



**MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIA MINIMAMENTE INVASIVA  
E SIMULAÇÃO NA ÁREA DE SAÚDE**

**JOÃO BOSCO SALES NOGUEIRA**

**DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE USABILIDADE DE APLICATIVO  
PARA PLANEJAMENTO DE ARTROPLASTIAS TOTAIS DE JOELHO**

**FORTALEZA  
2016**

JOÃO BOSCO SALES NOGUEIRA

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE USABILIDADE DE APLICATIVO  
PARA PLANEJAMENTO DE ARTROPLASTIAS TOTAIS DE JOELHO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Cirurgia Minimamente Invasiva, do Centro Universitário Christus, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia Minimamente Invasiva e Simulação na Área de Saúde.

Área de concentração: Simulação em Ensino e inovação na área de saúde

Linha de pesquisa: Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no País.

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

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

N778d NOGUEIRA, João Bosco Sales.

Desenvolvimento e avaliação de usabilidade de aplicativo para planejamento de artroplastias totais do joelho. / João Bosco Sales Nogueira. Fortaleza: EdUnichristus, 2016.

117f.; il. color., enc.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Tecnologia Minimamente Invasiva e Simulação em Saúde) – Centro Universitário Christus, Departamento de Pós-Graduação, Fortaleza, 2016.

Orientador: Abrahão Cavalcante Gomes de Souza Carvalho.

Co-orientador: Edgar Marçal de Barros Filho.

1. Cirurgia minimamente invasiva. 2. Artroplastia do joelho. 3. Eixo anatômico. 4. Eixo mecânico. I. Título.

CDD 617.472028

JOÃO BOSCO SALES NOGUEIRA

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE USABILIDADE DE APLICATIVO  
PARA PLANEJAMENTO DE ARTROPLASTIAS TOTAIS DE JOELHO

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia Minimamente Invasiva e Simulação na Área de Saúde do Centro Universitário Christus, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre.

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

Aprovada em 10/12/2016.

BANCA EXAMINADORA

---

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

---

Prof. Dr. Carlos Eduardo Barros Jucá (Membro Efetivo)  
Centro Universitário Christus

---

Prof. Dr. José Alberto Dias Leite (Membro Efetivo)  
Universidade Federal do Ceará

---

Profa. Dra. Ramille Lima (Membro Suplente)  
Centro Universitário Christus

Especialmente à família, que foi grande incentivadora deste projeto, pela compreensão nos momentos de ausência e por todo seu amor, especialmente à minha esposa, Raquel Pereira Castelo Branco Nogueira, por ser apoiadora incondicional de meus planos, mostrando-se carinhosa, compreensiva e apoiadora. Ao meu pai, João Bosco Nogueira, por apoiar incansavelmente meus estudos e minha formação médica, e por ser exemplo de inspiração em minha vida. À minha mãe, Francisca Mônica Sales Nogueira, por ser amparo e carinho, dedicando sua vida à criação de seus quatro filhos.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por amparar-me em todos os momentos importantes de minha vida, pela força interna concedida em todos os momentos de minha caminhada, especialmente em mais essa etapa de minha vida.

Ao orientador, Prof. Dr. Abrahão Cavalcante Gomes de Souza Carvalho, que aceitou o desafio de me orientar no Mestrado, confiando a mim o compromisso com a pesquisa, oportunizando e mostrando novas possibilidades no mundo acadêmico.

Ao coorientador, Prof. Dr. Edgar Marçal de Barros Filho, que aceitou a proposta de interação interdisciplinar e foi durante todo o desenvolvimento do trabalho um apoio importante e inspirador, tornando possível a confecção do aplicativo.

Ao colega Leonardo Heráclio do Carmo Araújo, pela paciência e presteza em me auxiliar com sua experiência, contribuindo de forma crítica em minha formação, sempre com espírito conciliador e otimista.

Ao colega Marcelo José Cortez Bezerra, por exemplo de profissionalismo e seriedade, que inspiram os duros dias de profissão. Pelas oportunidades concedidas ao longo de minha carreira médica, oferecendo sua experiência médica como amparo em minha vida profissional.

Aos estagiários Jonathan Alves Jardim e Bruno Raniery Freire Lima, por serem elo entre mim e meu coorientador, tornando prática muitas de nossas ideias.

Ao Mestrado de Tecnologia Minimamente Invasiva do Centro Universitário Christus, pelo apoio logístico e esforço de seus profissionais em imprimir excelência ao Curso.

"A virtude consiste em saber encontrar o meio-termo entre dois extremos".

Aristóteles



## RESUMO

Nogueira, J. B. S. **Desenvolvimento e avaliação de usabilidade de aplicativo para planejamento de artroplastias totais de joelho.** [Dissertação]. Fortaleza: Centro Universitário Christus, 2016.

A Artroplastia Total de Joelho (ATJ) tem como principais objetivos a restauração da mobilidade articular e a diminuição de dor. A principal causa de insucesso em ATJ continua sendo o mau alinhamento, que pode acarretar soltura precoce e osteólise. O planejamento pré-operatório contribui para menor duração do tempo cirúrgico e maior sobrevida dos implantes. Uma metodologia padronizada, através do uso de aplicativo para dispositivos móveis, pode facilitar a rotina de planejamento cirúrgico, encurtando o tempo de planejamento e minimizando as chances de complicações em ATJ. Os objetivos do estudo foram: desenvolver um aplicativo para dispositivos móveis, com finalidade de planejamento pré-operatório em ATJ; avaliar a usabilidade do aplicativo; aferir o tempo dispendido durante o planejamento através do aplicativo e da forma convencional, manual; e avaliar a acurácia do aplicativo ao comparar a medição do ângulo entre o eixo anatômico e mecânico do fêmur (ÂAMF) através do aplicativo e da forma manual. O aplicativo foi desenvolvido utilizando-se as ferramentas: *Integrated Development Environment* (IDE) Android Studio; Biblioteca SDK (*Software Development Kit*); Sistema Emulador de Android, com APIs (*Application Programming Interface*); e biblioteca OpenCV (*Open Source Computer Vision Library*). A seguir, o mesmo foi submetido ao teste de usabilidade através do questionário *System Usability Scale* (SUS), além da aplicação de questionário para avaliar a utilidade deste. O aplicativo foi testado por 24 voluntários: 8 ortopedistas membros da Sociedade Brasileira de Cirurgia de Joelho (SBCJ), 8 ortopedistas não membros da SBCJ e 8 residentes de Ortopedia. Pela aplicação do questionário SUS, o aplicativo obteve escore de 85,8, valor que representa classificação de A+ na escala de Sauro e Lewis. O planejamento através do aplicativo demandou 39% do tempo do planejamento, quando comparado à forma manual, preservando a acurácia ao medir o AAMF. Como conclusões, o aplicativo mostrou-se útil e vem otimizar o planejamento cirúrgico em ATJ, à medida que estabelece uma padronização de um passo a passo racional, apoiado na literatura, direciona o usuário para possível forma de planejamento cirúrgico confiável.

**Palavras-chave:** Aplicativos móveis, Artroplastia Total de Joelho, Mau Alinhamento Ósseo.

## ABSTRACT

Nogueira, J. B. S. **Development and usability evaluation of an application for planning total knee arthroplasties.** [Dissertation]. Fortaleza: Centro Universitário Christus, 2016.

Total knee arthroplasty (TKA) has as main goals restoration of range of motion and pain relief. The main cause of failure in TKA remains malalignment, which can lead to premature loosening and osteolysis. Preoperative planning contributes to shorter surgical time and increase survival of the implants. A standardized methodology through a mobile application could facilitate surgical planning, shortening time and minimizing the chances of complications in TKAs. The study purposes are developing an application for mobile devices for preoperative planning in TKAs, evaluate the application usability, gauge the time spent during planning through the application and through the conventional, manual way; measure the accuracy of the application when measuring the angle between anatomical axis and mechanical femur (AMFÂ). The application was developed using the following tools: IDE (Integrated Development Environment) Android Studio; SDK Library (Software Development Kit); Android Emulator system, with APIs (Application Programming Interface); And OpenCV (Open Source Computer Vision Library) library. Subsequently, it was submitted to an usability test using SUS (System Usability Scale) questionnaire, besides the use of a questionnaire to evaluate its utility. The application was tested by 24 subjects: 08 orthopedists members of the Brazilian Society of Knee Surgery (SBCJ); 08 orthopedists not members of SBCJ; and 08 Orthopaedics residents. By applying the SUS questionnaire, the application obtained a score of 85.8, which represents A + rating on Sauro and Lewis scale. Planning through the application required 39% of planning time when compared to manual form, preserving its accuracy when measuring the AMFÂ. As conclusions, the application has proved useful and comes to optimize the surgical planning in TKAs. As it establishes a rational step-by-step standartization, based on literature, directs the user to a possible reliable form of surgical planning.

