



CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS

**MESTRADO EM TECNOLOGIA MINIMAMENTE INVASIVA E SIMULAÇÃO NA
ÁREA DA SAÚDE**

EMÍLIO CRISÓSTOMO LIMA VERDE

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA O PLANEJAMENTO CIRÚRGICO
EM ESCOLIOSE IDIOPÁTICA DO ADOLESCENTE**

FORTALEZA

2022

EMÍLIO CRISÓSTOMO LIMA VERDE

DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA O PLANEJAMENTO CIRÚRGICO
EM ESCOLIOSE IDIOPÁTICA DO ADOLESCENTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Tecnologia Minimamente Invasiva e Simulação na área da Saúde do Centro Universitário Christus, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de concentração: Simulação no ensino da Área Cirúrgica.

Orientador: Prof. Dr. Abrahão Cavalcante Gomes de Souza Carvalho

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Centro Universitário Christus - Unichristus
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do
Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L732d Lima Verde, Emílio Crisóstomo.
Desenvolvimento de aplicativo para o planejamento cirúrgico em escoliose idiopática do adolescente / Emílio Crisóstomo Lima Verde. - 2022.
80 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Centro Universitário Christus - Unichristus, Mestrado em Tecnologia Minimamente Invasiva e Simulação na Área de Saúde, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Abrahão Cavalcante Gomes de Souza Carvalho.
Área de concentração: Simulação no Ensino da Área Cirúrgica.

1. Escoliose Idiopática do Adolescente. 2. Nível de fusão. 3. Smartphone. 4. Aplicativos móveis. I. Título.

CDD 610.28

EMÍLIO CRISÓSTOMO LIMA VERDE

DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA O PLANEJAMENTO CIRÚRGICO
EM ESCOLIOSE IDIOPÁTICA DO ADOLESCENTE

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia Minimamente Invasiva, do Centro Universitário Christus, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de concentração: Simulação no ensino da Área Cirúrgica.

Orientador: Prof. Dr. Abrahão Cavalcante Gomes de Souza Carvalho

Aprovada em 06/10/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Abrahão Cavalcante Gomes de Souza Carvalho (Orientador)
Centro Universitário Christus (Unichristus)

Profa. Dra. Ramille Araújo Lima
Centro Universitário Christus (Unichristus)

Prof. Dr. José Atualpa Pinheiro Júnior
Universidade Federal do Ceará (UFC)

DEDICATÓRIA

A Deus, que me ajudou a decidir começar o mestrado e me guiou durante todo o processo, me mostrando os caminhos a serem seguidos.

À minha esposa, Fernanda de Freitas Fedato, que participou comigo desde o início do mestrado, acreditando no nosso investimento, mesmo que inicialmente à distância, quando a pandemia nos deixou 6 meses longe, e posteriormente já juntos fisicamente, sempre me dando força e coragem para continuar no projeto. Além disso, me deu meu maior presente nos últimos meses, a nossa Rafaela, me fazendo acreditar ainda mais que todo esforço vale a pena.

Aos meus pais, Tarcísio Lima Verde Júnior e Valéria Lima Verde, que sempre me incentivaram e acreditaram na minha capacidade, nunca medindo esforços para que eu conseguisse alcançar meus objetivos.

Às minhas irmãs Raquel, Paula e Neide que sempre estiveram presentes em todos os momentos importantes da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Unichristus, instituição que trouxe a oportunidade de realizar o mestrado profissional, dando toda estrutura necessária.

Ao professor Abraão, meu orientador, que acreditou no projeto e se dedicou a entender e aprender mais sobre a escoliose, me auxiliando em tomadas de decisão e formas de montar o aplicativo da melhor maneira possível.

Ao professor Edgar, que aceitou o projeto de desenvolver nosso aplicativo, trazendo soluções e ideias que só seriam possíveis com a experiência e bagagem que ele tem na área científica.

A todos os professores do mestrado TEMIS, que participaram dos nossos módulos, abrindo nossa mente e ensinando de forma sempre leve, como desenvolver um trabalho de maneira correta. Em especial agradeço à professora Ramille e ao professor Paulo Goberlânio, que sempre me ajudaram e foram disponíveis para retirada de dúvidas sobre todos os pontos do trabalho.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.”

Albert Einstein

RESUMO

Introdução: A Escoliose Idiopática do adolescente (EIA) é uma deformidade que atinge jovens, sendo mais comum em meninas. Quando indicada cirurgia, seu planejamento deve ser realizado de maneira objetiva e uniformizada, evitando erro no número de níveis a serem fusionados e, conseqüentemente, levando a uma melhor qualidade de vida dos pacientes. A falta de um instrumento de fácil acesso com condições de auxiliar no planejamento cirúrgico através de um guia com instruções de planejamento nos levou a desenvolver este estudo. **Objetivo:** Desenvolver um aplicativo para smartphone capaz de auxiliar no planejamento de cirurgias corretivas de Escoliose Idiopática do Adolescente, além de avaliar sua usabilidade e utilidade, mensurar o tempo dispendido para o planejamento e a acurácia da medida do ângulo de Cobb e definição de vértebra neutra em relação a técnica manual. **Materiais e métodos:** O aplicativo foi desenvolvido no Laboratório de Inovação Tecnológica da Unichristus. Foi submetido ao teste de usabilidade através do questionário SUS, além da aplicação de questionário para avaliar a utilidade deste pelo modelo de percepção de utilidade TAM. Participaram 36 voluntários que foram divididos em 3 grupos: residentes, ortopedistas da Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia (SBOT) e cirurgiões de coluna. **Resultados:** Pela aplicação do questionário *System Usability Scale* (SUS), o aplicativo obteve escore de 75,69, valor que representa classificação B na escala de Sauro e Lewis. A utilidade do aplicativo foi considerada boa após avaliação das respostas positivas do modelo TAM. O planejamento através do aplicativo foi em média 20% mais rápido que o planejamento manual. Não houve diferença significativa nos diversos parâmetros avaliados entre os dois tipos de planejamento (escolha das vertebra terminais, vertebra neutra distal), além de termos uma preservação da acurácia da medição dos ângulos de Cobb. O nível de fusão distal foi encontrado de maneira correta por 100% dos participantes no app e na forma manual. **Conclusão:** o aplicativo Scoliplan mostrou-se útil e vem otimizar o planejamento cirúrgico em EIA, à medida que estabelece uma padronização de um passo a passo, apoiado na literatura (classificação de Suk), auxilia o usuário para um planejamento uniforme e confiável.

Palavras-chave: Escoliose Idiopática do Adolescente, Nível de fusão, Smartphone, Aplicativos móveis.

ABSTRACT

Background: Adolescent Idiopathic Scoliosis (AIS) is a deformity that affects young people, being more common in girls. When surgery is indicated, its planning must be carried out in an objective and uniform way, avoiding errors in the number of levels to be merged and, consequently, leading to a better quality of life for patients. The lack of an easily accessible instrument capable of assisting in surgical planning through a guide with planning instructions led us to develop this study. **Objective:** To develop a smartphone application capable of assisting in the planning of corrective surgeries for Adolescent Idiopathic Scoliosis, in addition to evaluating its usability and usefulness, measuring the time spent in planning and measuring the accuracy of the Cobb angle measurement and definition of neutral vertebra compared to manual technique. **Materials and methods:** The application was developed at the Unichristus Technological Innovation Laboratory. It was submitted to the usability test through the SUS questionnaire, in addition to the application of a questionnaire to assess its usefulness by the TAM utility perception model. 36 volunteers participated and were divided into 3 groups: residents, orthopedists of the Brazilian Society of Orthopedics and Traumatology (SBOT) and spine surgeons. **Results:** By applying the System Usability Scale (SUS) questionnaire, the application obtained a score of 75.69, a value that represents classification B on the Sauro and Lewis scale. The utility of the application was considered good after evaluating the positive responses of the TAM model. Planning through the app was on average 20% faster than manual planning. There was no significant difference in the various parameters evaluated between the two types of planning (choice of terminal vertebrae, distal neutral vertebra), in addition to the preservation of the accuracy of the measurement of Cobb angles. The distal fusion level was correctly found by 100% of the participants in the app and manually. **Conclusion:** the Scoliplan application proved to be useful and comes to optimize surgical planning in AIS, as it establishes a step-by-step standardization, supported by the literature (Suk classification), assists the user for a uniform and reliable planning.

Keywords: Adolescent Idiopathic Scoliosis, Fusion Level, Smartphone, Mobile Applications.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Método de Nash-Moe.....	13
Figura 2 – Parâmetros importantes na Escoliose.....	13
Figura 3 – Classificação de King	14
Quadro 1 – Classificação de Lenke	15
Quadro 2 – Modificadores da Classificação de Lenke	15
Quadro 3 – Classificação de Suk	17
Quadro 4 – Subtipos da Classificação de Suk	17
Figura 4 – Modelo inicial de telas	26
Figura 5 – Fluxogramas de sequência de cliques	27
Figura 6 – Instruções para teste de usabilidade e utilização do aplicativo	32
Figura 7 – Realização do teste de usabilidade	33
Figura 8 – Tela de início do Aplicativo	36
Figura 9 – Lista de pacientes cadastrados e novo cadastramento	37
Figura 10 – Tela de cadastro de novo paciente	38
Figura 11 – Tela de Captura de imagem	39
Figura 12 – Telas de definição das vértebras terminais	40
Figura 13 – Marcação de vértebras e Instruções	41
Figura 14 – Vértebra neutra e resumo dos parâmetros encontrados.....	42
Figura 15 – Tela de Classificação	43
Figura 16 – Tela de Marcação da Linha Vertical Sacral Central	44
Figura 17 – Tela de Definição da VND e Instruções com modelo Nash-Moe	45
Figura 18 – Tela de Classificação Final e Planejamento Cirúrgico	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Respostas da parte 2 do questionário (Modelo TAM)	48
Tabela 2 – Ângulos de Cobb e Tempo de Planejamento	49
Tabela 3 – Comparativo de valores encontrados entre Aplicativo e Manual.....	50
Tabela 4 – Resultados do planejamento pelo aplicativo	51
Tabela 5 – Resultados do planejamento manual	53
Tabela 6 – Comparativo entre Aplicativo e Manual	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIS	Adolescent Idiopathic Scoliosis
AP	Anteroposterior
API	<i>Application Programming Interface</i>
App	Aplicativo
EIA	Escoliose Idiopática do Adolescente
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
LVSC	Linha Vertical Sacral Central
OpenCV	<i>Open Source Computer Vision Library</i>
SBC	Sociedade Brasileira de Coluna
SBOT	Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia
SDK	<i>Software Development Kit</i>
SO	Sistema Operacional
SUS	<i>System Usability Scale</i>
TAM	<i>Technology Acceptance Model</i>
TL L	Toracolombar/Lombar
T prin	Torácica Principal
T pro	Torácica Proximal
V.	Vértebra
VE	Vértebra Estável
VN	Vértebra Neutra
VT	Vértebra Terminal
VTD	Vértebra Terminal Distal
VTP	Vértebra Terminal Proximal

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Justificativa	20
2	OBJETIVOS	22
2.1	Objetivo geral	22
2.2	Objetivos específicos	22
3	MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1	Aspectos éticos	23
3.2	Desenvolvimento do aplicativo	24
3.3	Teste de usabilidade	28
3.3.1	<i>População e amostra</i>	28
3.3.2	<i>Instrumentos</i>	29
3.3.3	<i>Desenvolvimento do estudo</i>	31
3.4	Análise estatística	35
4	RESULTADOS	36
4.1	Modelo inicial do aplicativo	36
4.2	Teste de usabilidade	46
5	DISCUSSÃO	55
6	CONCLUSÃO	62
	REFERÊNCIAS	63
	ANEXO A – Aprovação no Comitê de Ética	68
	APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre Esclarecido	72
	APÊNDICE B – Questionários	75
	APÊNDICE C – Termo de Fiel Depositário	77
	APÊNDICE D – Ficha de Coleta de Dados	78

1 INTRODUÇÃO

A Escoliose Idiopática do Adolescente (EIA) é caracterizada por uma deformidade na coluna vertebral que acomete jovens de 10 anos até sua maturidade esquelética. Define-se como uma deformidade tridimensional da coluna associada, normalmente, com rotação vertebral e uma angulação, na radiografia, acima de 10 graus. Curvas torácicas direitas constituem a maioria dos casos, porém curvas atípicas podem estar presentes e virem acompanhadas de sintomas neurológicos ou rápida progressão da deformidade (ADDAI; ZARKOS; BOWEY, 2020).

O exame físico completo deve ser realizado, avaliando o equilíbrio do tronco, altura dos ombros com o paciente em ortostase, além da realização da manobra de Adams, no qual o paciente realiza a flexão do tronco para frente a partir de uma posição ortostática, mantendo os joelhos estendidos. Essa manobra visa avaliar a presença de giba torácica, levando a caracterização clínica de uma rotação vertebral na região (CHENG et al., 2015).

A continuidade da avaliação do paciente requer radiografias panorâmicas da coluna vertebral em anteroposterior (AP) e Perfil em ortostase, além de inclinações laterais realizadas com o paciente em decúbito dorsal, na tentativa de avaliar a flexibilidade da curva (CHENG et al., 2015).

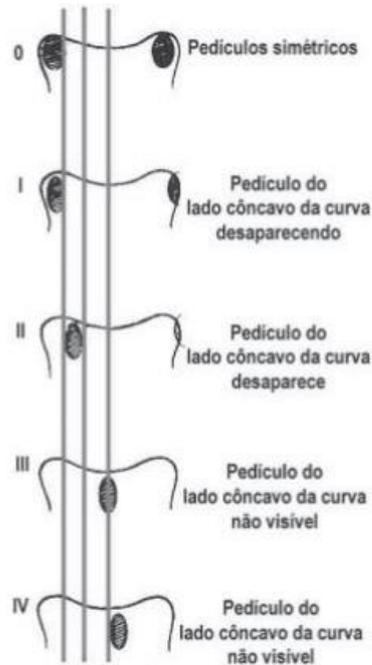
A mensuração angular da deformidade foi desenvolvida por Cobb através de uma angulação formada entre o platô superior da vértebra (v.) mais proximal que faz parte da curva estruturada e o platô inferior da v. mais distal da mesma curva, as chamadas vértebras terminais (VT). Como falado anteriormente, esses dados serão encontrados em radiografias da coluna em AP (COBB, 1948).

Alguns parâmetros que são utilizados na avaliação da escoliose devem ser bem entendidos. A rotação vertebral pode ser mensurada através do método de Nash-Moe (DEFINO; ARAÚJO, 2004) demonstrado na Figura 1. Os conceitos de vértebra neutra (VN), estável (VE) e linha vertical sacral central (LVSC) são (Figura 2):

- VN: é a v. mais proximal, porém inferior ao ápice da curva estrutural que apresenta rotação neutra, ou seja, os pedículos estão simetricamente visíveis no corpo vertebral.

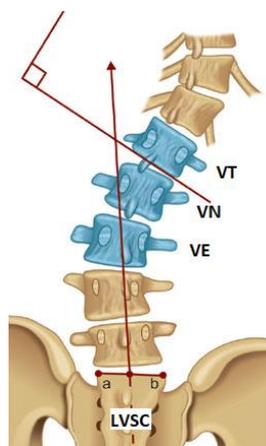
- VE: é a v. mais proximal, porém inferior à v. terminal distal da curva estruturada que é bissectada pela linha vertical sacral central.
- LVSC: linha traçada verticalmente a partir do ponto médio da primeira vértebra sacral (S1) (POTTER et al., 2005).

Figura 1 – Método de Nash-Moe



Fonte: Adaptado de (DEFINO; ARAÚJO, 2004) Graus de Rotação Vertebral descritos por Nash-Moe.

Figura 2 – Parâmetros importantes na Escoliose

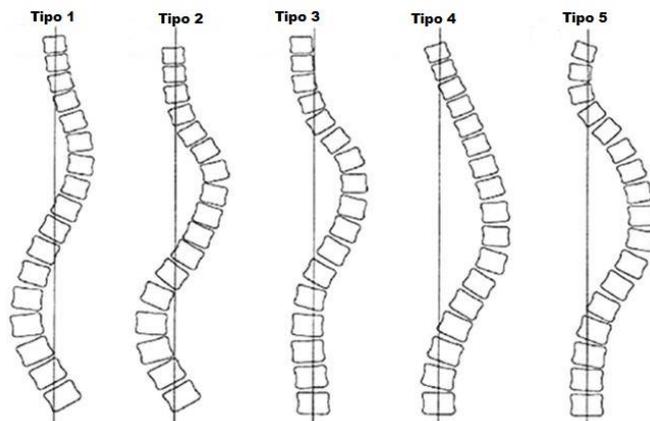


Fonte: Adaptada de (POTTER et al., 2005). Diagrama mostrando vértebra terminal, neutra e estável, além da linha vertical sacral central.

Através disso, algumas classificações surgiram no decorrer dos estudos. A classificação de King (KING, 1984), a mais antiga, subdividiu as curvas em 5 tipos (Figura 3):

- Tipo 1: uma deformidade em forma de “S”, na qual ambas as curvas são estruturais e cruzam a LVSC, sendo a curva lombar maior que a torácica.
- Tipo 2: uma deformidade em forma de “S”, na qual ambas as curvas são estruturais e cruzam o LVSC, sendo a curva torácica maior ou igual à lombar.
- Tipo 3: curva torácica principal na qual apenas a curva torácica é estrutural e atravessa o LVSC.
- Tipo 4: curva torácica longa em forma de “C”, na qual a quinta vértebra lombar está centrada sobre o sacro e a quarta vértebra lombar é inclinada para a curva torácica.
- Tipo 5: curva torácica dupla.

Figura 3 – Classificação de King



Fonte: Adaptada de (ANITHA; PRABHU; KARUNAKAR, 2014). Cinco tipos de curvas descritas por King.

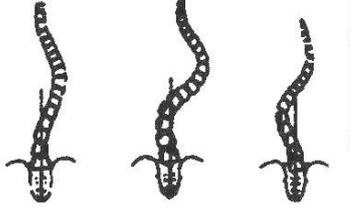
Posteriormente, surgiu a classificação de Lenke (LENKE et al., 2001), uma das mais utilizadas no momento, e que consiste em 6 tipos de curvas distintas, associada a dois modificadores, lombar e sagital, que complementam a classificação e conduzem ao tratamento (Quadros 1 e 2).

