada a um iPad, será feito um escaneamento 3D do tronco. Deve-se usar roupas apropriadas (bermuda e top para meninas, bermuda para meninos) e ficarem de pé com as pernas afastadas e os braços abertos e apoiados em bastões. O avaliador irá circular ao redor da pessoa para capturar a imagem do tronco.(Sem Contato e/ou radiação)

Avaliação do Ângulo de Rotação Vertebral (ARV): Usando um inclinômetro, os participantes deverão ficar em pé e inclinarem o tronco para frente, com os pés afastados e as mãos tocando a frente dos joelhos. E o ângulo de rotação será medido. Radiografias Panorâmicas: Radiografias deverão serem coletadas em até uma semana após o escaneamento para calcular os ângulos de escoliose, cifose torácica e lordose lombar. O grau de maturidade óssea será avaliado por radiografia do punho.

Locais e Custos: As radiografias serão feitas em clínicas especializadas e pagas pelo projeto. Seu nome assim como todos os dados que lhe identifiquem serão mantidos sob sigilo absoluto, antes, durante e após o término do estudo.

Quanto aos riscos e desconfortos, se a metodologia utilizada para a coleta de dados ocasionar algum desconforto de origem física, psíquica, moral, intelectual, social, cultural ou espiritual).

Caso você venha a sentir algo dentro desses padrões, comunique ao pesquisador para que sejam tomadas as devidas providencias: Encerrar a coleta imediatamente se for o caso com os dados já coletados excluídos.

Os benefícios esperados com o resultado desta pesquisa são: Obter uma metodologia confiável e sem riscos de exposição prolongada de radiação na

triagem e no acompanhamento da Escoliose Idiopática em jovens e adolescentes
 No curso da pesquisa você tem os seguintes direitos: a) garantia de esclarecimento e resposta a qualquer pergunta; b) liberdade de abandonar a pesquisa a qualquer momento, mesmo que seu pai ou responsável tenha consentido sua participação, sem prejuízo para si ou para seu tratamento (se for o caso); c) garantia de que caso haja algum dano a sua pessoa, os prejuízos serão assumidos pelos pesquisadores ou pela instituição responsável inclusive acompanhamento médico e hospitalar (se for o caso). Caso haja gastos adicionais, os mesmos serão absorvidos pelo pesquisador.

Nos casos de dúvidas você deverá falar com seu responsável, para que ele procure os pesquisadores, a fim de resolver seu problema com: Prof. Thomaz Nogueira Burke da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) pelo telefone (67) 99242- 8888 ou o pelo responsável da pesquisa mestrando Prof. Oiriklaw Araujo Costa pelo telefone (67) 9 9183-4993.

Caso suas dúvidas não sejam resolvidas pelos pesquisadores ou seus direitos sejam negados, favor recorrer ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Santo Amaro, localizado à Rua Prof. Enéas de Siqueira Neto, 340, Jardim das Imbuías, São Paulo- SP. Telefone 11-2141.8687 ou ainda através do e-mail:pesquisaunisa@unisa.br.

Assentimento Livre e Esclarecido

Eu, após ter recebido todos os esclarecimentos e meu responsável assinado o TCLE, concorda em participar desta pesquisa. Desta forma, assino este termo, juntamente com o pesquisador, em duas vias de igual teor, ficando uma via sob meu poder e outra em poder do pesquisador.

Local, data.

Assinatura do menor

Assinatura do pesquisador .



Documento assinado digitalmente

OIRIKLAW ARAUJO COSTA

Data: 02/02/2025 09:07:29-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Atenção: O menor só deve assinar o Termo de Assentimento, após os pais ou responsáveis terem assinado o TCLE.