**Key words:** Mobile applications, Total knee arthroplasty, Bone Malalignment.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Diagrama simplificado de telas e de funcionalidades do aplicativo proposto .....	33
<b>Figura 2</b> Procedimento realizado para avaliação do aplicativo .....	40
<b>Figura 3</b> Fotos que evidenciam o planejamento pré-operatório realizado de forma tradicional e através do uso do aplicativo desenvolvido .....	40
<b>Figura 4</b> Tela 1. Vídeo que resume as principais etapas propostas pelo aplicativo no que diz respeito ao planejamento de ATJ .....	42
<b>Figura 5</b> Tela 2. Apresenta uma mensagem de boas-vindas, além de uma explicação resumida da metodologia de planejamento proposta pelo aplicativo	43
<b>Figura 6</b> Tela 3. Oferta ao usuário um cadastro de dados, relativos a cada caso cirúrgico planejado .....	44
<b>Figura 7</b> Tela 4. Escolha do Joelho a ser planejado .....	45
<b>Figura 8</b> Tela 5. Direciona o usuário para informação da magnificação utilizada durante a confecção do filme impresso de RPMI .....	46
<b>Figura 9</b> Tela 6. Direciona o usuário para fotografar o exame de RPMI.....	48
<b>Figura 10</b> Tela 7. Orienta o usuário à marcação do centro da cabeça femoral .	49
<b>Figura 11</b> Tela 8. Direcionará o usuário ao reconhecimento do limite proximal do centro do canal femoral.....	50
<b>Figura 12</b> Tela 9. Orienta o usuário a localizar o centro do intercôndilo femoral .....	52
<b>Figura 13</b> Tela 10. Apresenta ao usuário o ÂAMF, além de uma linha perpendicular ao EMF .....	53
<b>Figura 14</b> Tela 11. Orienta o usuário a posicionar uma linha branca no primeiro ponto de contato ósseo femoral, de distal para proximal .....	54
<b>Figura 15</b> Tela 12. Orienta o usuário a posicionar uma segunda linha branca, móvel, ao nível de ressecção óssea desejada, que em uma ATJ primária, corresponde, na maior parte dos casos, a espessura do componente protético femoral a ser utilizado .....	55
<b>Figura 16</b> Tela 13. Orienta o usuário quanto à marcação do ponto: centro das espinhas tibiais.....	56

<b>Figura 17</b> Tela 14. Orienta o usuário quanto à marcação do ponto: centro do tornozelo .....	57
<b>Figura 18</b> Tela 15. A tela 15 orienta o usuário a posicionar a linha branca, orientada perpendicular ao EMT, no primeiro ponto de contato ósseo do platô tibial, de proximal para distal.....	58
<b>Figura 19</b> Tela 16. Orienta o usuário a descer a linha de corte ósseo tibial para a posição de osteotomia desejada .....	59
<b>Figura 20</b> Tela 17. Apresenta a imagem de planejamento final dos cortes ósseos .....	60
<b>Figura 21</b> Tela 18. Apresenta um resumo do planejamento cirúrgico realizado. O aplicativo reconhece o tipo de deformidade em questão, informa o ÂAMF.....	61
<b>Figura 22</b> Tela 19. Mensagem final e referências bibliográficas utilizadas para o desenvolvimento do aplicativo.....	62
<b>Figura 23</b> Médias individuais dos participantes nas características avaliadas na Parte 1 do questionário .....	64
<b>Figura 24</b> Tempo, em minutos, gasto no planejamento de ATJ utilizando o método convencional e o aplicativo.....	65
<b>Figura 25</b> Medição do AAMF através da forma convencional e utilizando o aplicativo .....	66

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> Resumo da análise da primeira parte do questionário de avaliação ...	63
<b>Tabela 2</b> Classificação da usabilidade do aplicativo conforme duas escalas diferentes.....	63
<b>Tabela 3</b> Valores relacionados aos tempos (em segundos) para planejamento da cirurgia da forma tradicional e com o App ATJ .....	65
<b>Tabela 4</b> Dados expressos em forma de frequência absoluta e percentual para as respostas das perguntas de 11 a 17 .....	68
<b>Tabela 5</b> Cruzamento das questões 16 e 17 para análise através do teste exato de Fisher .....	69

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ÂAMF - Ângulo formado entre o eixo Anatômico do fêmur e o eixo Mecânico do Fêmur

API - *Application Programming Interface*

ATJ - Artroplastia Total do Joelho

CD - *Compact Disc*

EAF - Eixo Anatômico do Fêmur

EMF - Eixo Mecânico do Fêmur

EMMI - Eixo Mecânico do Membro Inferior

EMT - Eixo Mecânico da Tíbia

ICT - *Information and Communication Technology*

IDC - *International Data Corporation*

IDE - *Integrated Development Environment*

INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial

LCL - Ligamento Colateral Lateral

LCM - Ligamento Colateral Medial

LCP - Ligamento Cruzado Posterior

OpenCV - *Open Source Computer Vision Library*

RCJ - Radiografias Convencionais de Joelho

RNM - Ressonância Magnética

RPMI - Radiografia Panorâmica de Membros Inferiores

SBCJ – Sociedade Brasileira de Cirurgia do Joelho

SDK - *Software Development Kit*

SO - Sistema Operacional

SUS - *System Usability Scale*

TAM - *Davis' Technology Acceptance Model*

TC - Tomografia Computadorizada

3D- 3 Dimensões

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
2.1 Aspectos relevantes da anatomia do joelho .....	17
2.2 Objetivos de uma ATJ .....	18
2.3 Técnicas cirúrgicas .....	19
2.4 Princípios de alinhamento .....	21
2.5 Planejamento cirúrgico pré-operatório .....	22
2.6 Guias de corte ósseo .....	23
2.7 Guias de alinhamento ósseo .....	24
2.8 Manejo de instabilidades e de deformidades .....	25
2.9 ATJ assistida por computação navegada .....	28
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	29
3.1 Geral .....	29
3.2 Específicos .....	29
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	30
4.1 Condições de desenvolvimento .....	30
4.2 Teste de usabilidade e utilidade do aplicativo .....	35
4.2.1 <i>Instrumentos</i> .....	35
4.2.2 <i>Participantes</i> .....	38
4.2.3 <i>Procedimento</i> .....	39
4.3 Análise dos Resultados .....	41
4.4 Considerações Éticas .....	41
<b>5 RESULTADOS</b> .....	42
5.1 Modelo Inicial .....	42
5.2 Teste de usabilidade .....	62
<b>6 DISCUSSÃO</b> .....	71
<b>7 CONCLUSÕES</b> .....	78
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	79
<b>APÊNDICE A - ESBOÇO VISUAL E DE FUNÇÕES DAS TELAS DO APLICATIVO</b> .....	85
<b>APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO</b> .....	95
<b>APÊNDICE C - TUTORIAL</b> .....	99
<b>APÊNDICE D - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</b> .....	103
<b>ANEXO A - RESULTADOS DA PARTE 0 E PARTE 1 (QUESTIONÁRIO SUS)</b> .....	105
<b>ANEXO B - GRÁFICOS DAS QUESTÕES</b> .....	108

## 1 INTRODUÇÃO

As doenças degenerativas do joelho têm-se tornado cada vez mais prevalentes, acompanhando, proporcionalmente, o aumento da expectativa de vida da população. O desenvolvimento de implantes mais resistentes e mais adaptados à anatomia humana, além do aperfeiçoamento da técnica cirúrgica e de adequações de técnicas de esterilização e acondicionamento de materiais cirúrgicos têm tornado a Artroplastia Total do Joelho (ATJ) uma das cirurgias mais realizadas no meio ortopédico (DONALDSON; JOYNER; TUDOR, 2015).

A ATJ tem muitos objetivos, estando entre os mais importantes a restauração da mobilidade articular e a diminuição de dor (WIDMER; ZICH, 2015). Para realização de uma ATJ bem-sucedida, é fundamental um planejamento cirúrgico pré-operatório adequado (FRCS; MRCS, 2003). A menor duração do procedimento cirúrgico e maior tempo de sobrevida dos implantes tendem a ser favorecidos por um planejamento pré-operatório satisfatório (HOWCROFT et al., 2006; MILLER; PURTILL, 2012).

A principal causa de insucesso em ATJ continua sendo, ao longo dos anos, o mau alinhamento dos componentes protéticos junto aos eixos mecânicos dos ossos do fêmur e da tíbia (MOLICNIK; NARANDA; DOLINAR, 2015). Este pode ser definido por uma variação maior do que três graus em relação ao ângulo formado entre o centro da cabeça femoral, o centro do joelho e o centro do tornozelo, o qual deve ser, idealmente, neutro (zero graus) (DANIILIDIS; TIBESKU, 2013; DEAKIN; SARUNGI, 2014; JEFFERY; MORRIS; DENHAM, 1991). O mau alinhamento em ATJ também acarreta distribuição de força médio-lateral não fisiológica, causando sobrecarga sobre a superfície implante-osso e o próprio osso, ocasionando osteólise e soltura precoce (KUTZNER, 2012).