Quadro 1 – Classificação de Lenke

Tipo	Torácica Proximal	Torácica Principal	Toracolombar/Lombar	Tipo de Curva
1	Não-estrutural	Estrutural (Principal)	Não-estrutural	Torácica Principal
2	Estrutural	Estrutural (Principal)	Não-estrutural	Dupla Torácica
3	Não-estrutural	Estrutural (Principal)	Estrutural	Dupla Principal
4	Estrutural	Estrutural (Principal)	Estrutural	Tripla Principal
5	Não-estrutural	Não-estrutural	Estrutural (Principal)	Lombar
6	Não-estrutural	Estrutural	Estrutural (Principal)	Toracolombar/Lombar

Fonte: Adaptada de (LENKE et al., 2001). Tipos de Curva.

Quadro 2 – Modificadores da Classificação de Lenke

Modificadores			Perfil Sagital Torácico T5 – T12	
Modificador da Coluna Vertebral Lombar	LVSC até Ápice Lombar			
A	LVSC entre pedículos	A	- (Hipo)	<10°
B	LVSC toca o corpo (ou corpos) apical	B	N (Normal)	10° – 40°
C	LVSC completamente medial	C	+ (Hiper)	>40°

Curva do Tipo (1 – 6) + Modificador da Coluna Vertebral Lombar (A, B, ou C) + Modificador Sagital Torácico (-, N, ou +)

Fonte: Adaptado de (LENKE et al., 2001) Modificador Lombar (A, B, C) e modificador sagital.

Os casos são considerados cirúrgicos em pacientes esqueleticamente imaturos que apresentam uma angulação de Cobb acima de 40 graus ou estão em progressão contínua da deformidade. Os casos não cirúrgicos são tratados com observação e correção postural, além de coletes para evitar a progressão da deformidade quando o ângulo de Cobb se encontra entre 25 e 40 graus. (ADDAI; ZARKOS; BOWEY, 2020).

As curvas simples como torácica simples, lombar e toracolombar/lombar geralmente não causam tanta controvérsia na literatura quanto aos níveis de fusão a

serem realizados durante a cirurgia de correção, porém as duplas curvas geram discussões dentre os cirurgiões de coluna (ANITHA; PRABHU; KARUNAKAR, 2014).

Estudos frequentes tentam definir a vértebra mais distal a ser instrumentada para fusão, já que ela estará na transição entre o segmento fusionado rígido e o segmento adjacente deformado, porém móvel. Lenke acredita que, para curvas torácicas simples e duplas torácicas que apresentam modificador lombar A ou B, a última vértebra a ser instrumentada é a vértebra toracolombar mais proximal que for cortada pela linha sacral vertical central. Quando o modificador for C, deve-se ir até a vertebra estável (RIZKALLAH et al., 2018).

Com o objetivo de definir os níveis a serem fusionados na correção da escoliose idiopática do adolescente, Suk descreveu uma classificação que considerou simples e de fácil aprendizado. Consegue englobar todos os padrões de curva, prevê os limites da deformidade e define a extensão da fusão, tendo ainda uma boa reprodutibilidade inter e intraobservador (SUK, 2011).

A classificação Suk possui quatro curvas estruturais: torácica simples, dupla torácica, dupla principal e toracolombar/lombar (Quadros 3 e 4). Cada curva ainda pode ser subdividida em A e B (SUK, 2011). Diferente do critério utilizado por Lenke, ele utilizou a vértebra neutra para definir a vertebra distal a ser instrumentada. Portanto, quando pacientes apresentam curvas torácicas simples e uma diferença de não mais de um nível entre a vértebra terminal distal da curva e a vértebra neutra, esta deve ser instrumentada. Já quando a vértebra neutra está dois ou três níveis distal à vértebra terminal distal, a fusão deve se estender ao nível imediatamente proximal à vértebra neutra (RIZKALLAH et al., 2018).

Quadro 3 – Classificação de Suk

Classificação \ Curva	Torácica Proximal	Torácica Principal	Toracolombar / lombar
Torácica Simples	< 30°	> 40°	< 40°
Dupla Torácica	> 30°	> 40°	< 40°
Dupla Principal	< 30°	> 30° (menor que TL/L)	> 40°
Toracolombar / Lombar	< 30°	< 30°	> 40°

Fonte: Adaptado de (SUK, 2011). Tipos da classificação de Suk baseados no valor das curvas.

Quadro 4 – Subtipos da Classificação de Suk

Classificação	Subtipo	Critérios	Fusão Distal
Torácica Simples	A	VN distal = VTD + 1 (0)	VN distal
Dupla Torácica	B	VN distal = VTD + 3 (2)	VN distal - 1
Dupla Principal	A	Inclinação D: LVSC cruza L3 E Inclinação E: L3 com rotação < tipo 2	L3
Toracolombar / Lombar	B	Inclinação D: LVSC não cruza L3 Ou Inclinação E: L3 com rotação >/= tipo 2	L4

Fonte: Adaptado de (SUK, 2011). Critérios para definição dos subtipos e definição do nível de fusão distal.

Alguns estudos têm demonstrado que a preservação de um maior número de segmentos em cirurgia para correção de escoliose levou a uma melhor distribuição do movimento funcional através dos níveis não fundidos (MARKS et al., 2012), e poderia minimizar efeitos degenerativos da sobrecarga em discos e facetas articulares (LEE et al., 2013). Desta forma, diversos estudos têm tentado encontrar a melhor maneira de definir qual a última vértebra (v.) a ser instrumentada numa cirurgia de correção de escoliose, seja levando em conta a vértebra estável, a neutra, inclinação da última v. tocada pela linha vertical sacral central, além também da rotação vertebral

definida por Nash e Moe (SUK, 2011)(ILHARREBORDE et al., 2017)(ERDEM et al., 2018)(RIZKALLAH et al., 2018)(YOSHIHARA, 2019).

Um sistema de classificação para auxiliar no manejo da escoliose deve ser confiável e cada subtipo deve estar relacionado a diferentes prognósticos e estratégias de manejo (ANITHA; PRABHU; KARUNAKAR, 2014).

Os procedimentos para classificação de última geração tendem a ser realizados de maneira manual e assistidas por computador, baseando-se em medidas radiográficas. Bons resultados são relatados quando comparadas classificações realizadas de maneira manual com computador assistidas, com pontos de referência necessários sendo registrados automaticamente (ANITHA; PRABHU; KARUNAKAR, 2014).

Alguns autores têm tentado encontrar outras formas de avaliar a escoliose e de classificá-la. Recentemente surgiu uma classificação que avalia a deformidade da coluna com avaliação sagital, tendo como objetivo definir e manter o equilíbrio sagital do tronco e restaurar a cifose torácica (ABELIN-GENEVOIS et al., 2018). Após avaliação de outro grupo de estudo, foi sugerido que parâmetros sacropélvicos, como: slope sacral, inclinação pélvica e incidência pélvica, devem ser levados em consideração para classificar e definir conduta (FRUERGAARD et al., 2020).

Um algoritmo foi desenvolvido para definição de qual abordagem cirúrgica deve ser realizada na escoliose idiopática. Foi utilizada a classificação de Lenke como base. Segundo os autores, o resultado do algoritmo coincidiu com a decisão de um cirurgião de coluna em 70% dos casos (PHAN et al., 2015).

Recentemente, o diagnóstico não invasivo de EIA tem despertado a atenção de muitos pesquisadores e empresas e, como resultado, existem algumas soluções desenvolvidas e testadas na prática clínica. A maioria dos estudos se baseia na avaliação topográfica da superfície corporal com escaneamento em 3D ou através de ultrassom. Confiabilidade intra e interobservador considerada boa, principalmente na mensuração dos parâmetros de escoliose, e acompanhamento de progressão, porém sem a definição da conduta cirúrgica (LUKOVIĆ et al., 2019).

Na mesma linha de acompanhamento de progressão da deformidade de maneira menos invasiva, foi desenvolvido um software baseado na avaliação da

superfície corporal com mapa de desvio de cores. Entretanto apresenta limitações, pois curvas mais severas ainda necessitam de avaliação radiográfica (HONG et al., 2017).

A inovação tecnológica em saúde está cada vez mais desenvolvida. Existe a possibilidade de criação de softwares com diversas características, sempre na tentativa de melhorar a avaliação dos pacientes com escoliose. Entretanto, tornar a interface simples, de fácil acesso e com usabilidade interessante é um grande desafio.

Atualmente, existem muitos aplicativos para smartphones que são capazes de mensurar alguns parâmetros da escoliose (ELFIKY et al., 2020; PEPE et al., 2017; QIAO et al., 2012). A medição do ângulo de Cobb pode ser feita tanto através da própria movimentação do aparelho, como traçada em uma imagem que foi capturada pela câmera. Entretanto, muitos destes aplicativos não apresentam envolvimento médico declarado, sendo desenvolvidos por programadores que tenham ou não algum treinamento médico, podendo influenciar numa conduta clínica ou cirúrgica a ser realizada (ROBERTSON et al., 2016). Além disso, a simples mensuração dos ângulos de Cobb exige do usuário o conhecimento científico prévio para utilizar a informação adquirida de maneira correta.

Recentemente, uma revisão sistemática avaliou 78 aplicativos para smartphone que tinham como objetivo realizar a triagem de escoliose, utilizando o escoliômetro, uma ferramenta clínica de mensuração através da giba desencadeada pela deformidade. Os resultados mostraram equivalência e, em alguns casos, superioridade da mensuração através do aplicativo em relação ao padrão (NAZIRI et al., 2018).

É possível encontrar aplicativos relacionados à coluna em todas as plataformas. Eles podem ser subdivididos em aplicativos para mensuração clínica da escoliose, mensuração radiológica dos ângulos, orientações aos pacientes sobre as diversas patologias da coluna e como forma educacional para médicos (ROBERTSON et al., 2016). Porém, nenhum deles foi capaz de reunir mensuração de ângulos, educação através de instruções e definição de um planejamento cirúrgico, com um passo a passo guiado, num só aplicativo.

1.1 Justificativa

Na Escoliose Idiopática do Adolescente, o procedimento cirúrgico normalmente é realizado em meninas jovens, as quais ainda utilizarão a coluna em atividades diárias, práticas de esporte e durante o trabalho no decorrer dos seus anos de vida. Como o tratamento consiste em fusionar a coluna após a correção da deformidade, quanto mais níveis da coluna puderem ser preservados, melhor, pois as cargas mecânicas do dia a dia vão sobrecarregar os níveis móveis e levar à degeneração de discos e facetas articulares precocemente (LEE et al., 2013).

A decisão sobre os níveis a serem instrumentados na cirurgia requer um planejamento simples, eficaz, objetivo e preciso (SUK, 2011)(RIZKALLAH et al., 2018). O planejamento cirúrgico manual é bastante utilizado na prática clínica e no ambiente de ensino. Nele há o primeiro contato do avaliador com os parâmetros de mensuração e se aprendem as referências anatômicas a serem observadas. Porém, a exigência de ter à disposição instrumentos como um lápis específico, goniômetro, negatoscópio e um ambiente propício, tornam sua realização mais complexa.

Além disso, tanto o cirurgião de coluna já experiente, como o residente em formação que está tendo os primeiros contatos com a cirurgia de coluna, devem conhecer e lembrar de uma sequência de etapas a serem cumpridas em ordem para que o planejamento cirúrgico seja realizado de maneira correta. Com essa dificuldade, muitos planejamentos são realizados de acordo com a experiência de cada cirurgião, não seguindo um padrão cirúrgico. Isso pode levar a erros de técnica, não obtendo um resultado favorável, seja por uma abordagem cirúrgica que não engloba todos os níveis necessários, ou a fusão de vértebras a mais que o indicado. Já o médico residente, quando não aprende a forma correta de planejar uma cirurgia durante a sua formação, leva os mesmos erros para sua vida profissional.

A classificação de escoliose desenvolvida por Suk, que orienta através dos ângulos de Cobb, vértebra neutra e vértebras terminais, o planejamento cirúrgico a ser realizado, é considerada de fácil aprendizado e tem bons resultados quando comparados a outras classificações (SUK, 2011)(RIZKALLAH et al., 2018).

Com o avanço tecnológico em saúde, é possível desenvolver um aplicativo para smartphone que consiga entregar, para médicos cirurgiões de coluna e médicos residentes em formação, um sistema sequencial de planejamento cirúrgico em escoliose idiopática do adolescente onde cada passo será orientado, seguindo os critérios desenvolvidos por Suk. A medição dos parâmetros radiológicos de maneira digital tela de um smartphone, associado a um passo a passo sequencial com instruções em cada etapa para definição das curvas e níveis vertebrais a serem abordados, pode facilitar o planejamento, minimizar os erros de uma mensuração manual e possível negligência de alguma etapa essencial, levando um melhor resultado para o paciente, além de funcionar como guia de fácil acesso.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Desenvolver um aplicativo para smartphone capaz de auxiliar no planejamento de cirurgias corretivas de Escoliose Idiopática do Adolescente.

2.2 Objetivos específicos

- Simular o planejamento de uma cirurgia de EIA, seguindo a classificação descrita por Suk;
- Avaliar a usabilidade e utilidade do aplicativo entre cirurgiões de coluna, médicos ortopedistas gerais e médicos residentes;
- Quantificar o tempo dispendido durante o teste de usabilidade do aplicativo;
- Medir a acurácia do aplicativo quanto à medição do ângulo de Cobb e definição da vértebra neutra, em relação à forma convencional, manual.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em duas fases: a primeira que contou do desenvolvimento de um aplicativo capaz de auxiliar o cirurgião de coluna a planejar o tratamento cirúrgico da Escoliose Idiopática do Adolescente; a segunda fase, um estudo do tipo experimental, controlado, transversal e aplicado. Seguido com a realização dos testes de usabilidade e de eficácia do aplicativo no tratamento desta desordem.

O estudo foi aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa da Unichristus. Número do Parecer: 4.311.351. (ANEXO A)

3.1 Aspectos éticos

O presente projeto, bem como os procedimentos que foram adotados ao longo da pesquisa, foram submetidos à análise do Comitê de Ética em Pesquisa da Unichristus e obedeceram a Resolução Normativa 466/12 (Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisas Envolvendo Seres Humanos), bem como a Resolução Normativa 01/97/HCPA que diz respeito à Utilização de Dados referentes a Prontuários de Pacientes e de Bases de Dados em Projetos de Pesquisa, dispendo:

- O acesso aos dados registrados em prontuários para fins de pesquisa científica foi autorizado apenas para pesquisadores com um projeto de pesquisa aprovado pela Comissão de Ética e Pesquisa em Saúde;
- Os participantes foram previamente informados sobre a pesquisa e uma vez aceitando participar da mesma, preencheram e assinaram o termo de Consentimento Livre Esclarecido (APÊNDICE A);
- Todas as pessoas, pesquisadores ou colaboradores, mantiveram o compromisso com a privacidade e confidencialidade dos dados utilizados, preservando, integralmente, o anonimato dos pacientes.

- Os dados obtidos foram utilizados somente para o projeto ao qual se vinculam. Todo e qualquer outro uso que venha a ser planejado, deverá ser objeto de novo projeto de pesquisa, que deverá ser submetido à apreciação da Comissão de Ética e Pesquisa em Saúde.

A observação dos princípios éticos implica garantir, entre outros aspectos, os seguintes: Autonomia; Não-maleficência; Beneficência e Justiça.

3.2 Desenvolvimento do aplicativo

Após a aprovação no Comitê de ética, foi dado início ao projeto para o desenvolvimento do aplicativo.

Atualmente, existem três sistemas operacionais (SO) principais: Android® da Google (Palo Alto, Califórnia), sistema iOS® da Apple (Cupertino, Califórnia) e o Windows Phone® da Microsoft (Redmond, Washington).

Esses sistemas operacionais permitem a criação de diversos tipos de aplicativos, fornecendo recursos para configuração de diferentes dispositivos, tamanhos de telas e processadores.

O desenvolvimento do aplicativo foi realizado no setor de criação da Unichristus, e utilizou as seguintes ferramentas: a IDE (*Integrated Development Environment*) Android Studio®; Biblioteca SDK (*Software Development Kit*) do Android®; o Sistema Emulador do Android® com APIs (*Application Programming Interface*) da Google; e a biblioteca OpenCV (*Open Source Computer Vision Library*) para o desenvolvimento das funções de processamento de imagens presentes no aplicativo.

As características agregadas para a criação do aplicativo capaz de realizar a captura, edição de imagem e definição de um algoritmo para planejamento cirúrgico foram listadas abaixo:

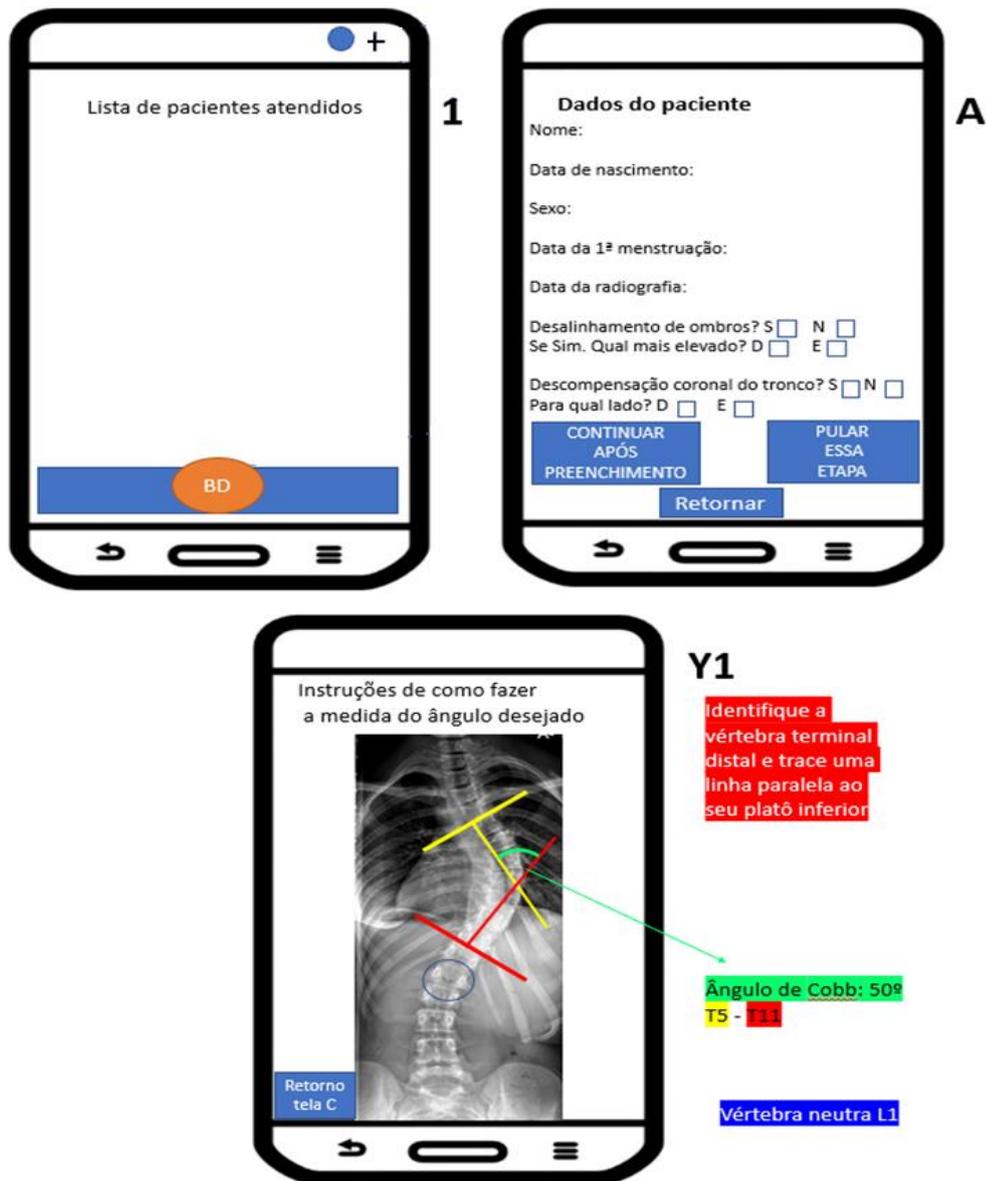
- Adquirir até três imagens a partir de câmera fotográfica de um dispositivo móvel, por paciente;

- Oferecer ao usuário um tutorial, que o auxilie quanto à aquisição de imagem, orientando-o em relação à luminosidade do ambiente e ao contraste da foto;
- Oferecer ferramentas de auditoria de qualidade da imagem, que permitam ao usuário adquirir: "fotografia visível e de boa qualidade", podendo, o usuário, repetir o procedimento de aquisição de imagem até que se obtenha uma condição satisfatória de nitidez e de qualidade da imagem adquirida;
- Permitir ao usuário a marcação de pontos através de círculos que possam ser movidos de posição por acionamento de toque, pela polpa digital de um dos dedos das mãos;
- Criar uma sequência que guie os passos a serem seguidos de acordo com as respostas e angulações apresentadas nas imagens que serão editadas;
- Traçar retas entre pontos marcados pelo usuário, além de angulações entre essas retas, para definir o ângulo de Cobb na primeira imagem capturada (radiografia panorâmica da coluna em AP);
- Traçar uma reta entre os pontos marcados para criar uma linha vertical perpendicular ao solo que corresponderá à linha vertical sacral central na segunda imagem capturada (radiografia panorâmica da coluna em AP com inclinação para a direita);
- Apresentar o modelo da classificação de rotação vertebral de Nash e Moe para identificação pelo usuário na terceira imagem capturada (radiografia panorâmica da coluna em AP com inclinação para a esquerda);
- Expor ao usuário a classificação final da Escoliose Idiopática do Adolescente e o planejamento dos níveis a serem abordados de acordo com Suk;
- Tornar a interface simples e amigável.

Foi estabelecido fluxo de atividades, que envolveu reuniões mensais entre o orientador e orientado deste estudo, durante o primeiro ano de desenvolvimento. A partir do segundo ano, as reuniões ocorreram de forma quinzenal, a partir da criação da versão protótipo. A cada reunião, geraram-se demandas que foram repassadas ao programador de softwares. Um esboço, visual e de funções, das telas do aplicativo foi criado pelo autor e montado em apresentação de Power Point® (Figura 4), com o objetivo de deixar claro para o programador a sequência de telas necessárias e o passo a passo que deveria ser seguido para encontrar o melhor resultado. Assim, foram delineados os recursos que deveriam estar presentes na versão inicial. Foram

realizadas reuniões mensais com o programador, além de contato semanal para correção de pequenas falhas percebidas no aplicativo.

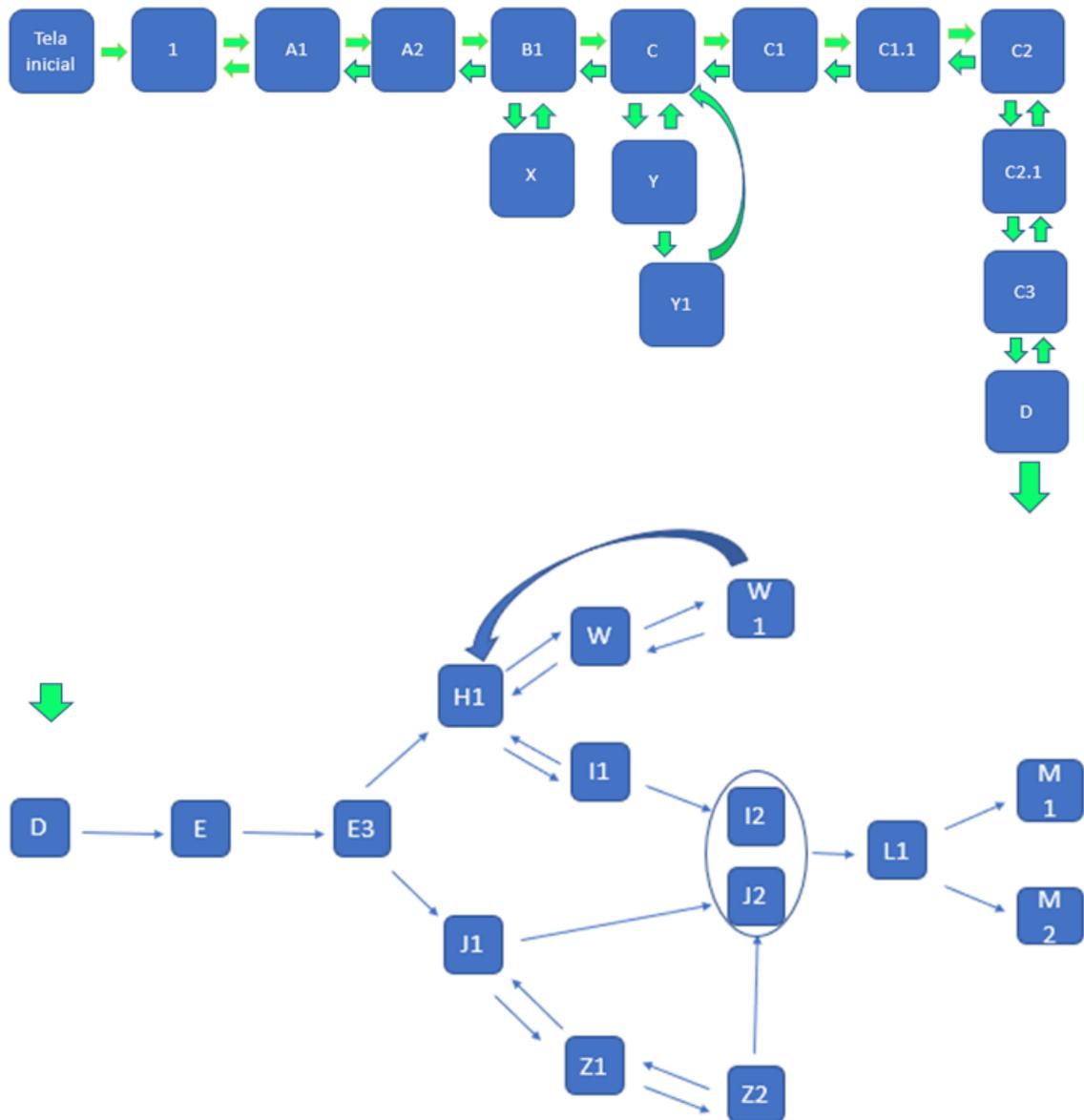
Figura 4 – Modelo inicial de telas



Fonte: Elaborada pelo autor. Telas criadas pelo autor para apresentação na reunião com programador.

Após criar as telas iniciais e apresentá-las ao programador, o autor criou fluxogramas que representavam as possibilidades de caminhos que o usuário do aplicativo seguiria a partir dos cliques e respostas dadas em cada etapa (Figura 5).

Figura 5 – Fluxogramas de sequência de cliques



Fonte: Elaborada pelo autor. Modelo inicial de sequência de cliques e mudança de telas.

A partir deste momento, foi criado um protótipo do aplicativo para ser validado e posteriormente testado quanto a sua usabilidade e aceitação.

Todo o *layout* e a *interface* do aplicativo foi realizado para que possa ser de fácil compreensão, de fácil visualização e manuseio, tornando-o de uso rápido.

Ao fim da produção do aplicativo, o mesmo recebeu o nome de Scoliplan.

3.3 Teste de usabilidade

Após o desenvolvimento do aplicativo, este foi submetido a um teste de usabilidade através do planejamento de uma cirurgia de correção de escoliose e aplicação do questionário SUS. Além disso, realizou-se comparativos entre o planejamento convencional manual, até então o padrão-ouro, e através do aplicativo desenvolvido. Foram levantadas as seguintes questões: se a proposta de planejamento pré-operatório via aplicativo de smartphone é viável; se os resultados obtidos com o uso do dispositivo móvel são equiparáveis aos obtidos em um planejamento tradicional; se o tempo utilizado para realizar o planejamento via aplicativo é menor do que quando se realizava o planejamento tradicional; se o sistema desenvolvido apresentava bons níveis de usabilidade, de utilidade para a prática clínica, se o aplicativo funciona como auxílio para médicos residentes em formação; e, quais os pontos positivos, negativos e sugestões de melhoria à proposta apresentada.

3.3.1 População e amostra

Foram convidados a participar do estudo cirurgiões de coluna, membros da Sociedade Brasileira de Coluna (SBC), ortopedistas membros da Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia (SBOT) que atuam como preceptores em programas de residência médica e médicos residentes de ortopedia e traumatologia do segundo e terceiro anos. Existem atualmente em Fortaleza, 14 cirurgiões de coluna que são membros efetivos da SBC segundo site da sociedade.

Foram excluídos do estudo, os participantes que não responderam completamente os questionários, os que realizaram somente uma das etapas do teste de usabilidade, além daqueles que expressaram não ter habilidade com inovações tecnológicas. Neurocirurgiões foram excluídos do estudo devido ao baixo número de especialistas que realizam cirurgia para correção de deformidades.

O número final de participantes que cumpriram os critérios foi 36. Foram

distribuídos em 3 grupos de acordo com seu grau de formação: residentes de ortopedia, ortopedistas preceptores de residência médica e cirurgiões de coluna.

Segundo Sauro (2011), o tamanho mínimo da amostra para se produzir dados estatisticamente significativos é de 12 participantes (SAURO, 2011b).

A cirurgia a ser planejada foi uma correção de Escoliose Idiopática do Adolescente, a qual necessita definição de níveis vertebrais a serem abordados para a fusão.

3.3.2 Instrumentos

Para avaliação dos resultados deste estudo, foi desenvolvido um questionário de avaliação (APÊNDICE B), que tem como base outros questionários existentes. Foi dividido em duas partes: Parte 1, baseada no questionário – SUS (BROOKE, 1996), validado em língua portuguesa, em 2011 (TENÓRIO et al., 2010), que objetiva coletar informações sobre a facilidade de uso (Usabilidade) do aplicativo desenvolvido e a simplicidade em aprender a usá-lo (Facilidade de Aprendizado); Parte 2, baseada no Modelo de Aceitação de Tecnologia de Davis (DAVIS, 1989), voltada para identificar o nível de utilidade do sistema, percebido pelos usuários, utilidade percebida, durante o planejamento de uma cirurgia de correção de EIA.

A escala SUS caracteriza-se como um modelo de fácil aplicação para averiguação da usabilidade de sistemas (ALAMER; AL-OTAIBI; AL-KHALIFA, 2015; SCHMITZ et al., 2013; TABUENCA et al., 2014; ZBICK et al., 2015). O questionário da escala SUS é composto por 10 questões (ou itens), cada uma com cinco opções de respostas, que seguem a escala Likert de 5 pontos: de 1 (discordo plenamente) a 5 (concordo plenamente), em que 3 significa neutro.

Para calcular a pontuação referente à parte 1 do instrumento de avaliação, foram somadas as contribuições de cada item de pontuação. Para as questões redigidas positivamente (1, 3, 5, 7 e 9), a contribuição da pontuação é o valor da resposta menos 1. Para as questões redigidas negativamente (2, 4, 6, 8 e 10), a contribuição é igual a 5 menos o valor da resposta. Posteriormente, somam-se os

valores das contribuições das 10 questões e multiplica-se por 2,5 para se obter o valor do escore SUS. Conforme afirmado por Sauro (2011), o SUS foca na análise de dois fatores principais do sistema: usabilidade, compreendido pelas questões 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 e 9; e facilidade de aprendizado, compreendido pelas questões 4 e 10 (SAURO, 2011a).

Seguem, abaixo, as 10 questões que compõem a Parte 1 do instrumento de avaliação desta dissertação e que são baseadas no questionário SUS.

- 1) Eu acho que gostaria de usar essa aplicação frequentemente.
- 2) Eu achei essa aplicação desnecessariamente complexa.
- 3) Eu achei a aplicação fácil para usar.
- 4) Eu acho que precisaria do apoio de um suporte técnico para usar essa aplicação.
- 5) Eu achei que as várias funções da aplicação estavam bem integradas
- 6) Eu achei que havia muita inconsistência na aplicação.
- 7) Imagino que a maioria das pessoas possa aprender a utilizar este aplicativo muito rapidamente.
- 8) Achei a aplicação muito complicada de se usar.
- 9) Eu me senti muito confiante em utilizar esta aplicação.
- 10) Eu precisei aprender várias coisas antes que eu pudesse começar a usar essa aplicação.

Para elaboração das questões que compõem a Parte 2 do instrumento de avaliação, tomou-se como base o Modelo de Aceitação de Tecnologia de Davis (Davis' Technology Acceptance Model – TAM), que permite a quantificação do grau de utilidade percebida pelos usuários de determinada aplicação (AKMAN; TURHAN, 2017; CHANG; HUANG, 2015; MUK; CHUNG, 2015; RATNA; BYTCO, 2015). As questões que compõem a Parte 2 do instrumento são listadas a seguir.

- 11)A medição do ângulo de Cobb através do aplicativo poderá auxiliar o cirurgião na tomada de decisão durante o planejamento da cirurgia de Escoliose.
- 12)A possibilidade de traçar a Linha Vertical Sacral Central na foto da radiografia coletada pelo aplicativo poderá auxiliar no planejamento da cirurgia de Escoliose.

13) A apresentação do modelo de rotação vertebral proposto por Nash-Moe auxilia o cirurgião a definir corretamente qual o tipo, levando a menor chance de erro no planejamento cirúrgico.

14) Acredito que a padronização através de um passo-a-passo proposto pelo app pode auxiliar no aprendizado de médicos residentes quanto ao planejamento cirúrgico em Escoliose.

15) Acredito que a padronização através de um passo-a-passo proposto pelo app pode auxiliar no planejamento de cirurgias de Coluna quanto ao planejamento cirúrgico em Escoliose.

16) Me parece uma tecnologia útil para planejamento da cirurgia de correção de Escoliose

17) Ajudou-me a compreender melhor os conceitos relacionados ao planejamento de uma Escoliose.

3.3.3 Desenvolvimento do estudo

Inicialmente, foi criado um caso fictício de escoliose idiopática do adolescente baseado na realidade, utilizando imagens radiográficas de um banco de dados de um cirurgião de coluna. O cirurgião preencheu do termo de fiel depositário autorizando o uso da imagem do seu banco de dados (APÊNDICE C).

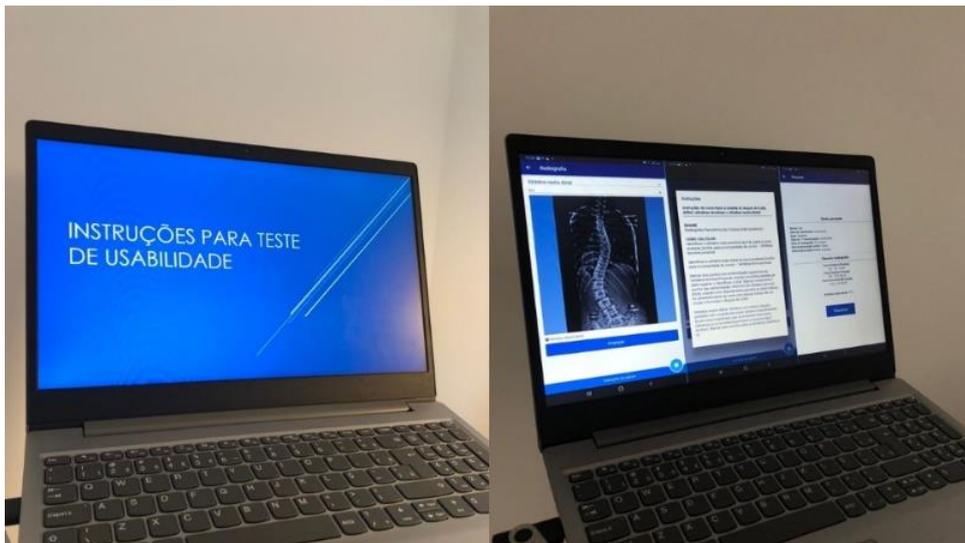
O caso clínico é de uma jovem do sexo feminino, 16 anos e menarca aos 12 anos, sem identificação, que apresenta deformidade na coluna de início na adolescência e gera um desequilíbrio coronal do seu tronco para a esquerda e elevação do ombro direito na avaliação clínica. Ao realizar o teste de Adams, apresenta giba lombar a esquerda e torácica à direita. Na radiografia panorâmica de coluna vertebral total em ortostase, a paciente apresenta uma dupla curva estruturada (torácica e lombar) e uma curva compensatória na região torácica proximal. As radiografias de coluna total panorâmicas em AP, além de inclinações para a direita e esquerda ficaram disponíveis aos participantes. O caso criado é comum na prática clínica.

Durante o teste de usabilidade, o avaliador e o participante ficaram em uma

sala bem iluminada e silenciosa. O avaliador ficou responsável de explicar o passo-a-passo do teste. Inicialmente, foi realizada a leitura do termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE A), retiradas as dúvidas sobre a pesquisa e solicitado a assinatura pelo participante. Foi realizada uma revisão dos principais pontos e objetivos da classificação de Suk a todos os participantes antes de iniciar o teste com uma apresentação simples e objetiva criada no Power Point®.

A mesma apresentação trazia um guia de instruções detalhado de como realizar o planejamento via aplicativo, orientando como selecionar as imagens da galeria, seleção das vertebra terminais e avanço até o objetivo final de planejamento.