Existem vários métodos de estimativa do alinhamento ósseo, que incluem exame clínico, uso de Tomografia Computadorizada (TC), de Ressonância Magnética (RNM), de Radiografias Convencionais de Joelho (RCJ), de fluoroscopia intra-operatória e de navegação intra-operatória. O uso de Radiografia Panorâmica de Membros Inferiores (RPMI) é um método consagrado para medição do alinhamento ósseo (BABAZADEH et al., 2013).

Em planejamento pré-operatório de uma ATJ, comumente calcula-se o alinhamento anatômico e mecânico dos ossos do fêmur e da tíbia, a partir de



exames de RPMI (CHERIAN et al., 2014). Desta forma, para um planejamento cirúrgico seguro, necessitamos identificar referências anatômicas, que servem como parâmetros para estimativa do alinhamento anatômico e mecânico dos ossos do fêmur e da tíbia. Utilizam-se, rotineiramente, durante o planejamento convencional pré-operatório, um lápis de ponta tamanho 2B, uma régua milimetrada de cerca de 50 cm, um transferidor e um negatoscópio, além do filme impresso de RPMI, para aferição desses parâmetros.

Apesar disso, sabe-se que nem todos os serviços especializados em Ortopedia e Cirurgia do Joelho adotam metodologia padronizada de planejamento pré-operatório de ATJ e, muitas vezes, não utilizam em sua rotina exames RPMI com essa finalidade. Além disso, muitos cirurgiões não costumam ter a sua disposição todas as ferramentas adequadas para um planejamento cirúrgico, como régua e transferidores, em todos os ambientes em que se realizam o planejamento cirúrgico, como no centro cirúrgico e, até mesmo, no consultório médico.

Considerando-se os atuais recursos computacionais utilizados como ferramentas de suporte às práticas médicas, destaca-se o paradigma conhecido como *mHealth*, que consiste no uso dos recursos da computação móvel nas áreas da saúde (KAY; SANTOS; TAKANE, 2011). Quando aplicadas para favorecer os processos de ensino e aprendizagem, as tecnologias móveis proporcionam inúmeros benefícios, como o incremento de recursos para o aprendizado do aluno, a possibilidade de acesso aos conteúdos didáticos em qualquer lugar, e em qualquer momento, e o fornecimento de meios para o desenvolvimento de métodos inovadores de ensino (MARÇAL; ANDRADE; RIOS, 2005). Ao facilitar a integração entre o mundo real e o digital, a aprendizagem auxiliada por computação móvel (*Mobile Learning* ou *m-learning*) tem criado oportunidades para o desenvolvimento de novas estratégias de ensino em diferentes áreas (HWANG; LAI; WANG, 2015; MARÇAL et al., 2014; HWANG; WU, 2016).

Neste estudo, o desenvolvimento de um aplicativo com base no Sistema Operacional Android justifica-se pelos seguintes fatores: maior presença de mercado, que se reflete não somente em quantidade de usuários, como também variedade de dispositivos e recursos suportados; grande quantidade de programadores nessa plataforma, que aumentam as chances de ter um Sistema Operacional (SO) bem testado e na existência de outros profissionais para procurar soluções de problemas; e vasta documentação e códigos-fonte disponíveis

gratuitamente, que possibilitam resolução de muitas dificuldades, dispensando cursos e consultorias.

O planejamento manual de cirurgias de ATJ apresenta inconvenientes de portabilidade em relação ao aparato de ferramentas destinadas ao planejamento cirúrgico, além de exigir o conhecimento de uma metodologia racional para esse fim. Desta forma, pretende-se oferecer aos cirurgiões, graduados ou em formação, ferramenta que facilite a rotina de planejamento cirúrgico, dispensando o uso de réguas, transferidores e lápis, o que pode simplificar e padronizar uma possível rotina de planejamento cirúrgico, justificando o estudo.

Neste contexto, como hipótese nula, o planejamento de ATJ não pode ser realizado através do aplicativo proposto, não havendo acurácia na aferição do ângulo AAMF e não sendo útil ao planejamento cirúrgico.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Aspectos relevantes da anatomia do joelho

Uma cirurgia de substituição articular bem-sucedida requer o conhecimento da anatomia individual de cada paciente, no que diz respeito ao alinhamento de membros inferiores, ao suporte de estruturas ligamentares e à anatomia óssea do joelho, do quadril e do tornozelo. Neste sentido, uma avaliação completa inicia-se pelo exame físico de forma estática e dinâmica. Na avaliação estática, realizada em posição sentada ou decúbito dorsal, observam-se as estruturas anatômicas e o alinhamento ósseo sem influência do peso corporal. Na avaliação dinâmica, realizada durante a deambulação, o avaliador pode notar posições antálgicas e instabilidades dinâmicas, como a flambagem lateral que ocorre em joelhos varos (HUSSAIN et al., 2016).

Em relação ao alinhamento estático, alguns parâmetros devem ser notados. O Eixo Mecânico do Membro Inferior (EMMI) é formado por uma linha que liga dois pontos: centro do quadril e centro da articulação do tornozelo. Como o eixo mecânico do membro inferior forma com o eixo vertical do corpo um ângulo de 3 graus, existe inclinação de 3 graus entre a linha articular do joelho e o eixo da diáfise da tíbia, além de um ângulo de 10 graus entre a linha articular do joelho e o eixo da diáfise do fêmur. Como o eixo mecânico passa pelo compartimento medial do joelho e o eixo transversal da articulação do joelho é levemente varo, a distribuição do peso em posição ortostática é mais medial que lateral, na maioria dos casos (TOLIOPOULOS et al., 2016).

Em relação ao alinhamento dinâmico, durante a marcha normal, uma força predominantemente medial é notada em razão da força de reação do solo ser direcionada para lateral. Essas forças são exercidas no platô tibial, que tem inclinação posterior em torno de 2 a 10 graus. Entretanto, quando se considera a anatomia meniscal, a articulação não tem qualquer inclinação posterior (LOWE et al., 2011).

Alterações biomecânicas da marcha são notadas em pacientes obesos ou com condicionamento físico inadequado. Essas condições podem acentuar a flambagem lateral, resistida pelas estruturas laterais ligamentares do joelho. Estudos de marcha mostram adaptações em pacientes obesos, como diminuição da

velocidade, passos curtos, aumento do tempo de fase de apoio e diminuição do arco de movimento. Pacientes com dor medial podem apresentar rotação externa dos pés compensatória durante a fase de apoio (MANUSCRIPT et al., 2010).

## 2.2 Objetivos de uma ATJ

Uma ATJ tem muitos objetivos, porém dois objetivos principais destacam-se: restauração da mobilidade articular e diminuição de dor (KINE-, 2015).

Desde o desenvolvimento da ATJ, uma discussão constante fez-se presente entre os cirurgiões de joelho: a reprodução da anatomia nativa do joelho. Insall, em 2012, um dos precursores da ATJ, sugeriu uma modificação da anatomia nativa, a fim de obter um joelho alinhado mecanicamente em neutro. Pelos princípios desse tipo de estratégia, a substituição articular por uma ATJ deveria ser realizada de tal forma a obter uma distribuição simétrica de forças ao longo dos compartimentos medial e lateral, articulares. Uma liberação de partes moles era então preconizada na medida do necessário, progressivamente, com finalidade de promover uma articulação alinhada e balanceada (DONALDSON; JOYNER; TUDOR, 2015; GRIFFIN; INSALL; SCUDERI, 2000).

Outro aspecto que deve ser lembrado é que a reprodutibilidade de um planejamento correto está sujeita ao erro humano. Por mais criterioso que seja um planejamento, sua execução pode levar a resultados diferentes do planejado, especialmente quando o cirurgião não tem vasta experiência com a cirurgia de ATJ. O uso de um instrumental preciso e de uma boa técnica cirúrgica pode minimizar esses erros. Neste sentido, várias estratégias vêm sendo adotadas com objetivo de reduzir essas imprecisões. A cirurgia navegada por computação é uma das estratégias adotadas com esse fim e tem mostrado melhorar o posicionamento dos componentes protéticos (LIOW et al., 2016; SANTINI; RAUT, 2008).

Um fator que deve ser ponderado é a facilidade com que a maioria dos cirurgiões tem em fazer um corte ortogonal ao eixo mecânico em comparação a um corte inclinado, que reproduziria a anatomia óssea da tíbia em seu pequeno grau de varismo ou de inclinação posterior. Esses são argumentos que justificam a adoção de um planejamento baseado no alinhamento mecânico neutro dos componentes, quando se defende uma técnica de uso universal, reprodutível (VAISHYA et al., 2016).