Figura 6 – Instruções para teste de usabilidade e utilização do aplicativo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O teste de usabilidade foi realizado de maneira individual, e seguiu uma randomização entre qual planejamento foi realizado primeiro, manual ou no aplicativo. Portanto, o primeiro participante realizou inicialmente o planejamento manual e após cerca de 15 minutos, realizou o planejamento no aplicativo, já o segundo participante realizou o planejamento no aplicativo e posteriormente realizou de forma manual. Esta alternância foi seguida em todos os participantes. Todos os participantes tiveram seu primeiro contato com o aplicativo no momento da avaliação.

Foi entregue ao participante um modelo de caso clínico impresso em folha

A4, apresentando a história da doença atual e os dados clínicos da paciente. Em folhas separadas, foram impressas as radiografias panorâmicas da coluna vertebral em na visão posterior, inclinação lateral direita e lateral esquerda em alta qualidade.

Figura 7 – Realização do teste de usabilidade.



Fonte: Elaborada pelo autor

Foi disponibilizado ao participante um estojo com goniômetro, um lápis preto 4b e uma borracha. O modelo da classificação de escoliose de Suk e o modelo de classificação de rotação vertebral de Nash-Moe também foram disponibilizados para que o participante pudesse tirar suas dúvidas durante o planejamento.

O planejamento cirúrgico pelo aplicativo foi realizado em um tablet Samsung® A7 Lite com tela de 8,1 polegadas. O participante recebeu o tablet com o aplicativo Scoliplan já acessado. Após o preenchimento inicial dos dados do paciente, o cronômetro foi iniciado. As imagens radiográficas do mesmo caso clínico já se encontravam na galeria do tablet e, ao ser solicitado pelo aplicativo, o participante selecionou a radiografia panorâmica da coluna para dar início à medição dos ângulos de Cobb das três curvas, selecionando suas vértebras terminais, e definição da vértebra neutra. Após avançar, o aplicativo realizou a classificação parcial e solicitou

novas imagens radiográficas em inclinação para definição do planejamento após a resposta de duas perguntas referentes ao caso estudado.

O avaliador ficou responsável por cronometrar o tempo gasto para realização da primeira etapa do teste, que consistia na medição dos ângulos de Cobb e classificação inicial segundo Suk, utilizando a radiografia panorâmica da coluna na visão posterior, além de cronometrar também a segunda etapa que consistia em avaliar as radiografias em inclinação para finalizar a classificação e definir o planejamento cirúrgico final.

Todos os dados coletados foram descritos pelo avaliador em duas fichas de coletas de dados (APÊNDICE D) (dados do planejamento manual e pelo aplicativo), para posteriormente realizar a extração dos dados e comparar os resultados alcançados.

Os resultados foram comparados para avaliar se houve diferença significativa entre os níveis escolhidos para a fusão, diferença dos ângulos de Cobb, classificação encontrada e tempo tanto intra como interobservador.

Após a fase de teste, os participantes foram convidados a responder dois questionários. Para a avaliação da usabilidade foi utilizado o questionário SUS (Parte – 1 APÊNDICE B) que é composto por 10 questões (ou itens), cada uma com cinco opções de respostas, que seguem a escala Likert de 5 pontos: de 1 (discordo plenamente) a 5 (concordo plenamente), em que 3 significa neutro.

Além disso, foi aplicado o Modelo de Aceitação de Tecnologia de Davis (Parte – 2 APÊNDICE B) (DAVIS, 1989), voltado para identificar o nível de utilidade do sistema, percebido pelos usuários, (Utilidade Percebida), durante o planejamento de uma cirurgia para correção de EIA.

Para elaboração das questões que compõem a Parte 2 do instrumento de avaliação tomou-se como base o modelo TAM, porém foram realizadas adaptações específicas para o contexto da EIA.

Tanto o questionário SUS e o modelo TAM, como a ficha de coleta de dados, passaram por uma validação prévia com dois cirurgiões de coluna com expertise em cirurgia de escoliose.

3.4 Análise Estatística

Os dados foram expressos em forma de frequência absoluta e percentual ou média e desvio-padrão e comparados entre as categorias profissionais por meio dos testes qui-quadrado de Pearson ou exato de Fisher e Kruskal-Wallis/Dunn, respectivamente. A comparação entre App e Manual foi realizada considerando toda a amostra e em cada categoria profissional por meio dos testes de McNemar e Wilcoxon. Todas as análises foram realizadas adotando uma confiança de 95% no software SPSS v20.0 para Windows.

4 RESULTADOS

4.1 Modelo inicial do Aplicativo

O aplicativo Scoliplan foi desenvolvido com o objetivo de auxiliar na realização do planejamento cirúrgico em Escoliose Idiopática do Adolescente.

Ao clicar sobre o ícone do aplicativo, a tela inicial com o logotipo e o nome do aplicativo aparecem enquanto o carregamento é concluído (Figura 8).

Figura 8 – Tela de início do Aplicativo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A seguir, a tela 2 apresenta o local onde ficarão registrados os pacientes já cadastrados no aplicativo, apresentando dados como: nome, data de nascimento, sexo, data da radiografia que foi utilizada no planejamento, além das características clínicas relacionadas ao possível desalinhamento do ombro e desequilíbrio coronal do tronco com suas respectivas lateralidades. Além disso, apresenta um botão na região inferior direita da tela com o ícone (+) para adicionar novos pacientes. (Figura 9).

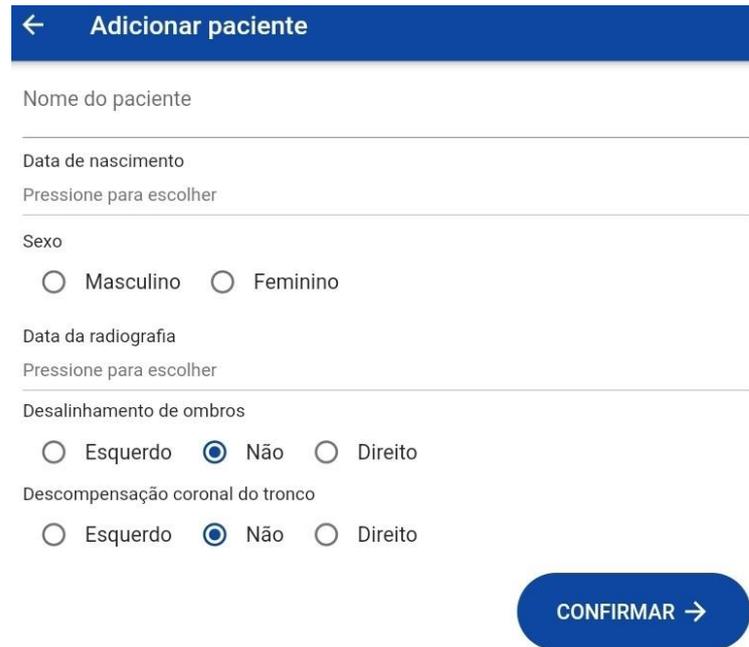
Figura 9 – Lista de pacientes cadastrados e novo cadastramento.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao clicar no botão (+), é iniciada a tela de cadastro (Figura 10). Nesta tela é solicitado o preenchimento do nome do paciente, marcação do sexo, sendo solicitada a data da primeira menstruação caso seja selecionado o sexo feminino. Além disso, as informações já descritas previamente, como descompensação coronal do tronco e desalinhamento de ombros são possíveis de serem selecionadas para direita, esquerda ou neutro, caso não haja alteração.

Figura 10 – Tela de cadastro de novo paciente.



← Adicionar paciente

Nome do paciente

Data de nascimento
Pressione para escolher

Sexo
 Masculino Feminino

Data da radiografia
Pressione para escolher

Desalinhamento de ombros
 Esquerdo Não Direito

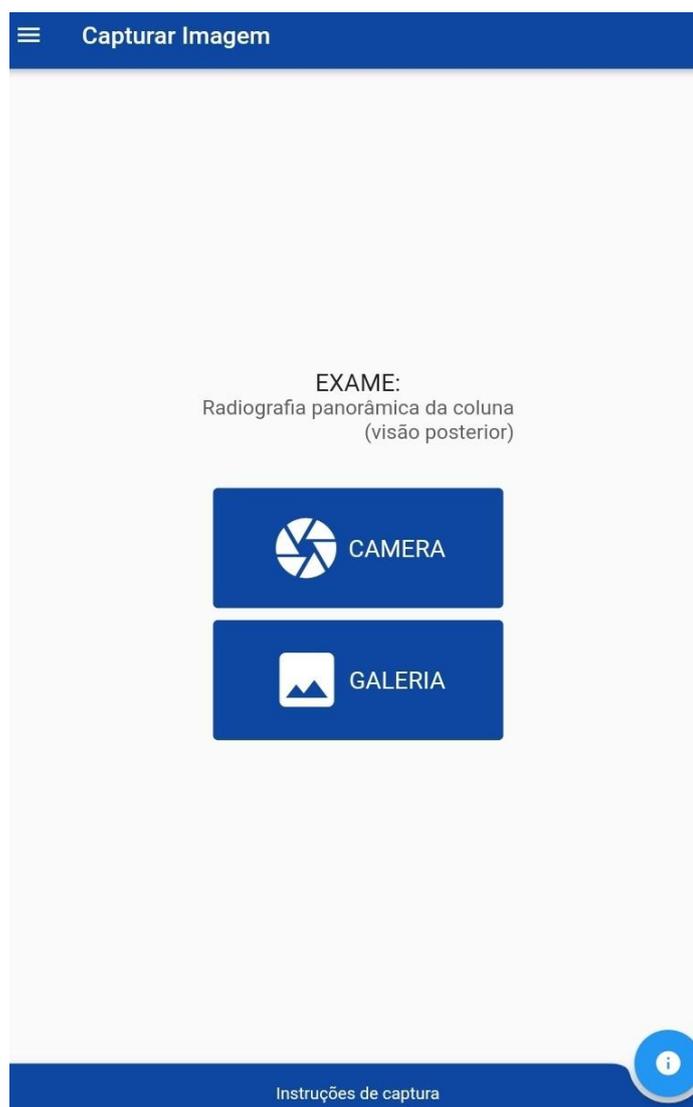
Descompensação coronal do tronco
 Esquerdo Não Direito

CONFIRMAR →

Fonte: Elaborada pelo autor

Após clicar no botão “confirmar”, é solicitado que o usuário selecione em um arquivo da galeria ou capture através da câmera do smartphone a imagem da radiografia panorâmica de coluna vertebral na visão posterior (Figura 11). Ferramentas de informação sobre qualidade da imagem e posição para captura da imagem estão disponíveis no botão de informação na região inferior da tela com o ícone (i).

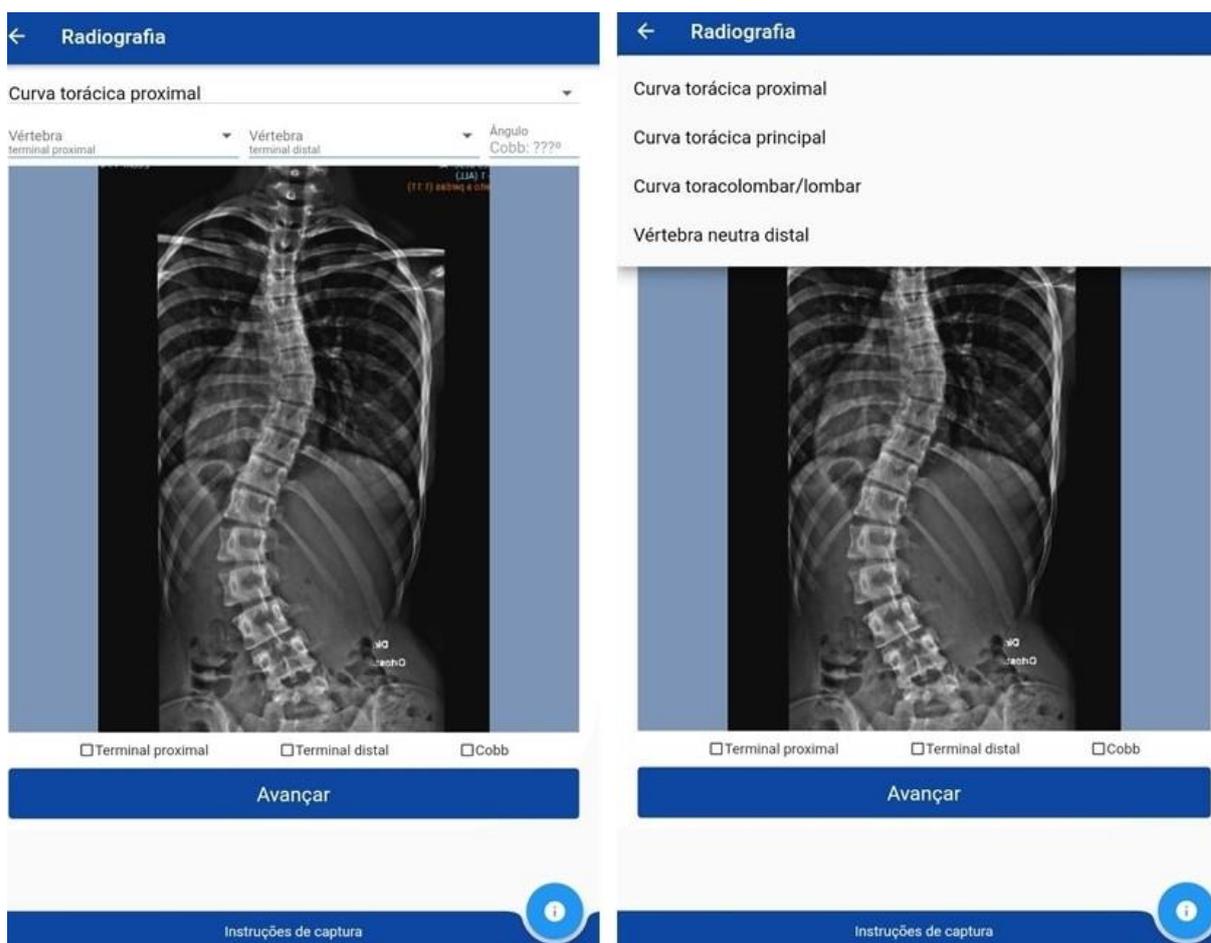
Figura 11 – Tela de Captura de imagem.



Fonte: Elaborada pelo autor

Na tela seguinte, a imagem radiográfica escolhida está carregada ao centro, e uma janela superior à imagem identifica qual curva está sendo mensurada naquele momento. A seta ao lado direito abre a possibilidade de modificar qual curva será mensurada (Figura 12). Após selecionar a qual a curva a ser estudada. Logo abaixo estão duas outras janelas onde serão definidas as vertebrae terminais proximal e distal que compõem a curva. Ao clicar na seta lateral, é aberta a possibilidade de definição das vértebras.

Figura 12 – Telas de definição das vértebras terminais.

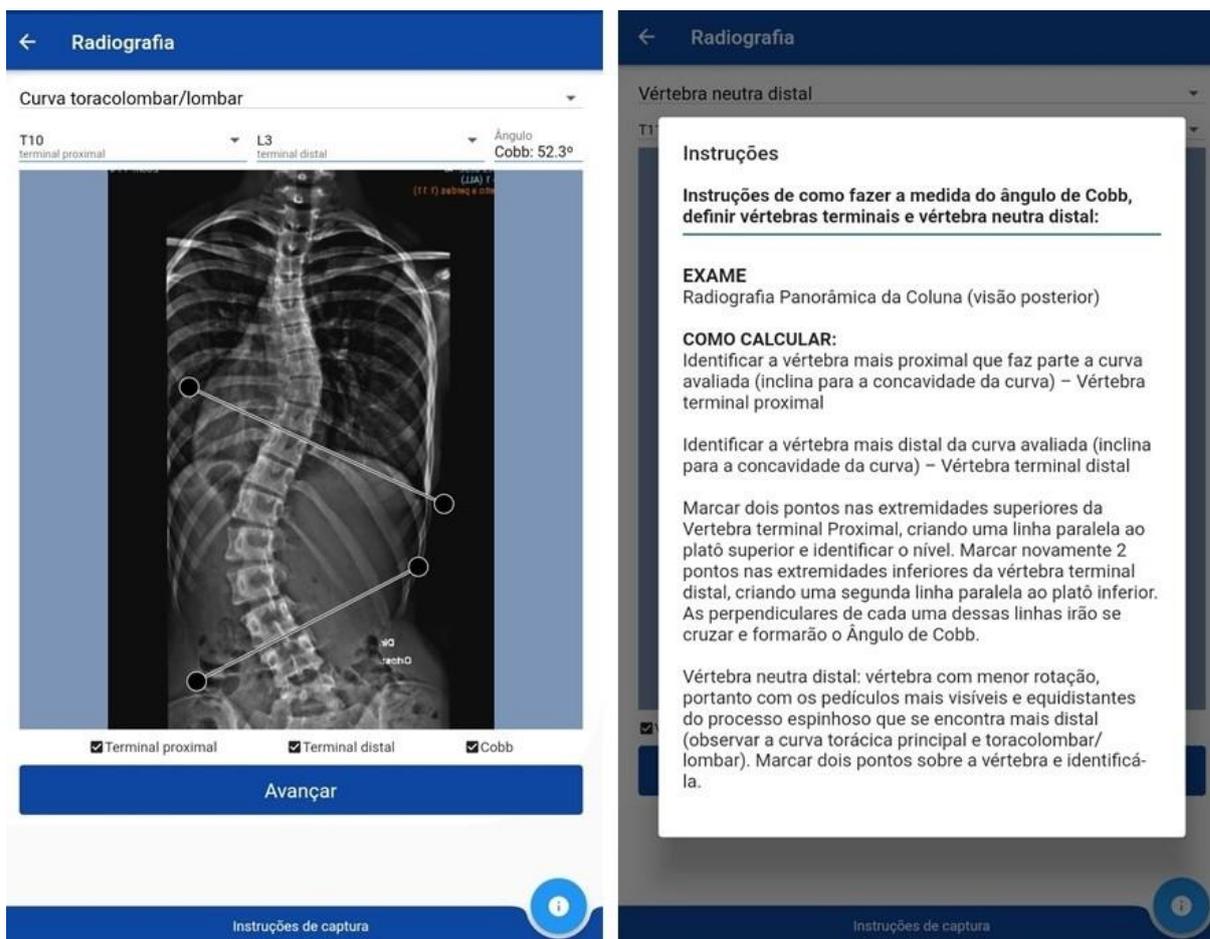


Fonte: Elaborada pelo autor.

Logo em seguida, surgem na tela os dois pontos ligados por uma reta que devem ser posicionados pelo usuário no platô superior da vertebra terminal proximal e no platô inferior da vértebra terminal distal, definindo o valor do ângulo de Cobb encontrado na respectiva curva. A opção de instrução no ícone (i) na região inferior da tela orientará com detalhes a forma de realizar a marcação. (Figura 13).

A outras duas curvas que compõem a escoliose seguem o mesmo padrão de seleção de vertebra terminais e marcação dos platôs vertebrais.

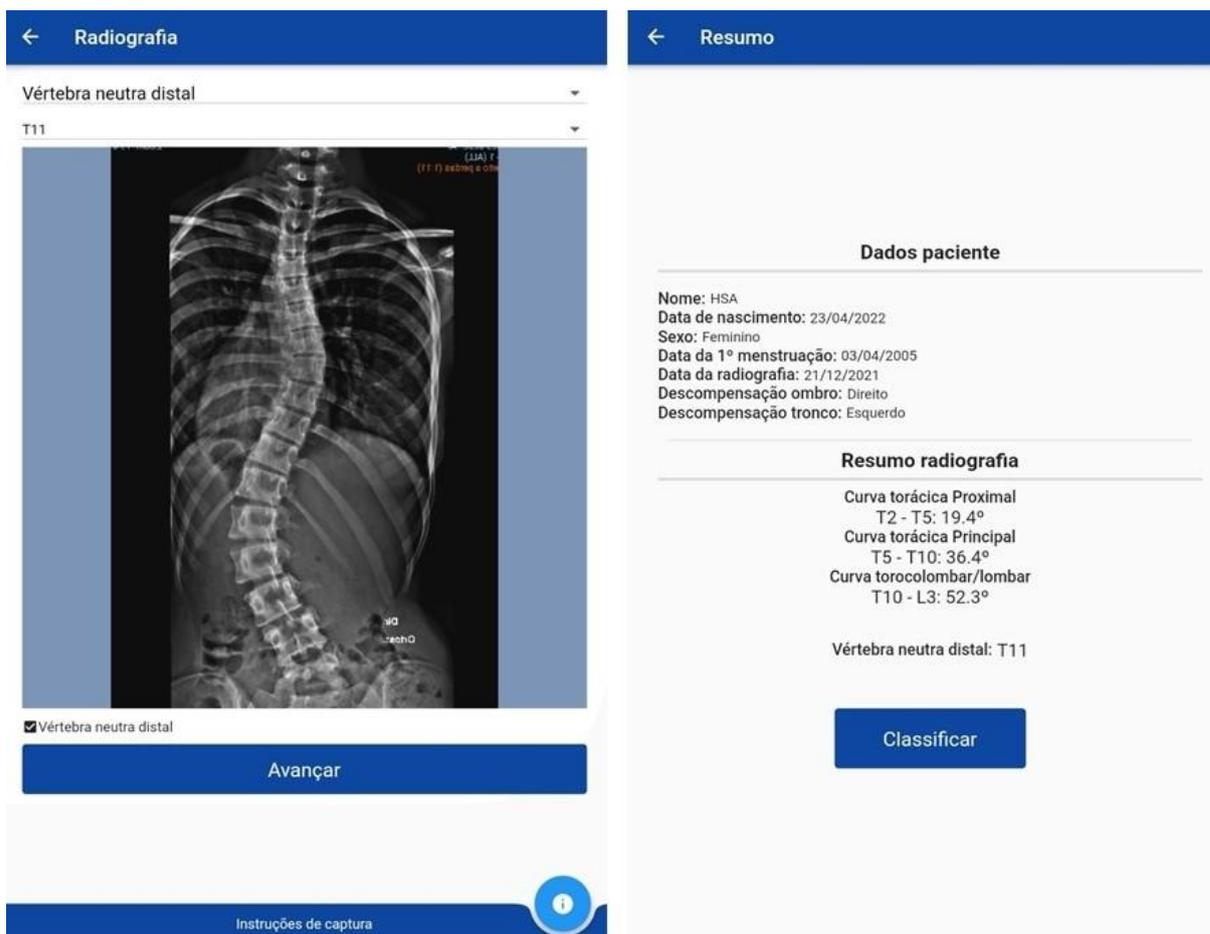
Figura 13 – Marcação de vértebras e Instruções.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O próximo passo é a identificação da vertebra neutra distal que é selecionada após clicar na seta lateral da janela superior da tela. Ao analisar a imagem, o usuário define e seleciona, na janela imediatamente inferior, qual a vértebra. Em seguida, ao clicar em avançar, uma nova tela é apresentada. (Figura 14).

Figura 14 – Vértebra neutra e resumo dos parâmetros encontrados.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A tela de resumo apresenta dados clínicos e radiográficos do paciente. O botão classificar é selecionado para avanço.

A tela a seguir já pode definir a classificação final incluindo os subtipos A ou B e o planejamento cirúrgico (Figura 15), quando os tipos encontrados são: Torácica Simples e Dupla Torácica. Entretanto, quando a classificação for Dupla Principal ou Toracolombar/Lombar, o ícone dos subtipos ainda não ficará definido e o aplicativo mostra a mensagem: “Para concluir a classificação desse tipo de escoliose serão necessárias mais informações do paciente”.

O botão “prosseguir” é selecionado para avançar na definição da classificação.

Figura 15 – Tela de Classificação

Classificação

Classificação da Escoliose por Suk

Torácica Simples
 Dupla Torácica
 Dupla Principal
 Toracolombar/Lombar

? Subtipo A
 ? Subtipo B

Resumo radiografia

Curva torácica Proximal
 T2 - T5: 19.4°
 Curva torácica Principal
 T5 - T10: 36.4°
 Curva toracolombar/lombar
 T10 - L3: 52.3°
 Vértebra neutra distal: T11

Planejamento cirúrgico final

Para concluir a classificação desse tipo de escoliose serão necessárias mais informações do paciente

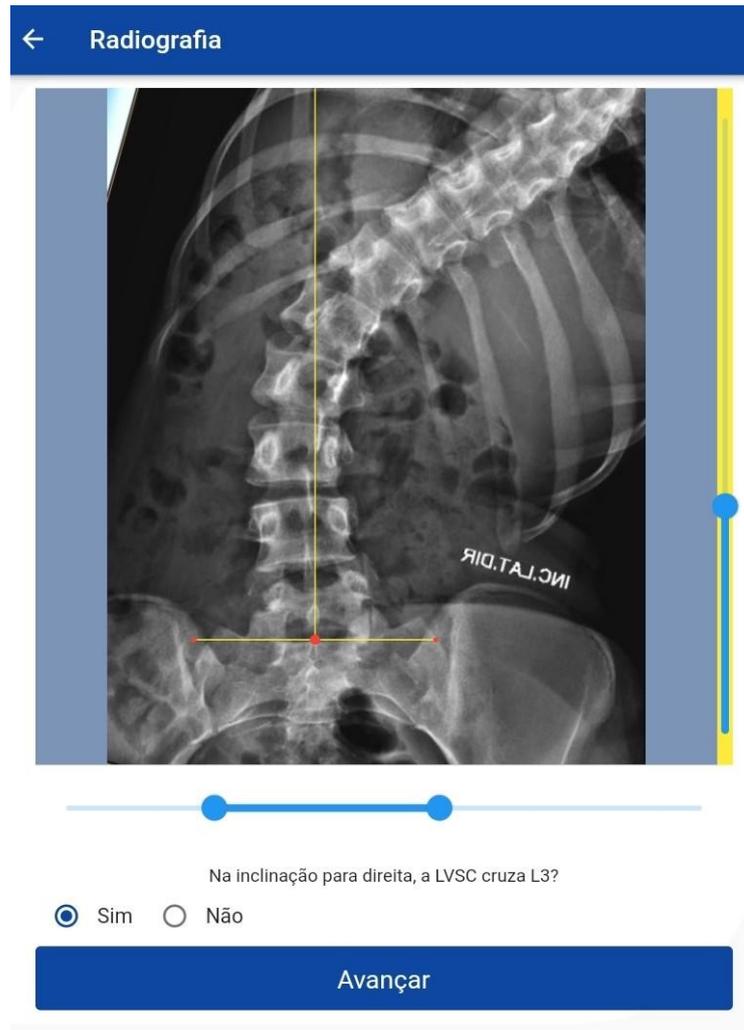
Prosseguir

Fonte: Elaborada pelo autor.

Uma nova tela com solicitação de captura de imagem radiográfica é aberta, porém, neste caso, a solicitação de uma imagem radiográfica com inclinação para o lado direito na visão posterior. Novamente há a opção de captura por fotografia ou seleção na galeria do smartphone. Inferiormente na tela é possível obter informações de como realizar a captura da imagem (botão i).

A imagem radiográfica com inclinação para a direita é apresentada numa tela central. A borda lateral da imagem apresenta um eixo vertical e a borda inferior apresenta um eixo horizontal. Os círculos presentes nas bordas são movimentados ao longo do eixo para desenhar a Linha Vertical Sacral Central (Figura 16). O botão de informação, ao ser selecionado, abre uma janela com informações do melhor posicionamento da linha. Logo abaixo, o aplicativo faz uma pergunta ao usuário: “Na inclinação para a direita, a LVSC cruza L3?”. A resposta selecionada deve ser sim ou não e em seguida, clicar em Avançar.

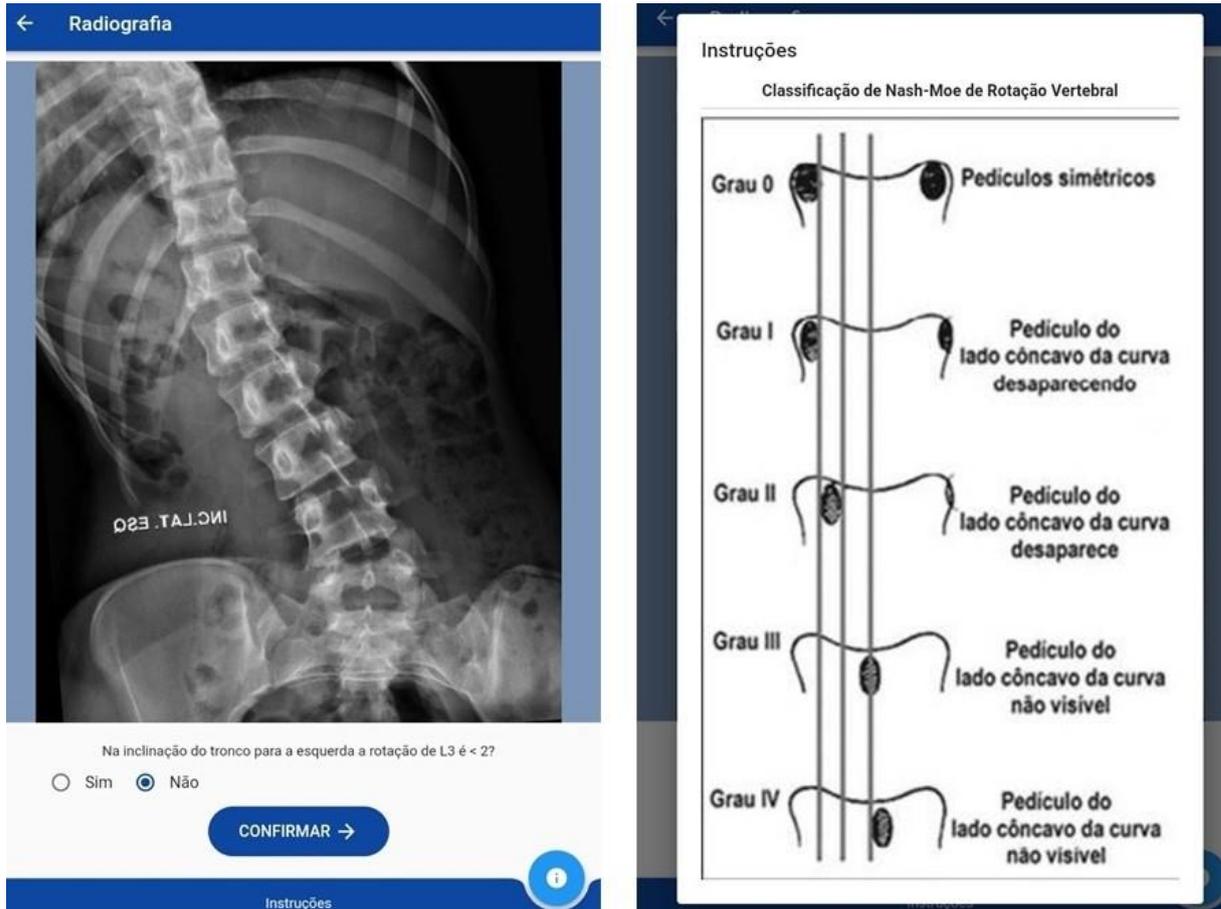
Figura 16 – Tela de Marcação da Linha Vertical Sacral Central.



Fonte: Elaborada pelo autor

A próxima tela solicita que uma imagem radiográfica da coluna com inclinação para esquerda na visão posterior seja selecionada. A imagem surge carregada na tela seguinte com uma pergunta abaixo: “Na inclinação do tronco para esquerda, a rotação de L3 é $<2^\circ$?” (Figura 17) A resposta deve ser sim ou não. O botão de instruções na região inferior da tela (i), ao ser acionado, abre a classificação de rotação vertebral de Nas-Moe para auxiliar na resposta.

Figura 17 – Tela de Definição da VND e Instruções com modelo Nash-Moe.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Após confirmar a resposta, a tela final é apresentada. A classificação completa e o planejamento cirúrgico final com a definição dos níveis vertebrais a serem abordados (Figura 18). Ao selecionar o botão Finalizar, retornamos à tela da lista de pacientes cadastrados atualizada.

Figura 18 – Tela de Classificação Final e Planejamento Cirúrgico

Classificação

Classificação da Escoliose por Suk

Torácica Simples
 Dupla Torácica
 Dupla Principal
 Toracolumbar/Lombar

Subtipo A
 Subtipo B

Resumo radiografia

Curva torácica Proximal
 T2 - T5: 19.4°
 Curva torácica Principal
 T5 - T10: 36.4°
 Curva toracolumbar/lombar
 T10 - L3: 52.3°
 Vértebra neutra distal: T11

Planejamento cirúrgico final

Artrodese com instrumentação
 Vértebra terminal Proximal (T5) até L3

Finalizar

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.2 Teste de usabilidade

O escore SUS da amostra de 36 participantes foi de 75.69. O escore variou de 69.64 até 81.74 com intervalo de confiança de 95%. Os resultados evidenciaram que o aplicativo apresentou um bom nível de usabilidade de acordo com o questionário SUS.

Quando avaliado o escore nos diferentes grupos, não houve diferença significativa nos resultados. Residentes (75.00 ± 7.15), ortopedistas (75.83 ± 6.60), cirurgiões de coluna (76.25 ± 4.59).

A segunda parte do questionário (Tabela 1), que apresentava afirmações relacionadas ao aplicativo baseadas no modelo TAM, foram obtidas respostas da questão 11 até a 17.

Questão 11: todos os 36 participantes do teste responderam que concordam que a medição do ângulo de Cobb pelo aplicativo pode auxiliar o cirurgião no planejamento cirúrgico da EIA.

Questão 12: 35 participantes (97,2%) responderam que a possibilidade de traçar a LVSC pelo aplicativo pode ajudar o cirurgião no planejamento cirúrgico. Somente um participante, do grupo dos ortopedistas, marcou a opção não sei responder.

Questão 13: 36 participantes (100%) marcaram “concordo” com a afirmação de que a apresentação do modelo de rotação vertebral de Nash-Moe no aplicativo diminui a chance de erro no planejamento cirúrgico.

Questão 14: quando questionados se o passo a passo criado pelo app para o planejamento poderia contribuir para o aprendizado de médicos residentes, 22 (61,1%) participantes responderam “contribui muito”, 13 (36,1%) “contribui” e 1 (2,8%) “contribui pouco”. A resposta negativa foi dada por um cirurgião de coluna. O maior percentual de “contribui muito” foi no grupo dos residentes, 91,7%.

Questão 15: 23 (63,9%) participantes assinalaram que o passo a passo criado pelo app contribui para auxiliar cirurgias de coluna no planejamento cirúrgico da EIA. Os outros 13 (36,1%) participantes acreditam que contribui muito.

Questão 16: 35 participantes acreditam que o app é uma tecnologia útil para o planejamento da EIA. “Concordo” foi respondido por 66,7% e “concordo totalmente” por 30,6%. Um participante do grupo de cirurgias de coluna respondeu “indiferente”.

Questão 17: quando se afirmou que o app ajudou o participante a compreender melhor os conceitos relacionados ao planejamento de uma escoliose, 4 (11,1%) foram indiferentes, 18 (50%) concordaram e 14 (38,9%) concordaram totalmente.

Tabela 1 – Respostas da parte 2 do questionário (Modelo TAM)

	Total	Grupos de estudo			p-Valor
		Residentes	Ortopedistas	Cirurgiões de coluna	
Q11					
Discordo	0(0.0%)	0(0.0%)	0(0.0%)	0(0.0%)	1,000 ^b
Concordo	36(100.0%)	12(100.0%)	12(100.0%)	12(100.0%)	
Q12					
Concordo	35(97.2%)	12(100.0%)	11(91.7%)	12(100.0%)	0,358 ^b
Não sei responder	1(2.8%)	0(0.0%)	1(8.3%)	0(0.0%)	
Q13					
Discordo	0(0.0%)	0(0.0%)	0(0.0%)	0(0.0%)	1,000 ^b
Concordo	36(100.0%)	12(100.0%)	12(100.0%)	12(100.0%)	
Q14					
Contribui muito	22(61.1%)	11(91.7%)*	8(66.7%)*	3(25.0%)	0,016^b
Contribui	13(36.1%)	1(8.3%)	4(33.3%)	8(66.7%)*	
Contribui pouco	1(2.8%)	0(0.0%)	0(0.0%)	1(8.3%)	
Q15					
Contribui muito	13(36.1%)	7(58.3%)*	6(50.0%)*	0(0.0%)	0,006^b
Contribui	23(63.9%)	5(41.7%)	6(50.0%)	12(100.0%)*	
Q16					
Indiferente	1(2.8%)	0(0.0%)	0(0.0%)	1(8.3%)	0,007^b
Concordo	24(66.7%)	4(33.3%)	9(75.0%)*	11(91.7%)*	
Concordo totalmente	11(30.6%)	8(66.7%)*	3(25.0%)	0(0.0%)	
Q17					
Indiferente	4(11.1%)	0(0.0%)	0(0.0%)	4(33.3%)*	0,002^b
Concordo	18(50.0%)	4(33.3%)	6(50.0%)*	8(66.7%)*	
Concordo totalmente	14(38.9%)	8(66.7%)*	6(50.0%)	0(0.0%)	

Fonte: Elaborada pelo autor. *p<0,05, aTeste Kruskal-Wallis/Dunn (média±DP); bTeste qui-quadrado (n, %).