### 2.3 Técnicas cirúrgicas

Desde o desenvolvimento e a popularização da ATJ, dois distintos conceitos de técnica cirúrgica têm sido confrontados: a teoria do *GAP* e a da ressecção mensurada. Com a evolução da ATJ, surgiram também conceitos que agregam características de ambas as teorias (MOON et al., 2016).

A teoria do *GAP* defende que sejam feitas liberações ligamentares, a fim de corrigir deformidades fixas, levando o membro próximo de uma situação alinhada antes que sejam realizados os cortes ósseos. Essa teoria foi bastante defendida em um momento em que havia poucas opções de tamanhos de implantes protéticos femorais. Essa situação implicava ressecção femoral posterior além do necessário, o que frequentemente levava ao uso de um componente femoral subdimensionado em relação ao tamanho femoral nativo. Outra consequência era um corte tibial menor para preencher um espaço de flexão, o que poderia gerar uma situação de um espaço de extensão apertado. Por essa técnica, tanto o fêmur como a tíbia poderiam ser osteotomizados primeiro. A intenção principal dessa teoria é que exista equilíbrio entre os espaços de flexão e extensão, que devem ser simétricos. Assim, os cortes tibial e femoral devem estar paralelos, podendo então ocorrer ajuste do corte femoral em relação ao tibial. Essa situação frequentemente é obtida quando se adota como referência para o corte do fêmur distal a linha transpicondilar (DAINES; DENNIS, 2014; PANG et al., 2011).

A teoria da ressecção mensurada concentra-se em torno da ideia de manutenção da linha articular nativa. Segundo essa teoria, o balanço ligamentar de colaterais e a função dos ligamentos cruzados depende da preservação da linha articular nativa. Assim, o ligamento cruzado posterior (LCP) deveria ser idealmente preservado durante a cirurgia, pois é considerado estabilizador varo/valgo e importante absorvedor de estresse que, de outra forma, seria transmitido ao implante protético. Além disso, o LCP pode controlar o movimento de rolamento posterior, *roll-back*, do fêmur sobre a tíbia, que ocorre em flexão. Sua preservação também seria desejada em razão de manutenção de suas propriedades proprioceptivas. O desafio para esse tipo de teoria diz respeito ao reconhecimento de um LCP funcionante. Com o desenvolvimento de doenças degenerativas, existe tendência de perda de suas capacidades proprioceptivas e também ocorrem alterações de suas fibras, tornando-o indesejavelmente tenso ou afrouxado. Em

situações de hipertensionamento, ocorre aumento do movimento de rolamento posterior, que pode causar sobrecarga sobre o componente de polietileno, levando ao desgaste precoce. Também pode ocorrer nessas situações um movimento anormal de dobradiça, conhecido como "abertura como um livro". Contrariamente, quando o LCP está muito frouxo, ele não controla o movimento entre o fêmur e a tíbia corretamente, levando a um efeito anormal de "rolamento anterior", paradoxal, que pode limitar a flexão por impacto posterior. Em relação aos cortes ósseos, existe também grande desafio em se osteotomizar de forma anatômica os ossos do fêmur e da tíbia, ao se preconizar a teoria de ressecção mensurada. A tíbia possui inclinação articular no plano frontal de aproximadamente 3 graus e inclinação posterior de cerca de 2 a 10 graus. Um corte ósseo realizado com discreto erro de rotação em relação à posição neutra poderia aumentar sobremaneira a imprecisão dos cortes ósseos. Como benefício reconhecido por esta teoria, está a diminuição de dor patelo-femoral, por manutenção da linha articular. Uma preservação da linha articular também evitaria a posição em *patela infera* (LEE et al., 2011; TIGANI et al., 2010).

Posteriormente, muitos autores têm defendido uma técnica que combina princípios da teoria do GAP e da ressecção mensurada. Por essa junção de teorias, o corte ósseo poderia iniciar pelo fêmur ou pela tíbia. O uso da referência dos côndilos femorais posteriores para um corte mensurado do fêmur permitiria acomodação por liberação adicional de partes moles em flexão. Isso tornou-se possível devido à maior variabilidade atual de tamanhos diferentes do componente femoral, além do fato de muitos dos componentes femorais atuais apresentarem corte femoral anterior divergente, que evita a situação de lesão da cortical anterior: *notching*. Como a liberação do LCP contribui para aumento, tanto do espaço de flexão como de extensão, modificações da técnica de ressecção mensurada são possíveis. Se o LCP for então corretamente tensionado após ajuste, respeito rígido aos cortes ósseos anatômicos não precisa ser necessariamente seguido (BAIER et al., 2014).

Independente da técnica adotada pelo cirurgião, o respeito aos princípios cirúrgicos e a experiência do cirurgião são imprescindíveis para um resultadosatisfatório. O tempo cirúrgico desejado em uma ATJ é algo em torno de 40 a 120 minutos. Cirurgiões em curva de aprendizado, ainda inexperientes, que ultrapassam o tempo cirúrgico de 120 minutos enfrentam maior índice de

complicações e altas taxas de revisões de ATJ. Por outro lado, cirurgiões que se preocupam demasiadamente em diminuir o tempo de procedimento, e não respeitam criteriosamente os princípios cirúrgicos, também amargam altos índices de complicações e altas taxas de revisões em ATJ. Um tempo cirúrgico aquém de 40 minutos não é desejado, principalmente se para atingir o objetivo de encurtar o tempo cirúrgico, o cirurgião não respeitar os princípios cirúrgicos em cada etapa da cirurgia (YOUNG et al., 2014).

## **2.4 Princípios de alinhamento**

O princípio mais difundido e aceito de alinhamento dos componentes protéticos baseia-se no alinhamento mecânico neutro dos componentes em relação ao Eixo Mecânico do Fêmur (EMF) e ao Eixo Mecânico da Tíbia (EMT). Segundo esse princípio, o componente femoral deve estar posicionado perpendicular ao EMF e o componente tibial deve estar também posicionado perpendicular ao EMT. O ajuste dos cortes ósseos no sentido ântero-posterior e rotacional deve ser feito com intenção de se obter espaço de flexão semelhante ao espaço de extensão. A liberação das estruturas ligamentares deve ser feita, a fim de restaurar a mobilidade e de equilibrar o balanço ligamentar do joelho (CHERIAN et al., 2014).

Um contraponto ao princípio de alinhamento neutro surge, modernamente, na última década: o alinhamento cinemático. Por esse conceito, o fêmur é entendido de forma tridimensional, em seus três eixos. O alinhamento cinemático tem como finalidade o coalinhamento do eixo transversal, em que ocorre melhor acoplamento do componente femoral com o eixo transversal primário do fêmur em correlação com uma situação em que ocorre flexo-extensão da tíbia; remoção de osteófitos, a fim de restaurar o arco de movimento e estabilidade; posicionamento do componente tibial, de modo que o eixo longitudinal tibial seja perpendicular ao eixo transversal do fêmur, em correlação com a flexo-extensão tibial. A confirmação intraoperatória do alinhamento cinemático ocorre comparando a simetria entre a espessura de osso ressecado do fêmur distal medial, do fêmur distal lateral, do fêmur posterior medial e do fêmur posterior lateral. Tendo, então, confirmado o alinhamento cinemático do componente femoral, uma sequência de quatro etapas é proposta: remoção de osteófitos, ajuste do plano de corte tibial, liberação da cápsula posterior do fêmur e medialização ou lateralização do

componente tibial. Para os cortes ósseos, é sugerido o uso de guias de cortes ósseos customizados, individualizados para cada indivíduo, produzidos a partir de estudos de RNM, ou TC de joelho. A partir desse exame, é gerado um modelo tridimensional do joelho doente, artrítico. Um tratamento desse modelo o transforma, então, em um modelo de joelho normal, a partir do artrítico. Guias específicos para esse joelho reproduzido são produzidos, de modo a possibilitar inserção no joelho por acessos minimamente invasivos. O plano de corte ósseo desses guias reproduziriam, em tese, um joelho saudável, a partir de um joelho artrítico (DOSSETT et al., 2014; HOWELL et al., 2013).

## **2.5 Planejamento cirúrgico pré-operatório**

O planejamento cirúrgico é fundamental para uma ATJ bem-sucedida. O cirurgião antecipa dificuldades e traça planos para corrigir deformidades, decidindo antes da cirurgia sobre o tipo de implante adequado para substituição articular (HOWCROFT et al., 2006). Independente do modelo de implante a ser utilizado e da técnica cirúrgica a ser adotada, o reconhecimento de parâmetros e de referências anatômicas pode antecipar dificuldades encontradas na cirurgia.