As medições dos ângulos de Cobb realizadas pelos 3 diferentes grupos tanto de forma manual, como pelo app estão descritas na Tabela 2. Não houve diferença estatisticamente significativa na mensuração dos ângulos pelos residentes, ortopedistas e cirurgiões de coluna tanto no planejamento manual, como pelo app, nas curvas Torácica principal e Toracolombar/Lombar, porém a diferença foi presente na mensuração da curva Torácica proximal.

Tabela 2 – Ângulos de Cobb e Tempo de Planejamento

	Grupos de estudo				p-Valor ^a
	Total	Residentes	Ortopedistas	Cirurgiões de coluna	
App					
Cobb T pro	19.72±2.49	18.58±2.71	19.25±2.22	21.33±1.72*	0,017
Cobb T prin	33.53±3.21	32.58±4.06	33.58±3.58	34.42±1.31	0,440
Cobb TL L	47.64±2.73	47.75±3.60	46.75±2.45	48.42±1.78	0,305
Tempo 1a s	329.33±65.57	359.42±72.72	325.83±76.95	302.75±26.43	0,073
Tempo 2a s	78.69±18.52	79.58±16.28	80.83±27.01	75.67±9.02	0,881
TOTAL	408.03±74.64	439.00±72.44	406.67±98.48	378.42±27.89	0,066
Manual					
Cobb T pro	20.33±1.94	19.42±2.27	20.17±1.70	21.42±1.31*	0,040
Cobb T prin	33.58±2.68	32.17±2.82	34.08±3.23	34.50±1.00	0,052
Cobb TL L	48.19±2.71	47.58±3.70	48.25±2.34	48.75±1.86	0,811
Tempo 1a s	380.58±66.85	424.83±62.93	384.25±53.42*	332.67±52.47*	0,004
Tempo 2a s	130.31±24.83	126.83±34.94	135.42±19.14	128.67±18.14	0,311
TOTAL	510.89±70.39	551.67±64.92	519.67±58.07*	461.33±60.01*	0,006

Fonte: Elaborada pelo autor. *p<0,05 versus residentes; †p<0,05 versus ortopedistas; aTeste Kruskal-Wallis/Dunn; bTeste Wilcoxon (média±DP).

Com relação ao tempo para realização do planejamento, conforme tabela 2, onde foi expresso em segundos, não houve diferença estatística entre os grupos para a primeira e segunda etapas do planejamento. Já no planejamento manual, essa diferença foi estatisticamente significativa na primeira etapa e no tempo total gasto.

Quando realizado o comparativo do tempo entre o app e a técnica manual, todos os resultados mostraram menor tempo no planejamento pelo app com p<0,05. (Tabela 3).

O planejamento manual foi comparado ao do aplicativo com relação aos valores dos ângulos de Cobb das três curvas da escoliose, não houve diferença estatística em nenhum dos grupos analisados. (Tabela 3)

Tabela 3 – Comparativo de valores encontrados entre Aplicativo e Manual.

	App vs Manual (p-Valor^b)			
	Total	Residentes	Ortopedistas	Cirurgiões de coluna
Cobb T pro	0,106	0,181	0,359	0,705
Cobb T prin	0,872	0,686	0,570	0,942
Cobb TL L	0,323	0,719	0,225	0,431
tempo 1a s	<0,001	0,009	0,015	0,019
tempo 2a s	<0,001	0,005	0,002	0,002
TOTAL	<0,001	0,005	0,003	0,003
Cobb T pro	App = Manual	App = Manual	App = Manual	App = Manual
Cobb T prin	App = Manual	App = Manual	App = Manual	App = Manual
Cobb TL L	App = Manual	App = Manual	App = Manual	App = Manual
tempo 1a s	App < Manual	App < Manual	App < Manual	App < Manual
tempo 2a s	App < Manual	App < Manual	App < Manual	App < Manual
TOTAL	App < Manual	App < Manual	App < Manual	App < Manual

Fonte: Elaborada pelo autor. * $p < 0,05$ versus residentes; † $p < 0,05$ versus ortopedistas; aTeste Kruskal-Wallis/Dunn; bTeste Wilcoxon (média±DP).

Na tabela 4 foram descritos de maneira detalhada os resultados dos níveis proximais e distais de cada curva, a classificação encontrada e os níveis de fusão final através do aplicativo. Os grupos tiveram resultados distintos principalmente na escolha das vertebra terminais e no nível proximal de fusão. Entretanto, somente a VTP torácica principal apresentou resultados com diferença estatística entre os grupos, pelo fato de 91,7% os cirurgiões escolherem a vértebra T5, enquanto nos demais grupos as escolhas foram mais equilibradas. Quanto a escolha da VND, houve diferença significativa, pois 100% dos cirurgiões escolheram T11, enquanto T10 fez parte da escolha de residentes e ortopedistas.

Tabela 4 – Resultados do planejamento pelo aplicativo

App	Total	Grupo de estudo			p- Valor ^a
		Residentes	Ortopedistas	Cir. Coluna	
VTP t pro					
T1	12(33.3%)	6(50.0%)	2(16.7%)	4(33.3%)	0,223
T2	24(66.7%)	6(50.0%)	10(83.3%)	8(66.7%)	
VTD t pro					
T4	2(5.6%)	1(8.3%)	1(8.3%)	0(0.0%)	0,190
T5	22(61.1%)	6(50.0%)	5(41.7%)	11(91.7%)	
T6	11(30.6%)	5(41.7%)	5(41.7%)	1(8.3%)	
T7	1(2.8%)	0(0.0%)	1(8.3%)	0(0.0%)	
VTP t prin					
T5	25(69.4%)	5(41.7%)	9(75.0%)	11(91.7%)*	0,026
T6	11(30.6%)	7(58.3%)*	3(25.0%)*	1(8.3%)	
VTD t prin					
T10	17(47.2%)	6(50.0%)	4(33.3%)	7(58.3%)	0,682
T11	17(47.2%)	5(41.7%)	7(58.3%)	5(41.7%)	
T12	2(5.6%)	1(8.3%)	1(8.3%)	0(0.0%)	
VTP TL L					
T9	1(2.8%)	1(8.3%)	0(0.0%)	0(0.0%)	0,095
T10	13(36.1%)	5(41.7%)	2(16.7%)	6(50.0%)	
T11	20(55.6%)	4(33.3%)	10(83.3%)	6(50.0%)	
T12	2(5.6%)	2(16.7%)	0(0.0%)	0(0.0%)	
VTD TL L					
L3	21(58.3%)	5(41.7%)	6(50.0%)	10(83.3%)	0,091
L4	15(41.7%)	7(58.3%)	6(50.0%)	2(16.7%)	
VND					
T10	9(25.0%)	4(33.3%)*	5(41.7%)*	0(0.0%)	0,045
T11	27(75.0%)	8(66.7%)	7(58.3%)	12(100.0%)*	
Classificação					
Dupla principal	34(94.4%)	11(91.7%)	11(91.7%)	12(100.0%)	0,589
Toracolombar	2(5.6%)	1(8.3%)	1(8.3%)	0(0.0%)	
Subtipo					
A	36(100.0%)	12(100.0%)	12(100.0%)	12(100.0%)	1,000
N. fusão proximal					
T5	23(63.9%)	4(33.3%)	8(66.7%)	11(91.7%)*	0,055
T6	11(30.6%)	7(58.3%)*	3(25.0%)	1(8.3%)	
T9	1(2.8%)	1(8.3%)	0(0.0%)	0(0.0%)	
T10	1(2.8%)	0(0.0%)	1(8.3%)	0(0.0%)	
N. fusão distal					
L3	36(100.0%)	12(100.0%)	12(100.0%)	12(100.0%)	1,000

Fonte: Elaborada pelo autor. *p<0,05, ^aTeste qui-quadrado ou exato de Fisher; ^bTeste McNemar(n, %).

Na tabela 5, os mesmos itens já descritos na tabela 4 foram avaliados, porém em relação ao planejamento manual. As variações em relação à escolha das vertebra terminais, vértebra neutra e classificação, se mantiveram, porém, as diferenças foram estatisticamente significativas entre os grupos na avaliação das vertebra terminais e distais da curva TL/L e VND. Todos os cirurgiões identificaram a VND como T11, enquanto nos demais grupos houve uma divisão entre T10 e T11.

Ao realizar o comparativo entre aplicativo e manual, a tabela 6 mostra que não houve diferença significativa praticamente em todos dos parâmetros avaliados, sendo o nível de fusão proximal o único divergente. Apesar de a vértebra T5 ter tido o maior percentual de escolha nos dois tipos de planejamento, a vértebra T6 foi mais vezes escolhida no planejamento manual (41,7%), enquanto no app foi escolhida por 11 participantes (30,6%), gerando $p < 0,05$.

A classificação encontrada foi a correta (Dupla principal) em 34 dos 36 participantes, tanto no planejamento manual quanto no app. O subtipo A e o nível de fusão distal foram definidos corretamente por 100% dos participantes.

Tabela 5 – Resultados do planejamento manual.

Manual	Total	Grupo de estudo			p- Valor ^a
		Residentes	Ortopedistas	Cir. Coluna	
VTP T pro					
T1	8(22.2%)	2(16.7%)	2(16.7%)	4(33.3%)	0,521
T2	27(75.0%)	10(83.3%)	9(75.0%)	8(66.7%)	
T3	1(2.8%)	0(0.0%)	1(8.3%)	0(0.0%)	
VTD T pro					
T5	24(66.7%)	7(58.3%)	7(58.3%)	10(83.3%)	0,403
T6	11(30.6%)	4(33.3%)	5(41.7%)	2(16.7%)	
T7	1(2.8%)	1(8.3%)	0(0.0%)	0(0.0%)	
VTP t prin					
T5	20(55.6%)	4(33.3%)	6(50.0%)	10(83.3%)	0,078
T6	15(41.7%)	8(66.7%)	5(41.7%)	2(16.7%)	
T7	1(2.8%)	0(0.0%)	1(8.3%)	0(0.0%)	
VTD t prin					
T10	14(38.9%)	4(33.3%)	2(16.7%)	8(66.7%)	0,141
T11	20(55.6%)	7(58.3%)	9(75.0%)	4(33.3%)	
T12	2(5.6%)	1(8.3%)	1(8.3%)	0(0.0%)	
VTP TL L					
T9	1(2.8%)	1(8.3%)	0(0.0%)	0(0.0%)	0,002
T10	10(27.8%)	1(8.3%)	1(8.3%)	8(66.7%)*	
T11	22(61.1%)	7(58.3%)	11(91.7%)*	4(33.3%)	
T12	3(8.3%)	3(25.0%)*	0(0.0%)	0(0.0%)	
VTD TL L					
L3	18(50.0%)	4(33.3%)	4(33.3%)	10(83.3%)*	0,018
L4	18(50.0%)	8(66.7%)&	8(66.7%)*	2(16.7%)	
VND					
T10	9(25.0%)	5(41.7%)*	4(33.3%)*	0(0.0%)	0,045
T11	27(75.0%)	7(58.3%)	8(66.7%)	12(100.0%)*	
Classificação					
Dupla principal	34(94.4%)	11(91.7%)	11(91.7%)	12(100.0%)	0,589
Toracolombar	2(5.6%)	1(8.3%)	1(8.3%)	0(0.0%)	
Subtipo					
A	36(100.0%)	12(100.0%)	12(100.0%)	12(100.0%)	1,000
N. fusão proximal					
T5	19(52.8%)	3(25.0%)	6(50.0%)	10(83.3%)	0,074
T6	15(41.7%)	8(66.7%)	5(41.7%)	2(16.7%)	
T9	1(2.8%)	1(8.3%)	0(0.0%)	0(0.0%)	
T10	1(2.8%)	0(0.0%)	1(8.3%)	0(0.0%)	
N. fusão distal					
L3	36(100.0%)	12(100.0%)	12(100.0%)	12(100.0%)	1,000

Fonte: Elaborada pelo autor. *p<0,05, ^aTeste qui-quadrado ou exato de Fisher; ^bTeste McNemar(n, %).

Tabela 6 – Comparativo entre Aplicativo e Manual.

	App vs Manual (p-Valor ^b)			
	Total	Residentes	Ortopedistas	Cir. Coluna
VTP t pro				
T1	1,000	1,000	1,000	1,000
T2				
VTD t pro				
T4	1,000	1,000	1,000	1,000
T5				
T6				
T7				
VTP t prin				
T5	1,000	1,000	1,000	1,000
T6				
VTD t prin				
T10	0,180	1,000	1,000	1,000
T11				
T12				
VTP TL L				
T9	0,435	1,000	1,000	0,500
T10				
T11				
T12				
VTD TL L				
L3	0,250	1,000	0,500	0,500
L4				
VND				
T10	1,000	1,000	1,000	1,000
T11				
Classificação				
Dupla principal	1,000	1,000	1,000	1,000
Toracolombar				
Subtipo				
A	1,000	1,000	1,000	1,000
N. fusão proximal				
T5	<i>0,046</i>	1,000	1,000	1,000
T6	<i>App >T5</i>			
T9	<i>Manual >T6</i>			
T10				
N. fusão distal				
L3	1,000	1,000	1,000	1,000

Fonte: Elaborada pelo autor. *p<0,05, ^aTeste qui-quadrado ou exato de Fisher; ^bTeste McNemar(n, %).

5 DISCUSSÃO

Tradicionalmente, o planejamento cirúrgico de uma EIA é realizado de maneira manual com radiografias impressas, utilizando lápis e escoliómetro (CARMAN; BROWNE; BIRCH, 1990). Somente há alguns anos as radiografias digitais passaram a ser mais frequentes nos centros de saúde do país. Ainda é muito comum encontrar radiografias convencionais em diversas cidades do Brasil. Com isso, a melhor identificação dos parâmetros radiológicos para definir o planejamento cirúrgico fica comprometida em alguns casos.

Além disso, sabe-se que existem diversas formações de cirurgiões de coluna em diferentes pontos do nosso país e cada escola normalmente segue uma referência para orientar seus planejamentos cirúrgicos. Nem sempre no dia a dia de cirurgias e consultório esses planejamentos são realizados com a cautela necessária. Seja por falta de exame de qualidade ou por falta dos instrumentos necessários no momento da avaliação.

O avanço tecnológico em conjunto com a saúde tem promovido discussões e tentado facilitar a vida de quem precisa manter uma qualidade na realização de um procedimento cirúrgico tão determinante na vida de um paciente como a correção da EIA (ROBERTSON et al., 2016).

O presente trabalho descreve o desenvolvimento do aplicativo móvel Scoliplan, que foi desenvolvido numa parceria entre a medicina e a computação e testado por médicos residentes, ortopedistas e cirurgiões de coluna.

Diversos aplicativos relacionados a escoliose são encontrados nas lojas digitais, porém poucos têm estudos médicos em parceria para garantir um uso seguro (ELFIKY et al., 2020; PEPE et al., 2017; QIAO et al., 2012).

O Scoliplan apresenta um diferencial em relação aos demais aplicativos. Além de possibilitar ao usuário a mensuração digital dos ângulos de Cobb, VND, ele classifica o tipo de curva que está sendo estudada e guia o planejamento cirúrgico baseado no trabalho de Suk (2011), evitando erros e condutas pessoais do usuário (SUK, 2011).

O trabalho atual utilizou um grupo de cirurgiões de coluna que se acredita ter a maior destreza para definição das vértebras terminais de cada curva da escoliose, além da medição dos ângulos de Cobb. O grupo dos residentes é composto por médicos ainda com pouca experiência, porém que tem acesso ao tema e como deve ser realizado um planejamento de uma EIA, pois estão em hospitais referência voltados ao ensino. O grupo dos ortopedistas é bem heterogêneo, pois os colegas, apesar de serem preceptores de residência médica de ortopedia, têm pouco contato com o planejamento de escoliose, porém ainda realizam planejamentos de cirurgias ortopédicas nas suas áreas respectivas, utilizando ferramentas manuais comuns a todas as áreas ortopédicas (goniômetro, lápis e radiografias).

Apesar de o estudo ter 3 grupos bem distintos, não houve diferença significativa nas medições do ângulo de Cobb da curva torácica principal e toracolombar/lombar no planejamento manual entre os grupos. A curva torácica proximal apresentou diferença significativa. O que pode explicar esse resultado é o fato de a curva torácica proximal, por ter um menor valor angular, não sendo considerada estruturada, não recebeu a devida atenção e paciência dos participantes menos experientes para sua mensuração, tornando o grupo dos cirurgiões de coluna mais assertivo com o menor desvio padrão. As outras duas curvas chamam bastante atenção quanto a sua importância pelos valores angulares altos, o que pode ter tornado a mensuração mais criteriosa.

Quando o planejamento pelo app foi interpretado, se encontrou um resultado semelhante, sendo a curva torácica principal novamente a única com resultado significativamente diferente entre os grupos. A interpretação é a mesma do planejamento manual.

Alguns estudos têm mostrados resultados semelhantes aos encontrados pelo nosso trabalho relacionando a medição do ângulo de Cobb. Tanure (2010) realizou um estudo de mensuração manual e através de um software de computador com três observadores. Os resultados mostraram que as medidas do ângulo de Cobb podem ser reproduzidas no computador com a mesma confiabilidade do método manual tradicional, em condições semelhantes às encontradas na prática clínica (TANURE; PINHEIRO; OLIVEIRA, 2010).

A aferição digital do ângulo de Cobb foi avaliada em um outro estudo,

utilizando ferramenta de medição do software do computador. Médicos residentes e cirurgiões especialistas participaram e revelaram uma excelente confiabilidade intra e interobservador para a medida digital do ângulo e o nível de experiência não teve influência nos resultados, seguindo similar aos nossos resultados (PRESTIGIACOMO et al., 2022).

Outros estudos compararam softwares de computador para de mensuração do Cobb de maneira semiautomatizada *versus* aferição manual, encontrando boa confiabilidade inter e intraobservador (CHAN et al., 2014; HURTADO-AVILÉS et al., 2022; WU et al., 2014).

Quando avaliadas as vértebras terminais de cada curva, encontramos diferença na VTP torácica principal entre os grupos na medição pelo app, sendo os cirurgiões de coluna mais homogêneos. Nas demais vértebras encontradas, não houve diferença significativa. Quando realizado o planejamento manual, as diferenças aconteceram na VTP TL/L e VTD TL/L entre os grupos. Com relação a VND, houve diferença entre os grupos em ambos os planejamentos (app e manual). Portanto, o app Scoliplan conseguiu ter uma confiabilidade interobservador levemente superior ao manual para a definição das vértebras terminais e vértebra neutra distal.