O alinhamento ósseo pode ser estimado pelo exame físico, mas é melhor avaliado através de análise de exames de imagem. O uso de TC e de RNM são recursos sofisticados para o planejamento pré-operatório. Todavia, os estudos de radiografia continuam sendo o recurso amplamente disponível em todo mundo, sendo a escolha na maior parte dos Serviços de Ortopedia. Apesar de a RCJ ser amplamente utilizada, ela não oferece parâmetros para medição segura dos eixos anatômico e mecânico do fêmur e da tíbia, nem do membro inferior. Em RCJ, O EMF é estimado a partir do Eixo Anatômico do Fêmur (EAF), baseado em uma média populacional do ângulo formado entre o eixo anatômico e o eixo mecânico do fêmur (AAMF). A literatura mostra que essa média não é confiável para uso rotineiro, visto haver variação ampla entre as populações, o que poderia motivar a imprecisão na estimativa do EMF a partir do EAF (NEIL et al., 2016; PARRATTE et al., 2010). O centro do tornozelo também não é visível em uma RCJ, o que poderia estimar incorretamente o EMT. A RPMI mostra-se útil no planejamento cirúrgico pré-operatório, pois oferece ao cirurgião estimativa mais precisa do EAF, do EMF, do EMT e do eixo mecânico do membro inferior. Nas situações em que há consolidação



viciosa por sequelas de fraturas, ou em situações onde há acentuado varismo ou valgismo diafisário, a RPMI apresenta papel fundamental. Nesses casos, a RCJ não oferece qualquer segurança ao planejamento cirúrgico pré-operatório (BABAZADEH et al., 2013).

Ao visualizar os eixos mecânico e anatômico dos ossos do fêmur e da tíbia, além do ÂAMF, o cirurgião poderá decidir sobre a inclinação dos cortes ósseos, sobre ângulo de valgismo de corte do fêmur distal, quando optar pela utilização do guia intramedular de corte ósseo femoral, bem como estimar a liberação de partes moles, a fim de equilibrar os espaços de flexão e extensão. Além disso, poderá avaliar se defeitos ósseos, muitas vezes, presentes nas doenças degenerativas, serão incluídos no plano de corte ósseo ou se haverá necessidade de augmentação com cimento ortopédico, com enxerto ósseo ou cunhas metálicas.

## **2.6 Guias de corte ósseo**

Com intenção de garantir ao cirurgião um corte ósseo controlado, os guias de corte são fixos às extremidades do osso, direcionam a lâmina de corte óssea em apenas um plano, limitam a excursão da lâmina de corte, o que pode ser um fator protetor. Por outro lado, podem obstruir a visão direta do cirurgião, aumentando os riscos de lesão de estruturas ligamentares. A limitação de excursão da lâmina também pode causar debris metálicos. Isso pode ser amenizado quando se mantém irrigada a lâmina durante o corte. O cirurgião também deve orientar sua mão no mesmo plano de corte da lâmina, evitando torção da lâmina, que também pode aumentar a quantidade de formação de debris metálicos (HOHMANN; TETSWORTH, 2016).

Tradicionalmente, os cortes femorais eram feitos por vários guias de corte. Os guias mais modernos oferecem múltiplos cortes em apenas um guia de corte. Muitos permitem corte anterior, posterior, de chanfraduras e do fêmur distal. Novas tecnologias estão sendo introduzidas aos guias de cortes ósseos, tornando possível a confecção de guias de cortes ósseos customizados, que são desenvolvidos para anatomia exata de cada indivíduo (LEVY et al., 2016). Apesar disso, alguns autores acreditam que o uso dos guias de corte customizados não resulta em melhores resultados clínicos (MIHALKO, 2015).

Os guias de corte ósseo da tíbia são menos complexos do que os guias de corte ósseo femorais. Isso ocorre devido ao corte tibial em uma ATJ primária ser único, tornando o guia menos complexo. Apesar disso, um corte ósseo tibial com pequena inclinação, além do planejado, pode motivar a soltura precoce do componente e osteólise. A lâmina deve idealmente ter sua excursão limitada por um guia de corte acoplado à tíbia proximal (MACDONALD et al., 2004).

## **2.7 Guias de alinhamento ósseo**

Independente da filosofia de planejamento cirúrgico e da técnica cirúrgica adotada pelo cirurgião, o corte ósseo deve ser realizado, de modo a respeitar o alinhamento ósseo antes planejado.

Os guias de corte ósseo tradicionais devem ser acoplados com base em pontos de referência anatômicos, como a espinha íliaca ântero-superior ou o centro da articulação do quadril, proximalmente. Em relação à referência anatômica distal, o centro da articulação do tornozelo pode ser utilizado. Essas referências, no entanto, podem ser difíceis de ser reconhecidas durante a cirurgia. Esses fatos tornaram populares os guias de alinhamento intramedular, que não necessitam de identificação dessas marcações, as quais podem estar obscurecidas pelos campos cirúrgicos (CHERIAN et al., 2014).

O alinhamento ósseo do fêmur tem sido obtido a partir do uso de guias intramedulares. Estes guias percorrem o caminho da diáfise femoral, simulando o EAF. O EMF pode ser, então, estimado a partir do ÂAMF. Por isso, a importância da medição desse ângulo para os que utilizam o guia intramedular de alinhamento ósseo para o fêmur. Deste modo, a visualização de todo o EAF e EMF, a partir de RPMI tem-se mostrado mais adequada do que a partir de RCJ. Em casos de não disponibilização de RPMI pelo serviço de determinada localidade, uma estimativa do EMF é obtida a partir do EAF, estimando-se a média populacional de ÂAMF daquela localidade em questão (NEIL et al., 2016; PARRATTE et al., 2010).

O alinhamento ósseo da tíbia é obtido tanto por meio de guias extra medulares como a partir de guias intramedulares. As deformidades diafisárias acentuadas, comumente encontradas em casos de genovaro grave, podem dificultar ou ainda impedir o uso do guia intramedular de corte ósseo. Quando se opta pelo guia extra medular de corte ósseo, referências anatômicas, como a região medial da

tuberosidade anterior da tíbia e o centro do tornozelo, localizado ao nível do segundo metatarso, quando o pé e o tornozelo estão em posição neutra. Esse posicionamento pode ser impreciso, à medida que o cirurgião não visualiza a articulação do tornozelo. Apesar disso, estudos de metanálise indicam não haver diferenças estatisticamente significantes quando se compara o alinhamento obtido a partir de guias intra ou extra articulares. O tempo de torniquete é mostrou-se menor quando se utilizam os guias intramedulares de corte da tíbia (ZENG et al., 2015).

Os guias intramedulares de corte ósseo podem aumentar a incidência de embolia gordurosa por aumento de pressão no canal medular. O uso de tecnologia de navegação computadorizada evita o uso dos guias intramedulares, diminuindo o índice dessa complicação (MALHOTRA et al., 2015).

## **2.8 Manejo de instabilidades e deformidades**

Durante a evolução de artrose do joelho, é comum o desenvolvimento de deformidades angulares e de instabilidade. O desgaste assimétrico de cartilagem contribui para o desequilíbrio entre as estruturas ligamentares centrais e periféricas do joelho. Contratura de partes moles é uma consequência secundária que surge em razão de trauma ou de um longo período de desalinhamento angular. Ao se planejar uma ATJ, idealmente, deve-se objetivar balanceamento perfeito de partes moles, apesar de que pequenos milímetros de abertura lateral possam ser tolerados de forma assimétrica, quando se trata de uma deformidade em varo acentuada (KURIYAMA et al., 2015).

A instabilidade pode ser dividida entre deformidade simétrica ou assimétrica. Uma instabilidade é considerada simétrica quando não há alterações adaptativas ligamentares, apesar do desgaste de cartilagem ou erosão do osso. Esse tipo de deformidade é redutível por manobras de exame físico. A instabilidade assimétrica, por sua vez, costuma acontecer em artroses avançadas e, ao exame físico, não é redutível. Esse fato ocorre por alterações adaptativas definitivas ligamentares. Nesses casos, apenas com realização de cortes ósseos padrões, não é conseguido bom equilíbrio ligamentar, fazendo-se necessária liberação de partes moles. Para corrigir um desequilíbrio ligamentar assimétrico, são descritas duas técnicas: liberação de contraturas na região de concavidade da deformidade ou de

avanço e de tensionamento na região de convexidade. Existe, porém, um limite de correção das estruturas a partir da liberação de partes moles.

Em casos de degeneração articular avançada, pode haver insuficiência ligamentar na região de convexidade da deformidade. Ao realizar, então, liberação ligamentar na região de concavidade, pode-se ter como consequência uma situação conhecida como frouxidão por ressecção. Por isso, alguns autores têm demonstrado aceitação de algum grau de assimetria relacionada ao equilíbrio ligamentar, a fim de evitar a situação de frouxidão por ressecção (HOMMEL; PERKA; PFITZNER, 2016). Essa condição representa insuficiência ligamentar generalizada. Em casos assim, pode ser mais adequado o uso de implantes protéticos com algum grau de constrição própria, que substitua a função de um ligamento colateral. Esses implantes apresentam opção de hastes mais longas, que protegem a superfície osso-implante de maior desgaste (CLOSKEY et al., 2008).

A deformidade em varo é considerada leve quando o desvio do eixo mecânico é menor que 15 graus. É considerada moderada a severa quando esse desvio é maior do que 15 a 20 graus. A instabilidade assimétrica em varo inicia-se com desgaste condral e perda óssea do compartimento medial articular. Essa situação quando cronicada resulta em contratura do Ligamento Colateral Medial (LCM). A zona de desgaste ósseo costuma iniciar-se pela tíbia, progredindo para o fêmur, em casos avançados. Um encurtamento relativo do LCM também ocorre pelo desenvolvimento de osteófitos mediais. Com a progressão da doença degenerativa, ocorre um alongamento do LCP e da cápsula articular, o que contribui para um afrouxamento de estruturas laterais. Durante a fase de apoio da marcha, nota-se, então, abertura lateral da articulação, flambagem. O tratamento das deformidades em varo envolve liberação sequencial de estruturas mediais, até que se obtenha equilíbrio em relação às estruturas laterais. Essa situação transforma os espaços de flexão e extensão de trapezoidal a retangular. A sequência de liberação de partes moles mediais não encontra consenso na literatura. Classicamente, Insall sugere a que a liberação de estruturas mediais se inicie pela liberação de osteófitos mediais do fêmur e da tíbia, seguindo-se da liberação do manguito periostal medial, que inclui o LCM profundo, LCM superficial e inserções da pata de ganso. Posteriormente, libera-se o semimembrânico junto da cápsula articular, quando necessário (KRACKOW KA; MIHALKO, 1999).

Na maioria das ATJ com deformidades em valgo, o alinhamento

adequado pode ser restaurado através de liberação apropriada de partes moles e cortes ósseos (APOSTOLOPOULOS et al., 2010). Classicamente, Renawat descreveu três tipos de valgo. O tipo I é caracterizado por um desvio em valgo menor que 10 graus, corrigido por manobra de redução. O ligamento colateral medial (LCM) está funcionando e intacto. Esse tipo corresponde a cerca de 80% dos joelhos em valgo. O tipo II, que corresponde a cerca de 15% das deformidades em valgo, apresenta um desvio entre 10 e 20 graus. O LCM apresenta-se alongado, mas funcionando. O tipo III, visto em cerca de 5 % dos joelhos valgus, apresenta desvio maior do que 20 graus. As estruturas mediais estão severamente acometidas e um modelo de prótese constricticta pode ser exigido para correção da deformidade (HUANG et al., 2016). Um joelho valgo frequentemente apresenta anormalidades relacionadas ao osso e a partes moles, incluindo contração do componente lateral da cápsula articular e de estruturas ligamentares laterais, acompanhadas ou não de frouxidão de estruturas mediais (RANAWAT et al., 2005). Diferente das deformidades em varo, o desgaste ósseo inicia-se comumente pelo côndilo femoral lateral.

A sequência de liberação de estruturas de partes moles laterais é um assunto que tem sido abordado por vários autores ao longo das últimas três décadas e não há consenso sobre o assunto na literatura (FIDDIAN; BLAKEWAY; KUMAR, 1998; HUTT et al., 2015; ROSSI et al., 2014). Insall descreveu, em 1979, sua técnica de liberação de partes moles laterais em uma ATJ em joelho valgo. Em sua técnica, a banda íleo-tibial era dividida transversalmente acima da linha articular, enquanto que a cápsula lateral, o Ligamento Colateral Lateral (LCL) e o tendão do poplíteo eram desinseridos do côndilo femoral lateral. A retináculo lateral era também liberada de rotina. Notou-se que após liberações extensas do côndilo femoral lateral ocorria instabilidade pósterolateral em flexão, além de aumentadas chances de osteonecrose. Ao longo dos anos, observou-se na literatura tendência em se adotar revisão dos princípios de liberação inicialmente propostos por Ranawat, baseados, então, na liberação intra-articular em extensão, de forma gradual. Além da liberação da cápsula posterior, a banda íleo-tibial era incisada em vários pontos, técnica conhecida como *piecrusting* (CLARKE et al., 2005; MIHALKO, 2000).

## 2.9 ATJ assistida por computação navegada

Técnicas de computação navegada utilizam referências anatômicas, que são reconhecidas, no intraoperatório, por interação do cirurgião com a navegação. Isso pode evitar algumas complicações relacionadas ao uso de guias intramedulares. O alinhamento é reproduzido pelo computador, à medida que o cirurgião alimenta dados através do uso de um localizador, *stylus*. Assim que o cirurgião informa ao computador sobre o posicionamento de algumas referências anatômicas e a superfície articular da tíbia e do fêmur, o computador combina esses dados com outros padrões de anatomia femoral e tibial. Esse processo de combinação é conhecido por *morphing*. O resultado desse processo gera uma imagem de um joelho virtual, exibida ao cirurgião em um monitor, durante a realização da cirurgia. A partir dessa combinação de dados reais, informados pelo cirurgião e de dados referentes à anatomia média padrão dos ossos do fêmur e da tíbia, o computador irá fornecer dados em respeito ao alinhamento ósseo do fêmur e da tíbia, dispensando a necessidade do uso de guias extra medulares e intramedulares de cortes ósseos (ANDERSON; BUEHLER; MARKEL, 2005; MOSKAL et al., 2014).

## 2.10 Perspectivas de futuro em ATJ

A ATJ assistida por cirurgia robótica iniciou-se há cerca de duas décadas e vem passando por um amadurecimento e melhora ao longo dos últimos anos, auxiliando o cirurgião quanto à reprodução do alinhamento, ajudando, pois, a restaurar a cinemática normal do joelho.

Por esse recurso, com auxílio de um braço robótico, cortes ósseos podem ser reproduzidos de forma mais fidedigna em relação ao planejamento cirúrgico prévio. Alguns estudos recentes, inclusive, sugerem que ao utilizar esse recurso, há menor taxa de cirurgias de revisão e maior satisfação do paciente com a cirurgia. Apesar dessa visão otimista, muitos ainda questionam se a cirurgia robótica será custo-efetiva e se seria capaz de diminuir o tempo cirúrgico sem objetivamente melhorar o resultado final pós cirurgia. Estudos mais robustos precisam ser desenvolvidos para avaliar o impacto real da introdução generalizada desse tipo de abordagem em ATJ (JACOFISKY; ALLEN, 2016).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Geral**

Desenvolver um aplicativo para dispositivos móveis, com a finalidade de planeamento pré-operatório de cirurgias de ATJ.

#### **3.2 Específicos**

1. Desenvolver um protocolo de planeamento em ATJ, a partir do uso de RPMI, através de um aplicativo;
2. Avaliar a usabilidade do aplicativo desenvolvido;
3. Quantificar o tempo dispendido durante o teste de usabilidade do aplicativo;
4. Medir a acurácia do aplicativo quanto à medição do ÂAMF, em relação à forma convencional, manual.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Condições de desenvolvimento

Atualmente, existem três Sistemas Operacionais (SO) principais que predominam no mercado de dispositivos móveis. Segundo pesquisa do IDC (*International Data Corporation*)<sup>1</sup> de 2016, o líder é o sistema operacional Android® da Google®, com 87,6% do mercado. Em segundo, está o iOS da Apple®, com 11,7% e, em terceiro, está o Windows Phone da Microsoft®, com 0,4%.

O sistema Android® fornece estrutura de desenvolvimento completa que permite criar aplicativos e jogos inovadores para dispositivos móveis em um ambiente de linguagem Java. A estrutura adaptativa do Android® permite fornecer recursos exclusivos para diferentes configurações de dispositivos, como tamanhos de telas e processadores diferentes. Atualmente, o Android® se encontra na versão 7.0.

Para o desenvolvimento do aplicativo, foram utilizadas as seguintes ferramentas: a *Integrated Development Environment* (IDE) 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. O computador capaz de suportar essas ferramentas deve ter a seguinte configuração mínima: 2 GB de memória RAM; espaço livre de 1 GB no disco rígido; e resolução de tela de 1.280 x 800 pixels. O aplicativo foi desenvolvido para ser compatível com os dispositivos Android®, com versão a partir da 4.1.