Carman (1990) enfatizou que a confiabilidade intraobservador é clinicamente mais importante do que interobservador, pois erros intraobservador podem causar erros de diagnóstico no seguimento da curvatura (CARMAN; BROWNE; BIRCH, 1990).

A literatura mostra que tem sido frequente estudos onde ferramentas digitais tendem a se igualar e, em alguns casos, superar a confiabilidade das escolhas de vértebras que fazem parte da escoliose (ELFIKY et al., 2020; SHAW et al., 2012).

Entretanto, a maioria dos estudos está relacionada ao comparativo de softwares de computador *versus* mensuração manual (ELFIKY et al., 2020). Poucos são os estudos relacionados a aplicativos para smartphone.

O aplicativo mais conhecido para medição do ângulo de Cobb (Cobbmeter) é baseado em acelerômetro, que calcula o ângulo Cobb medindo os ângulos de inclinação das vértebras finais. Ao medir os ângulos da curva, a borda superior do smartphone é alinhada à placa terminal superior da vértebra superior e à placa

terminal inferior da vértebra da extremidade inferior (ALLAM et al., 2016). Recentemente, um estudo comparou o Cobbmeter com outro aplicativo de mensuração chamado iPinPoint, que utiliza a câmera do celular para captar a imagem radiográfica e a partir daí medir o ângulo de Cobb. Apesar de utilizar métodos diferentes para medição do Cobb, a confiabilidade inter e intraobservador foi muito boa (KETENCI et al., 2021). Outro aplicativo baseado em acelerômetro tem a capacidade de aferir a cifose torácica também com a manipulação do aparelho, porém sobre a superfície corporal (FARAMARZI KOHNEH SHAHRI; GHANI ZADEH HESAR, 2020).

O tempo dispendido para realização do planejamento manual, principalmente na primeira etapa do teste, foi menor no grupo de cirurgiões de coluna, conforme esperado, pela experiência dos profissionais. Entretanto, ao realizar o planejamento pelo app, observamos que todos os grupos obtiveram redução do tempo total de planejamento em aproximadamente 20%. A segunda etapa do planejamento, que constava em responder o questionamento sobre a LVSC e a rotação de L3 para finalizar o procedimento, obteve uma redução média de 39% do tempo.

Moftian (2022) desenvolveu um sistema de medição auxiliado por computador com uma abordagem reprodutível para avaliar o ângulo de Cobb em pacientes com escoliose idiopática. Apesar de se restringir a avaliação do tempo gasto para a mensuração somente do ângulo após o carregamento da imagem no sistema, este resultado se assemelha ao nosso estudo em relação ao tempo gasto para realizar a tarefa, comparando a forma digital e manual (MOFTIAN et al., 2022).

Um dos melhores resultados encontrados no nosso estudo, sendo um dos principais objetivos do app, foi o planejamento cirúrgico. Apesar de algumas pequenas diferenças entre valores dos ângulos de Cobb ou alterações entre vértebras que fazem parte das curvas, a forma que a classificação de Suk foi desenvolvida leva ao resultado ideal caso seja seguida de maneira correta. O app Scoliplan, com o algoritmo criado para não pular as etapas da classificação e planejamento, levou a escolha do nível de fusão distal correta (L3) a 100% dos participantes do teste, mesmo que em alguns casos a vértebra L4 tenha sido escolhida como VTD TL/L. Isso demonstra que o app conseguiu reproduzir de maneira confiável o planejamento já

criado por Suk.

O fato de conseguir evitar a vértebra L4 e instrumentar a cirurgia até L3 gera uma melhoria da distribuição de cargas e minimiza alguns riscos já relatados previamente na literatura, como: deslocamento do tronco quando incluída vértebra L4 (LEE et al., 2015a), degeneração precoce do disco funcionante nos casos em que uma vértebra de transição lombossacra está presente (cerca de 12,5% dos casos de EIA) (LEE et al., 2015b), o menor número de níveis preservados incapacita o tronco de realizar compensação no decorrer da vida (LEE et al., 2016). Um estudo atual mostrou o desbalanço sagital e degeneração precoce de discos lombares baixos cerca de 35 anos após cirurgia de escoliose em que a última vértebra instrumentada foi L4 (AKAZAWA et al., 2017).

Ao se avaliar a usabilidade do aplicativo Scoliplan foi possível chegar a uma média de 75,69 pontos no escore SUS. Quando avaliado o escore dos cirurgiões de coluna, a média chegou a ser 76,25. Avaliando os 3 grupos, não houve diferença significativa entre os resultados encontrados, definindo a usabilidade do aplicativo como uniforme entre os grupos.

Alguns estudos apresentam classificações baseadas no escore médio SUS para categorizar o nível de usabilidade de um sistema. A escala de Bangor, Kortum e Miller tem uma forte validade de interface para os dados existentes, na medida em que uma pontuação de 70 significa tradicionalmente aprovação, propondo um conjunto de faixas de aceitabilidade que ajudariam os profissionais a determinar se uma pontuação no SUS indica uma interface aceitável ou não (BANGOR; KORTUM; MILLER, 2009). Utilizando a essa escala, o aplicativo Scoliplan enquadra-se na categoria C, que corresponde a um resultado “bom”, terceiro melhor nível de usabilidade em todas as classes (residentes, ortopedistas e cirurgiões de coluna).

Quando utilizada a escala proposta por Sauro e Lewis, o Scoliplan apresentou nota B na avaliação da amostra total e também separando por grupos (SAURO; LEWIS, 2016).

Portanto, é possível considerar que o aplicativo Scoliplan apresentou um bom nível de usabilidade segundo as escalas utilizadas para essa mensuração.

Ao analisar a percepção de utilidade do aplicativo, foi usado o modelo de

Davis (DAVIS, 1989), voltado para identificar o nível de utilidade do sistema, percebido pelos usuários, utilidade percebida, durante a medição de ângulos e interpretação das imagens com uso do aplicativo. A usabilidade é um fator importante, porém se o usuário não perceber a utilidade do sistema, não irá utilizá-lo. Diversos estudos têm utilizado o modelo de Davis para avaliação da aceitação de sistemas (AKMAN; TURHAN, 2017; CHANG; HUANG, 2015).

Quando analisadas as questões criadas baseadas no modelo TAM, todos os participantes dos 3 grupos responderam de forma positiva sobre o auxílio do app no planejamento cirúrgico em relação a medição do angulo de Cobb e a apresentação do modelo de rotação vertebral de Nash-Moe. Em relação a possibilidade de traçar a LVSC, 97,2% das respostas foram positivas, somente uma não soube responder, um participante do grupo dos ortopedistas, porém não houve diferença significativa entre eles.

Em relação as demais questões, houve diferença significativa nas respostas entre os grupos, entretanto respostas negativas foram mínimas. Quando perguntados sobre o auxílio do app para médicos residentes, somente uma resposta foi negativa (cirurgião de coluna). Em relação a auxiliar cirurgiões de coluna, somente respostas positivas foram apresentadas, sendo a diferença estatística dos grupos relacionadas as respostas “contribui” e ‘contribui muito”. A resposta do grupo dos cirurgiões foi 100% contribui. O fato de terem conhecimento superior aos outros grupos sobre o tema escoliose e já ter expertise no planejamento manual desse tipo de cirurgia levou a esse resultado.

A diferença no grau de conhecimento do tema dos grupos também influenciou na resposta 17, quando foi afirmado que o app ajudou a compreender melhor os conceitos relacionados ao planejamento de uma cirurgia de Escoliose. Quatro respostas no grupo de cirurgiões foram indiferentes, enquanto ortopedistas SBOT e residentes concordaram com a afirmação.

Apesar de algumas diferenças que foram encontradas e que podem ser justificadas pela expertise, 97,2% dos participantes afirmaram que concordam ou concordam totalmente que a tecnologia utilizada no app é útil para o planejamento da cirurgia de correção de escoliose. Resultados semelhantes já foram encontrados em aplicativos desenvolvidos para planejamentos cirúrgicos em outras áreas da

ortopedia, como artroplastia de joelho (NOGUEIRA, 2016), e no auxílio de tomada de decisão baseada na mensuração de ângulos ortopédicos mais comuns (MACEDO, 2020).

Os aplicativos para smartphone com estudos na literatura relacionados as deformidades da coluna se limitam, geralmente, a uma função (medição do Cobb ou mensuração de deformidades clínicas). Não encontramos um aplicativo que, de forma semiautomatizada, classifica a EIA e define o planejamento cirúrgico com embasamento científico. O Scoliplan consegue ter esse importante diferencial.

Uma limitação encontrada no protótipo do aplicativo com possibilidade de correção no futuro, é a possibilidade de ter uma ferramenta de zoom no momento da mensuração dos ângulos de Cobb. A depender do tamanho da tela do smartphone, as referências anatômicas podem ser de mais difícil visualização, levando a um erro de escolha dos níveis.

6 CONCLUSÃO

O aplicativo desenvolvido mostrou-se útil para o planejamento cirúrgico da Escoliose Idiopática do Adolescente. Apresentou uma boa usabilidade e ótima acurácia para a medição dos ângulos de Cobb, definição das vértebras terminais e vértebra neutra. Conseguiu reproduzir a classificação de Suk com a sequência desenvolvida, levando ao planejamento final. Além disso, o app foi superior à técnica manual em relação ao tempo dispendido para o planejamento.

REFERÊNCIAS

- ABELIN-GENEVOIS, K. et al. Sagittal classification in adolescent idiopathic scoliosis: original description and therapeutic implications. **European Spine Journal**, v. 27, n. 9, p. 2192–2202, 2018.
- ADDAI, D.; ZARKOS, J.; BOWEY, A. J. Current concepts in the diagnosis and management of adolescent idiopathic scoliosis. **Child's Nervous System**, 2020.
- AKAZAWA, T. et al. Spinal fusion on adolescent idiopathic scoliosis patients with the level of L4 or lower can increase lumbar disc degeneration with sagittal imbalance 35 years after surgery. **Spine Surgery and Related Research**, v. 1, n. 2, p. 72–77, 2017.
- AKMAN, I.; TURHAN, C. User acceptance of social learning systems in higher education: an application of the extended Technology Acceptance Model. **Innovations in Education and Teaching International**, v. 54, n. 3, p. 229–237, 4 maio 2017.
- ALAMER, R. A.; AL-OTAIBI, H. M.; AL-KHALIFA, H. S. **L3MS: A lightweight language learning management system using mobile web technologies**. 15th International Conference on Advanced Learning Technologies: Advanced Technologies for Supporting Open Access to Formal and Informal Learning. **Anais...Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.**, 14 set. 2015.
- ALLAM, Y. et al. Comparison between Oxford Cobbmeter and digital Cobbmeter for measurement of Cobb angle in adolescent idiopathic scoliosis. **European Spine Journal**, v. 25, n. 2, p. 444–449, 1 fev. 2016.
- ANITHA, H.; PRABHU, G. K.; KARUNAKAR, A. K. Reliable and Reproducible Classification System for Scoliotic Radiograph using Image Processing Techniques. **Journal of Medical Systems**, v. 38, n. 11, 2014.
- BANGOR, A.; KORTUM, P.; MILLER, J. Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale. **Journal of Usability Studies**, v. 4, p. 114–123, 2009.
- BROOKE, J. SUS - A quick and dirty usability scale. **Usability Evaluation In Industry**, p. 189–194, 1996.
- CARMAN, D.; BROWNE, R.; BIRCH, J. Measurement of scoliosis and kyphosis radiographs. Intraobserver and interobserver variation. . **The Journal of bone and joint surgery**, v. 72, n. 3, p. 328–333, 1990.
- CHAN, A. C. Y. et al. Intra- and interobserver reliability of the cobb angle-vertebral rotation angle-spinous process angle for adolescent idiopathic scoliosis. **Spine Deformity**, v. 2, n. 3, p. 168–175, 2014.
- CHANG, E.-C.; HUANG, C.-Y. Technology acceptance model, consumer personality and smartphone users' satisfaction. **Developments in Marketing Science: Proceedings of the Academy of Marketing Science**, p. 710–712, 2015.

CHENG, J. C. et al. Adolescent idiopathic scoliosis. **Nature Reviews Disease Primers**, v. 1, 2015.

COBB, J. Outline for the Study of Scoliosis. **Instructional Course Lectures**, v. 5, p. 261–275, 1948.

DAVIS, F. D. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. **MIS Quarterly**, v. 13, n. 3, p. 319–349, 1989.

DEFINO, H. L. A.; ARAÚJO, P. H. M. DE. Estudo comparativo da medida da rotação vertebral pelos métodos de Nash & Moe e método de Raimondi. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 12, n. 3, p. 167–173, 2004.

ELFIKY, T. et al. Oxford cobbometer versus computer assisted-software for measurement of cobb angle in adolescent idiopathic scoliosis. **Neurospine**, v. 17, n. 1, p. 304–311, 2020.

ERDEM, M. N. et al. Criteria for Ending the Distal Fusion at the L3 Vertebra vs. L4 in Surgical Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis Patients with Lenke Type 3C, 5C, and 6C Curves: Results After Ten Years of Follow-up. **Cureus**, v. 10, n. 5, p. 1–11, 2018.

FARAMARZI KOHNEH SHAHRI, Y.; GHANI ZADEH HESAR, N. Validity and reliability of smartphone-based Goniometer-Pro app for measuring the thoracic kyphosis. **Musculoskeletal Science and Practice**, v. 49, 1 out. 2020.

FRUERGAARD, S. et al. Evaluation of a new sagittal classification system in adolescent idiopathic scoliosis. **European Spine Journal**, v. 29, n. 4, p. 744–753, 2020.

HONG, A. et al. Surface Topography Classification Trees for Assessing Severity and Monitoring Progression in Adolescent Idiopathic Scoliosis. **Spine**, v. 42, n. 13, p. E781–E787, 2017.

HURTADO-AVILÉS, J. et al. Validity and Absolute Reliability of the Cobb Angle in Idiopathic Scoliosis with TraumaMeter Software. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 8, 1 abr. 2022.

ILHARREBORDE, B. et al. Selective versus hyperselective posterior fusions in Lenke 5 adolescent idiopathic scoliosis: comparison of radiological and clinical outcomes. **European Spine Journal**, v. 26, n. 6, p. 1739–1747, 2017.

KETENCI, İ. E. et al. Reliability of 2 smartphone applications for cobb angle measurement in scoliosis. **CiOS Clinics in Orthopedic Surgery**, v. 13, n. 1, p. 67–70, 2021.

KING, H. A. the Selection of Fusion Levels in Thoracic Idiopathic Scoliosis. **Journal of Pediatric Orthopaedics**, v. 4, n. 3, p. 391, 1984.

LEE, C. S. et al. The clinical importance of sacral slanting in patients with adolescent idiopathic scoliosis undergoing surgery. **Spine Journal**, v. 15, n. 5, p. 834–840, 1 maio 2015a.

- LEE, C. S. et al. The clinical importance of lumbosacral transitional vertebra in patients with adolescent idiopathic scoliosis. **Spine**, v. 40, n. 17, p. E964–E970, 1 set. 2015b.
- LEE, C. S. et al. Is it enough to stop distal fusion at L3 in adolescent idiopathic scoliosis with major thoracolumbar/lumbar curves? **European Spine Journal**, v. 25, n. 10, p. 3256–3264, 1 out. 2016.
- LEE, M. C. et al. Loss in spinal motion from inclusion of a single midlumbar level in posterior spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis. **Spine**, v. 38, n. 22, p. 1405–1410, 2013.
- LENKE, L. G. et al. Adolescent idiopathic scoliosis. A new classification to determine extent of spinal arthrodesis. **Journal of Bone and Joint Surgery - Series A**, v. 83, n. 8, p. 1169–1181, 2001.
- LUKOVIĆ, V. et al. An ontology-based module of the information system ScolioMedIS for 3D digital diagnosis of adolescent scoliosis. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 178, p. 247–263, 2019.
- MACEDO, F. S. DE. **Aplicativo para auxílio na avaliação de exames de imagem e tomada de decisão em ortopedia**. Dissertação—Fortaleza: Centro Universitário Christus, 2020.
- MARKS, M. et al. Postoperative segmental motion of the unfused spine distal to the fusion in 100 patients with adolescent idiopathic scoliosis. **Spine**, v. 37, n. 10, p. 826–832, 2012.
- MOFTIAN, N. et al. Computer-aided Measurement System Using Image Processing for Measuring Cobb Angle in Scoliosis. **Middle East Journal of Rehabilitation and Health Studies**, v. 9, n. 1, 1 jan. 2022.
- MUK, A.; CHUNG, C. Applying the technology acceptance model in a two-country study of SMS advertising. **Journal of Business Research**, v. 68, n. 1, p. 1–6, 1 jan. 2015.
- NAZIRI, Q. et al. **A Systematic Review of All Smart Phone Applications Specifically Aimed for use as a Scoliosis Screening Tool**. **Journal of Long-Term Effects of Medical Implants**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.begellhouse.com>.
- NOGUEIRA, J. B. S. **Desenvolvimento e avaliação de usabilidade de aplicativo para planejamento de artroplastias totais de joelho**. Dissertação—Fortaleza: Centro Universitário Christus, 2016.
- PEPE, M. et al. Use of the smartphone for end vertebra selection in scoliosis. **Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica**, v. 51, n. 2, p. 146–149, 2017.
- PHAN, P. et al. A rule-based algorithm can output valid surgical strategies in the treatment of AIS. **European Spine Journal**, v. 24, n. 7, p. 1370–1381, 2015.
- POTTER, B. K. et al. Reliability of end, neutral, and stable vertebrae identification in adolescent idiopathic scoliosis. **Spine**, v. 30, n. 14, p. 1658–1663, 2005.

PRESTIGIACOMO, F. G. et al. Intra- and inter-observer reliability of Cobb angle measurements in patients with adolescent idiopathic scoliosis. **Spine Deformity**, v. 10, n. 1, p. 79–86, 1 jan. 2022.

QIAO, J. et al. Reliability analysis of a smartphone-aided measurement method for the cobb angle of scoliosis. **Journal of Spinal Disorders and Techniques**, v. 25, n. 4, p. 88–92, 2012.

RATNA, P. A.; BYTCO, J. D. C. **Exploring the acceptance for e-learning using technology acceptance model among university students in India Saloni Mehralnt. J. Process Management and Benchmarking**. [s.l.: s.n.].

RIZKALLAH, M. et al. Selecting the lowest instrumented vertebra in adolescent idiopathic scoliosis: Comparison of the Lenke, Suk, and Dubousset criteria. **Orthopaedics and Traumatology: Surgery and Research**, v. 104, n. 5, p. 631–635, 2018.