Para esse fim, segue a listagem de características que foram agregadas a esta solução, com intuito de criação de uma ferramenta de coleta de imagem, de edição de imagem e armazenamento de dados cadastrais:

- Cadastrar dados relativos a cada paciente submetido ao planejamento cirúrgico, como "nome", "e-mail", "telefone", "número de prontuário", "idade", "sexo", "data de cirurgia";

---

<sup>1</sup> Disponível em: <http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp>. Acesso em: 12 jun. 2016



- Adquirir de imagem a partir de câmera fotográfica de um dispositivo móvel que utilize sistema operacional Android®;
- 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;
- Fornecer 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 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 poupa digital de um dos dedos das mãos.
- Realizar traçados entre pontos marcados pelo usuário, criando, assim, retas, que corresponderão ao EMMI, EMF, EAF e EMT;
- Reconhecer a partir de marcações e de traçados o tipo de alinhamento do joelho entre duas possibilidades: varo e valgo;
- Criar linha perpendicular ao eixo mecânico, traçado a partir da marcação de pontos pelo usuário, com possibilidade de mudança de direção em sentido proximal e distal, de forma milimetrada, simulando, em última análise, a linha de corte ósseo planejada em uma ATJ;
- Expor ao usuário possíveis objetivos e desafios a serem encontrados, durante o transoperatório, de acordo com o tipo de alinhamento do joelho, no que diz respeito ao processo de cortes ósseos e de liberação de partes moles;
- Dispor de 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, e tornaram-se semanais, 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. Assim, foram delineados os recursos que deveriam estar presentes na versão protótipo (APÊNCICE A). Essas informações foram importantes, à medida em que direcionaram o programador para o desenvolvimento de um aplicativo fidedigno ao que se estava planejando.

Um modelo inicial para estrutura do aplicativo, inspirado nas necessidades supracitadas, foi, então, proposto. O conceito inicial apresentado no diagrama simplificado da Figura 1 mostra, de forma esquemática, as partes que compõem o aplicativo e como elas se relacionam umas com a outras.

A caixa de texto apresentada no diagrama simplificado da Figura 1, em cor amarela, corresponde à tela inicial, tela 1. Apresenta um vídeo, que resume as principais etapas propostas pelo aplicativo, no que diz respeito à marcação de pontos e ao traçado de linhas. O usuário poderá não assistir ao vídeo por inteiro, bastando para isso acionar, por toque, a opção "pular".

A caixa de texto apresentada no diagrama simplificado da Figura 1, em cor vermelha, corresponde à tela 2, que apresenta mensagem de boas-vindas, além de informar ao usuário a metodologia de planejamento utilizada pelo aplicativo. O atalho "ajuda" pode ou não ser acionado pelo usuário através de toque. Detalhes da metodologia utilizada, no que concerne à teoria e ao embasamento científico, são, então, informados ao usuário, caso o atalho seja acionado.

A caixa de texto apresentada no diagrama simplificado da Figura 1, em cor verde, corresponde à tela 3, que exhibe campos a serem preenchidos pelo usuário, de forma não obrigatória, desenvolvida com intenção de oferecer ao usuário um arquivo de base de dados de cada planejamento realizado.

A caixa de texto apresentada no diagrama simplificado da Figura 1, em cor rosa, corresponde à tela 4, que argui o usuário quanto ao lado a ser planejado, entre as opções: "esquerda" e "direita".

**Figura 1** - Diagrama simplificado de telas e funcionalidades do aplicativo proposto



Fonte: Elaborada pelo autor.

As caixas de texto apresentadas no diagrama simplificado da Figura 1, em cor azul, relacionam-se à aquisição, edição de imagem e ao planejamento, no que se refere à marcação de pontos e ao traçado de linhas. O usuário é orientado, na tela 5, a informar ao aplicativo a proporção utilizada no exame de RPMI em relação ao tamanho real, visto que, rotineiramente, há diminuição do tamanho real da imagem, para que seja possível acondicioná-la, completamente, em um filme de RPMI. Essa proporção, magnificação, varia entre os exames de RPMI e, por isso, deve ser informada ao aplicativo, evitando erros de desproporção de tamanho.

Na tela 6, o usuário é orientado a adquirir uma imagem do exame de RPMI, que estará posicionada em um negatoscópio convencional, utilizado em sua rotina. Ele também pode acionar o atalho "ajuda", que o orientará quanto à melhor forma de fotografar o exame, desde a inclusão de toda a topografia necessária ao planejamento até o controle de contraste e luminosidade do ambiente. Ao fotografar a imagem, o usuário é arguido, ainda na tela 6, quanto à qualidade da imagem adquirida, podendo retornar à tela 5, a fim de nova aquisição de imagem, caso julgue necessário. O aplicativo também apresenta um controle de qualidade próprio, exibindo a mensagem: "Erro ao cortar a radiografia. Utilize o menu "ajuda" para saber como fotografar corretamente", direcionando o usuário a fotografar novamente o exame de RPMI, até que tenha obtido imagem nítida e satisfatória ao planejamento.

Adquirida imagem adequada ao planejamento, o usuário é direcionado às telas 7 a 16, em que é conduzido à marcação de pontos e ao posicionamento de linhas. Os pontos servirão de referência para reconhecimento do aplicativo dos EAF, EMF e EMT. O usuário deverá, então, posicionar linhas, orientadas automaticamente pelo aplicativo, de forma perpendicular ao EMF e ao EMT, que simulam os planos de cortes ósseos, do fêmur distal e da tíbia proximal. Durante a navegação por essas telas, o usuário tem opção de acionar o atalho "ajuda", que o instrui de forma mais pormenorizada quanto à informação envolvida em cada tela. Poderá retornar à tela anterior, caso deseje, acionando o atalho "<", ou seguir para próxima tela, acionando o atalho "próximo".

A caixa de texto apresentadas no diagrama simplificado da Figura 1, em cor laranja, correspondem à tela 17, que apresenta o planejamento final dos cortes ósseos do fêmur distal e da tíbia proximal. A caixa de texto apresentada no diagrama simplificado da Figura 1, em cor cinza, corresponde à tela 18. Apresenta um resumo do planejamento cirúrgico realizado. O aplicativo reconhece o tipo de deformidade em questão, entre as opções: varo e valgo. Informa o ÂAMF e oferta ao usuário dicas de execução cirúrgica, orientando-o quanto à necessidade de liberação de partes moles durante o ato cirúrgico, com intenção de promover balanceamento adequado de partes moles em ATJ, tanto em situações de joelho varo como em joelho valgo.

A caixa de texto apresentada no diagrama simplificado da Figura 1, em cor roxa, corresponde à tela 19 e exibe uma mensagem final: "boa cirurgia", com um

atalho "bibliografia", que permitirá ao usuário consultar as referências bibliográficas utilizadas, a fim de desenvolvimento do aplicativo.

## **4.2 Teste de usabilidade e utilidade do aplicativo**

Através de um teste de usabilidade, pretendeu-se verificar se os participantes do estudo conseguiriam planejar uma ATJ através do sistema desenvolvido. Além disso, buscou-se realizar comparativos entre o planejamento convencional e o planejamento através do aplicativo desenvolvido. Neste sentido, as seguintes questões foram verificadas: se a proposta de planejamento pré-operatório via aplicativo de celular era viável; se os resultados obtidos com o uso do dispositivo móvel eram equiparáveis aos obtidos em um planejamento tradicional; se o tempo utilizado para realizar o planejamento via aplicativo era menor do que quando se realizava o planejamento tradicional; se o sistema desenvolvido apresentava bons níveis de usabilidade; se apresentava bons níveis de utilidade para a prática clínica; e, quais os pontos positivos, negativos e sugestões de melhoria à proposta apresentada.

### **4.2.1 Instrumentos**

Existem disponíveis na literatura diferentes questionários padronizados para avaliar as respostas de participantes de testes de usabilidade, capazes de aferir o nível de qualidade de diferentes características de um sistema. As principais vantagens da utilização desses instrumentos para avaliação são: objetividade na coleta das informações, replicabilidade do instrumento em diferentes estudos e quantificação dos resultados a partir das respostas dos participantes, através de cálculos estatísticos (SAURO; LEWIS, 2012).

Para avaliação dos resultados deste estudo, foi desenvolvido um questionário de avaliação (APÊNDICE B), que tem como base outros questionários existentes. Foi dividido em quatro partes: Parte 0, desenvolvida com fim de obter informações sobre a experiência de cada participante com uso de aplicativos móveis, de uma forma geral; 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 ATJ; e, Parte 3, composta por duas questões subjetivas, que documentam opiniões dos participantes em relação aos pontos positivos, negativos e às sugestões de melhorias para o aplicativo.

A escala SUS caracteriza-se como um modelo de fácil aplicação para averiguação da usabilidade de sistemas (ZBICK et al., 2015; ALAMER; AL-OTAIBI; AL-KHALIFA, 2015; TABUENCA et al., 2014; SCHMITZ et al., 2013). 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 12,5 para se obter o valor do escore SUS. Conforme afirmado por Lewis e Sauro (2009), 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. Para se obter os escores individuais de usabilidade e capacidade de aprendizado, somam-se separadamente os valores das contribuições de cada questão e multiplicam-se os resultados individuais, respectivamente, por 12,5 e 3,125 (SAURO; LEWIS, 2012).