ROBERTSON, G. A. J. et al. Smartphone apps for spinal surgery: is technology good or evil? **European Spine Journal**, v. 25, n. 5, p. 1355–1362, 2016.

SAURO, J. **A practical guide to the system usability scale: Background, benchmarks & best practices**. 1. ed. Denver: Measuring Usability LLC, 2011a. v. 1

SAURO, J. **Measuring Usability with the System Usability Scale (SUS)**. , 3 fev. 2011b.

SAURO, J.; LEWIS, J. R. **Quantifying the User Experience: Practical Statistics for User Research**. 2nd. ed. [s.l.] Elsevier, 2016.

SCHMITZ, B. et al. Designing a mobile learning game to investigate the impact of role-playing on helping behaviour. **Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)**, v. 8095 LNCS, p. 357–370, 2013.

SHAW, M. et al. Use of the iPhone for Cobb angle measurement in scoliosis. **European Spine Journal**, v. 21, n. 6, p. 1062–1068, 2012.

SUK, S.-I. Pedicle Screw Instrumentation for Adolescent Idiopathic Scoliosis: The Insertion Technique, the Fusion Levels and Direct Vertebral Rotation. **Clinics in Orthopedic Surgery**, v. 3, n. 2, p. 89, 2011.

TABUENCA, B. et al. **Mobile authoring of open educational resources for authentic learning scenarios**. [s.l.: s.n.].

TANURE, M. C.; PINHEIRO, A. P.; OLIVEIRA, A. S. Reliability assessment of Cobb angle measurements using manual and digital methods. **Spine Journal**, v. 10, n. 9, p. 769–774, set. 2010.

TENÓRIO, J. M. et al. Desenvolvimento e Avaliação de um Protocolo Eletrônico para Atendimento e Monitoramento do Paciente com Doença Celíaca. **RITA**, v. 17, n. 2, p. 210–220, 2010.

WU, W. et al. Reliability and reproducibility analysis of the Cobb angle and assessing sagittal plane by computer-assisted and manual measurement tools. **BMC Musculoskeletal Disorders**, v. 15, n. 33, 2014.

YOSHIHARA, H. Surgical treatment of Lenke type 5 adolescent idiopathic scoliosis: A systematic review. **Spine**, v. 44, n. 13, p. E788–E799, 2019.

ZBICK, J. et al. **A web-based framework to design and deploy mobile learning activities: Evaluating its usability, learnability and acceptance**. Proceedings - IEEE 15th International Conference on Advanced Learning Technologies: Advanced Technologies for Supporting Open Access to Formal and Informal Learning, ICALT 2015. **Anais...**Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 14 set. 2015.

ANEXO A – Aprovação no Comitê de Ética

CENTRO UNIVERSITÁRIO
CHRISTUS - UNICHRISTUS

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA O PLANEJAMENTO CIRÚRGICO EM ESCOLIOSE IDIOPÁTICA DO ADOLESCENTE

Pesquisador: Emílio Crisóstomo Lima Verde

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 38087020.4.0000.5049

Instituição Proponente: IPADE - INSTITUTO PARA O DESENVOLVIMENTO DA EDUCACAO LTDA.

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.311.351

Apresentação do Projeto:

DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA O PLANEJAMENTO CIRÚRGICO EM ESCOLIOSE IDIOPÁTICA DO ADOLESCENTE.

O presente estudo será realizado em duas fases: a primeira que constará do desenvolvimento de um aplicativo capaz de auxiliar o cirurgião de coluna a planejar o tratamento cirúrgico da Escoliose Idiopática do Adolescente; a segunda fase constará de um estudo do tipo experimental, controlado, transversal e aplicado. Seguirá com a realização de dois testes de usabilidade e de eficácia do aplicativo no tratamento desta desordem. Serão realizadas avaliações entre cirurgiões de coluna experientes, onde farão o planejamento cirúrgico de uma cirurgia de escoliose de maneira manual e também através do aplicativo desenvolvido, assim, poderemos avaliar o tempo dispendido, a acurácia das medições angulares e a precisão do planejamento.

A Escoliose Idiopática do Adolescente (EIA) é caracterizada por uma deformidade na coluna vertebral que acomete jovens de 10 anos até sua maturidade esquelética. Define-se como uma deformidade tridimensional da coluna associada, normalmente, com rotação vertebral e uma angulação, na radiografia, acima de 10 graus. Curvas torácicas direitas constituem a maioria dos casos, porém curvas atípicas podem estar

presentes e virem acompanhadas de sintomas neurológicos ou rápida progressão da deformidade.

Hipótese: O aplicativo para smartphone desenvolvido trará uma maior acurácia na medição do

Endereço: Rua Joao Adolfo Gurgel, 133

Bairro: Cocó

CEP: 60.190-060

UF: CE

Município: FORTALEZA

Telefone: (85)3265-6668

Fax: (85)3265-6668

E-mail: fc@fchristus.com.br

CENTRO UNIVERSITÁRIO
CHRISTUS - UNICHRISTUS



Continuação do Parecer: 4.311.351

ângulo de Cobb, apresentará uma boa usabilidade e tornará mais ágil o planejamento cirúrgico da Escoliose Idiopática do Adolescente. • O aplicativo para smartphone desenvolvido não trará uma maior acurácia na medição do ângulo de Cobb, não apresentará uma boa usabilidade e não tornará mais ágil o planejamento cirúrgico da Escoliose Idiopática do Adolescente.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Desenvolver um aplicativo para smartphone capaz de auxiliar no planejamento de cirurgias corretivas de Escoliose Idiopática do Adolescente.

Objetivo Secundário:

Desenvolver um algoritmo para o planejamento cirúrgico em cirurgias de EIA, seguindo a classificação descrita por Suk; • Avaliar a usabilidade do aplicativo; • Quantificar o tempo dispendido durante o teste de usabilidade do aplicativo; • Medir a acurácia do aplicativo quanto à medição do ângulo de Cobb e definição da vértebra neutra, em relação à forma convencional, manual.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

- Invasão da privacidade
- Tomar o tempo do sujeito ao responder ao questionário
- Interferência na rotina dos sujeitos
- Divulgação de dados confidenciais

Benefícios:

- tornar o planejamento de uma cirurgia de Escoliose mais rápido e efetivo;
- criar uma ferramenta que uniformiza as condutas cirúrgicas na escoliose;
- diminuição da falha de mensuração manual;
- facilidade na execução do passo a passo e linguagem acessível.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa beneficiará os adolescentes com escoliose idiopática objetivando otimizar o planejamento cirúrgico através de tecnologia por aplicativo para smartphone, facilitando o diagnóstico e implementação de técnicas cirúrgicas.

Endereço: Rua Joao Adolfo Gurgel, 133

Bairro: Cocó

CEP: 60.190-060

UF: CE

Município: FORTALEZA

Telefone: (85)3265-6668

Fax: (85)3265-6668

E-mail: fc@fchristus.com.br

**CENTRO UNIVERSITÁRIO
CHRISTUS - UNICHRISTUS**



Continuação do Parecer: 4.311.351

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Apresentou integralmente os termos obrigatórios para a pesquisa científica.

Recomendações:

Sem recomendações adicionais.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de ética sem pendências e lista de inadequações.

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_BÁSICAS_DO_PROJETO_1605805.pdf	18/08/2020 09:35:42		Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_Compromisso_do_Pesquisador.pdf	18/08/2020 08:30:36	Emílio Crisóstomo Lima Verde	Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_DE_ROSTO.pdf	18/08/2020 08:12:35	Emílio Crisóstomo Lima Verde	Aceito
Outros	TERMO_FIEL_DEPOSITARIO.pdf	15/08/2020 17:23:30	Emílio Crisóstomo Lima Verde	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_DE_PESQUISA_CEP.pdf	12/08/2020 16:50:18	Emílio Crisóstomo Lima Verde	Aceito
Outros	FICHA.pdf	12/08/2020 16:35:36	Emílio Crisóstomo Lima Verde	Aceito
Outros	QUESTIONARIOS.pdf	12/08/2020 16:34:07	Emílio Crisóstomo Lima Verde	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	12/08/2020 16:32:57	Emílio Crisóstomo Lima Verde	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rua Joao Adolfo Gurgel, 133
Bairro: Cocó **CEP:** 60.190-060
UF: CE **Município:** FORTALEZA
Telefone: (85)3265-6668 **Fax:** (85)3265-6668 **E-mail:** fc@fchristus.com.br

CENTRO UNIVERSITÁRIO
CHRISTUS - UNICHRISTUS



Continuação do Parecer: 4.311.351

FORTALEZA, 30 de Setembro de 2020

Assinado por:
OLGA VALE OLIVEIRA MACHADO
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Joao Adolfo Gurgel, 133
Bairro: Cocó **CEP:** 60.190-060
UF: CE **Município:** FORTALEZA
Telefone: (85)3265-6668 **Fax:** (85)3265-6668 **E-mail:** fc@fchristus.com.br

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre Esclarecido

Dados de identificação

Título do Projeto: DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA O PLANEJAMENTO CIRÚRGICO EM ESCOLIOSE IDIOPÁTICA DO ADOLESCENTE

Pesquisador Responsável: Emílio Crisóstomo Lima Verde. Telefone para contato: (85) 98879-0510

Instituição a quem pertence o Pesquisador Responsável: CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS

CEP/FCHRISTUS – Rua: João Adolfo Gurgel 133, Papicu – CEP: 60190-060 – Fone: (85)3265-6668

Nome do voluntário: _____

Idade: ____ anos R.G.: _____

Responsável legal (quando for o caso): _____

R.G. Responsável legal: _____

O Sr. (a) está convidado (a) a participar do projeto de pesquisa “DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA O PLANEJAMENTO CIRÚRGICO EM ESCOLIOSE IDIOPÁTICA DO ADOLESCENTE”, de responsabilidade do pesquisador: EMÍLIO CRISÓSTOMO LIMA VERDE.

O presente estudo apresenta uma metodologia padronizada, através do desenvolvimento de um aplicativo para dispositivos móveis com finalidade de facilitar o planejamento em cirurgia de Escoliose Idiopática do Adolescente. Dessa forma, objetiva-se oferecer aos cirurgiões de coluna uma possibilidade de planejamento cirúrgico de fácil acesso e manejo, seguindo um algoritmo e realizando as mensurações radiográficas necessárias em cada caso. Com isso, esse projeto tem como objetivo principal desenvolver um aplicativo para smartphone com a finalidade de planejamento pré-operatório em cirurgias de correção de Escoliose Idiopática do Adolescente, tendo, como base para as definições de conduta, a classificação descrita por Suk.

Para a realização do estudo, com base nas necessidades desejadas pelos desenvolvedores, foi criado um modelo inicial para a estrutura do aplicativo como metodologia. O aplicativo apresentará uma tela inicial de boas-vindas, em seguida recordará a metodologia de planejamento cirúrgico para as Escolioses Idiopáticas do Adolescente e a cada tela da sequência de planejamento oferecerá um menu de ajuda para o usuário solucionar eventuais dúvidas. O voluntário será convidado a utilizar o aplicativo simulando um planejamento de cirurgia de Escoliose Idiopática do Adolescente e ao final preencherá um questionário de usabilidade do aplicativo.

Esclareço que esta pesquisa não apresenta desconfortos ou riscos associados. Apenas a confidencialidade dos dados levantados que serão de inteira responsabilidade do pesquisador responsável. A pesquisa trará os benefícios de otimização do planejamento das cirurgias de correção de Escoliose Idiopática do Adolescente, diminuindo o tempo de planejamento e mantendo a precisão do planejamento manual.

Em qualquer momento, o(a) Sr(a). poderá se reportar ao pesquisador responsável através dos números de telefone descritos neste termo para sanar qualquer dúvida do seu interesse, relacionadas à pesquisa ou ao seu tratamento individual. Esclarecemos que sua participação é de caráter voluntário e que este consentimento pode ser retirado a qualquer tempo, sem prejuízos à continuidade do apoio prestados por nós.

Eu, _____, RG _____
 declaro ter sido informado e concordo em participar, como voluntário, do projeto de pesquisa acima descrito. **OU**

Eu, _____, RG _____,
 responsável legal por _____, RG _____
 declaro ter sido informado e concordo com sua participação, como voluntário, no projeto de pesquisa acima descrito.

 Nome e assinatura do participante ou seu responsável legal

 Testemunha

 Nome e assinatura do responsável por obter o consentimento

 Testemunha

Fortaleza, ____ de _____ de ____

Informações relevantes ao pesquisador responsável: Res. 196/96 – item IV.2:

O termo de consentimento livre e esclarecido obedecerá aos seguintes requisitos: a) ser elaborado pelo pesquisador responsável, expressando o cumprimento de cada uma das exigências acima; b) ser aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa que referenda a investigação; c) ser assinado ou identificado por impressão dactiloscópica, por todos e cada um dos sujeitos da pesquisa ou por seus representantes legais; e d) ser elaborado em duas vias, sendo uma retida pelo sujeito da pesquisa ou por seu representante legal e uma arquivada pelo pesquisador.

Res. 196/96 – item IV.3:

c) nos casos em que seja impossível registrar o consentimento livre e esclarecido, tal fato deve ser devidamente documentado, com explicação das causas da impossibilidade, e parecer do Comitê de Ética em Pesquisa.

Casos especiais de consentimento:

1. Pacientes menores de 16 anos – deverá ser dado por um dos pais ou, na inexistência destes, pelo parente mais próximo ou responsável legal;
2. Paciente maior de 16 e menor de 18 anos – com a assistência de um dos pais ou responsável;
3. Paciente e/ou responsável analfabeto – o presente documento deverá ser lido em voz alta para o paciente e seu responsável na presença de duas testemunhas, que firmarão também o documento;
4. Paciente deficiente mental incapaz de manifestação de vontade – suprimento necessário da manifestação de vontade por seu representante legal.

APÊNDICE B

Parte – 1 – Questionário SUS (*System UsabilityScale*)

	Discordo plenamente	Discordo	Indiferente	Concordo	Concordo plenamente
1) Eu acho que gostaria de usar essa aplicação frequentemente.	1	2	3	4	5
2) Eu achei essa aplicação desnecessariamente complexa.	1	2	3	4	5
3) Eu achei a aplicação fácil para usar.	1	2	3	4	5
4) Eu acho que precisaria do apoio de um suporte técnico para usar essa aplicação.	1	2	3	4	5
5) Eu achei que as várias funções da aplicação estavam bem integradas.	1	2	3	4	5
6) Eu achei que havia muita inconsistência na aplicação.	1	2	3	4	5
7) Imagino que a maioria das pessoas possa aprender a utilizar este aplicativo muito rapidamente.	1	2	3	4	5
8) Achei a aplicação muito complicada de se usar.	1	2	3	4	5
9) Eu me senti muito confiante em utilizar esta aplicação.	1	2	3	4	5
10) Eu precisei aprender várias coisas antes que eu pudesse começar a usar essa aplicação.	1	2	3	4	5

Questões ímpares (1,3,5,7 e 9) = número selecionado – 1

Questões pares (2,4,6,8 e 10) = 5 – número selecionado

Escore total = soma da pontuação

Escore SUS = Escore total x 2,5

Parte – 2 – Modelo TAM

11)A medição do ângulo de Cobb através do aplicativo poderá auxiliar o cirurgião na tomada de decisão durante o planejamento da cirurgia de Escoliose.

() Concordo () Discordo () Não sei responder

12)A possibilidade de traçar a Linha Vertical Sacral Central na foto da radiografia coletada pelo aplicativo poderá auxiliar no planejamento da cirurgia de Escoliose.

() Concordo () Discordo () Não sei responder

13)A apresentação do modelo de rotação vertebral proposto por Nash-Moe auxilia o cirurgião a definir corretamente qual o tipo, levando a menor chance de erro no planejamento cirúrgico.

() Concordo () Discordo () Não sei responder

14) Acredito que a padronização através de um passo-a-passo proposto pelo app pode auxiliar no aprendizado de **médicos residentes** quanto ao planejamento cirúrgico em Escoliose.

() Contribui muito () Contribui () Contribui pouco () não contribui

15) Acredito que a padronização através de um passo-a-passo proposto pelo app pode auxiliar no planejamento de **cirurgiões de Coluna** quanto ao planejamento cirúrgico em Escoliose.

() Contribui muito () Contribui () Contribui pouco () não contribui

16) Me parece uma tecnologia útil para planejamento da cirurgia de correção de Escoliose

() Discordo Totalmente () Discordo () Indiferente () Concordo () Concordo Totalmente

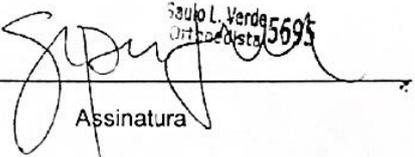
17) Ajudou-me a compreender melhor os conceitos relacionados ao planejamento de uma Escoliose.

() Discordo Totalmente () Discordo () Indiferente () Concordo () Concordo Totalmente

APÊNDICE C – Termo de Fiel Depositário

Eu, SAULO RABELO LIMA VERDE, fiel depositário do banco de radiografias panorâmicas de Coluna Vertebral para Escoliose, autorizo Emilio Crisóstomo Lima Verde a colher radiografias do meu banco de dados, para fins de seu estudo: "DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA O PLANEJAMENTO CIRÚRGICO EM ESCOLIOSE IDIOPÁTICA DO ADOLESCENTE".

Fortaleza, 14 de agosto de 2020


Assinatura

Saulo L. Verde
Ortopedista 5695

APÊNDICE D – Ficha de Coleta de Dados

Planejamento: Manual Aplicativo

Identificação do Participante:

Residente Ortopedista SBOT Cirurgião de Coluna

Nome: _____

Idade: _____

Sexo: M F

Dados do Paciente

HSA, 15 anos, sexo feminino. Início da deformidade na coluna aos 12 anos.

Ao exame: Assimetria do triangulo de Talhe, Ombro direito levemente elevado, descompensação do tronco para a esquerda. Giba lombar esquerda e torácica direita ao realizar teste de Adams.

Data de nascimento: 02/01/2007

Menarca: 04/06/2019

Radiografia Panorâmica AP

Curva Torácica Proximal: Cobb_____ Limites_____

Curva Torácica Principal: Cobb_____ Limites_____

Curva Toracolombar / Lombar: Cobb_____ Limites_____

Vértebra Neutra Distal: _____

Radiografias em Inclinação

Inclinação Esquerda: Qual a rotação de L3?

Nash-Moe: 0 1 2 3 4

Inclinação Direita: Linha Vertical Sacral Central cruza L3?

Sim Não

Classificação de Suk

Torácica Simples

Torácica Dupla

Dupla Principal

Toracolombar / Lombar

Subtipo

A B

Níveis de Fusão: _____