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 (MUK; CHUNG, 2015; CHANG; HUANG, 2015; RATNA; MEHRA, 2015; AKMAN; TURHAN, 2015). A partir desse modelo, cap. As questões que compõem a Parte 2 do instrumento são listadas a seguir.

11) O reconhecimento das linhas de corte ósseo dos ossos do fêmur e da tíbia, no plano coronal, poderá auxiliar o cirurgião quanto a tomada de decisões durante o planejamento em ATJ.

12) A medição do ângulo entre o eixo mecânico e entre o eixo anatômico do fêmur pode ajudar na cirurgia quanto à escolha da angulação do guia de corte femoral quando se utiliza o guia intramedular femoral.

13) Acredito que a padronização através de um passo-a-passo proposto pelo app pode auxiliar no aprendizado de residentes de Ortopedia e Traumatologia quanto ao planejamento cirúrgico em ATJ.

14) Acredito que a padronização através de um passo a passo proposto pelo app pode auxiliar no aprendizado de estagiários em Cirurgia do Joelho quanto ao planejamento cirúrgico em ATJ.

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

16) Me parece uma tecnologia útil para planejamento da cirurgia de ATJ.

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

A Parte 3 é composta de duas questões subjetivas, abaixo transcritas. Foram idealizadas para que o avaliador tivesse oportunidade de expressar, por extenso, suas opiniões e sugestões a respeito do aplicativo.

18) Você acha que o app pode ter utilidade em seu dia a dia? ( ) Sim ( ) Não. Por

quê?

19) Quais os pontos positivos, negativos e sugestões sobre a aplicação que você usou?

Pontos positivos: Pontos negativos: Sugestões:

#### **4.2.2 Participantes**

Participaram do teste de usabilidade do aplicativo 24 médicos com perfis diferentes, que podem ser agrupados da seguinte forma: cirurgiões de joelho, membros da Sociedade Brasileira de Cirurgia do Joelho (SBCJ); ortopedistas não membros da SBCJ; e residentes de ortopedia e traumatologia, cursando o terceiro ano de residência médica.

Considerando essa composição variada de participantes, o estudo possibilitou análise de resultados a partir de diferentes pontos de vista. No caso dos cirurgiões de joelho, que realizam rotineiramente a cirurgia de ATJ e que, por isso, tendem, por princípio, a ter uma visão mais crítica em relação ao planejamento pré-operatório em ATJ, esperava-se análise mais amadurecida no que tange à metodologia de planejamento e do aplicativo. No caso dos ortopedistas não membros da SBCJ, que eventualmente realizam a cirurgia de ATJ, mas que por não trabalharem especificamente na esfera de atuação de cirurgia do joelho, podem, por princípio, não ter a mesma experiência e a mesma visão crítica sobre o assunto, quando comparados aos membros da SBCJ. No caso dos residentes de ortopedia, ainda em aprendizado, esperava-se análise ainda menos amadurecida, embora saiba-se que esse grupo pode encontrar-se mais estimulado a aprender e a praticar, em relação aos já experientes.

É importante ressaltar que, diante dos diferentes perfis dos participantes do estudo, a análise das respostas ao questionário precisa ser realizada de forma a considerar essa variedade. Por exemplo, na questão 15, em que se questiona se a padronização, através de um passo a passo, pode auxiliar no planejamento cirúrgico pré-operatório em ATJ, era esperado que esse tipo de padronização fosse interessante para um cirurgião pouco experiente em ATJ, podendo ser menos atrativa para cirurgiões experimentados, que consideram muitas variáveis, muitas vezes, não contempladas pela sequência específica adotada pelo aplicativo. Esse tratamento dos resultados de forma diferenciada ficará mais evidenciado na seção



que descreve a análise dos resultados.

### **4.2.3 Procedimento**

A Figura 2 apresenta um diagrama com todas as ações executadas durante o teste de usabilidade do aplicativo. Pôde-se observar a participação de dois atores: o avaliador, autor desta Dissertação de Mestrado, e o médico participante do estudo. O processo iniciava-se com a apresentação de um modelo padronizado de planejamento pré-operatório em ATJ, através de um passo a passo lógico, que deveria ser inicialmente utilizado para o planejamento de forma manual, utilizando-se um filme de RPMI. Esse modelo era exposto ao usuário através de um tutorial, impresso em folhas de ofício (APÊNDICE C).

Após lidas as instruções do tutorial, o usuário era então convidado a realizar o planejamento pré-operatório, utilizando um filme impresso RPMI convencional, advindo de um caso de consultório do autor, não modificada em seu pedido de exame e nem em sua execução, com finalidade de adequar-se, de qualquer maneira, ao estudo. O avaliador disponibilizou aos usuários, além do exame de RPMI, um negatoscópio convencional, utilizado em sua prática clínica, e as ferramentas necessárias ao planejamento convencional: lápis de ponta 2B, régua de 50 cm, transferidor, goniômetro e borracha. Cada participante realizou o planejamento pré-operatório, utilizando a mesma película impressa de RPMI. Em um primeiro momento, o usuário realizou o planejamento de forma convencional. Ao terminar essa fase, o avaliador apagava os traçados realizados no filme de RPMI e dava-se, então, a próxima fase, de planejamento através do aplicativo. O tempo dispendido durante o planejamento convencional e através do aplicativo foi cronometrado e anotado. Terminada essa fase, o participante era convidado a preencher o questionário de avaliação (APÊNDICE B). Para alcançar o número de 24 participantes, o teste de usabilidade ocorreu durante dois dias, nos turnos manhã e tarde.

O procedimento de avaliação do sistema continuou com a análise dos dados, que considerou tanto as respostas ao instrumento de avaliação quanto às observações anotadas pelo avaliador, além dos dados registrados pelo aplicativo. Por fim, os dados foram organizados e disponibilizados no estudo apresentado.

**Figura 2** - Procedimento realizado para avaliação do aplicativo



Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 3 apresenta dois momentos distintos do estudo de caso. A foto ao lado esquerdo mostra um dos participantes realizando o planejamento pré-operatório de forma convencional, sobre a própria radiografia, utilizando para tanto os instrumentos tradicionais supracitados. Na foto ao lado direito, pode-se observar um participante utilizando o aplicativo na realização do planejamento pré-operatório.

**Figura 3** – Fotos que evidenciam o planejamento pré-operatório realizado de forma manual (A) e através do uso do aplicativo desenvolvido (B).



Fonte: Elaborada pelo autor.

### **4.3 Análise dos Resultados**

Os resultados do presente estudo estão apresentados em gráficos e tabelas através do uso do software *Microsoft® Excel 2016* (Santa Rosa, Califórnia, EUA), versão 15.27. Para análise estatística, através do software *GraphPad Prisma* (La Jolla, CA, EUA), versão 6, foi utilizado o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov para avaliar a parametrização da amostra. Também foram utilizados os testes de Wilcoxon-Mann Whitney para análise do tempo de uso do aplicativo e da acurácia do ângulo ÂAMF; o Coeficiente Alfa de Cronbach para avaliar a confiabilidade da amostra no teste de usabilidade SUS; e o teste exato de Fisher para o cruzamento de questões do questionário de utilidade do aplicativo.

### **4.4 Considerações Éticas**

Foram respeitados os princípios básicos da ética em pesquisa em humanos, como autonomia, justiça, beneficência e não maleficência, orientados pela Resolução 466/12. O estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa em seres humanos (CEP), através da Plataforma Brasil, sendo direcionado para o Centro Universitário Christus e aceito conforme protocolo n. 1.764.812 (ANEXO C).

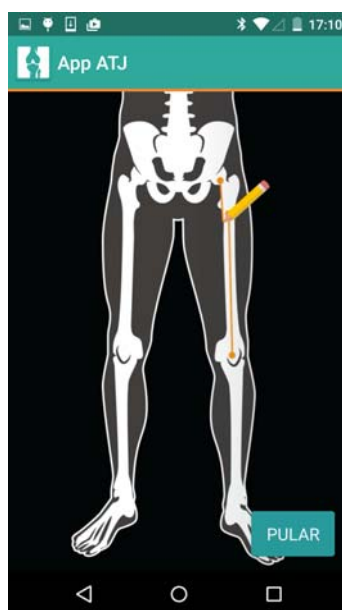
Um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi aplicado antes da realização do teste de usabilidade (APÊNDICE D).

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Modelo inicial

A Figura 4 apresenta a tela 1 do aplicativo. A tela 1 expõe ao usuário um vídeo, iniciado de forma automática, que objetiva antecipar, resumidamente, o passo a passo a ser seguido durante o planejamento cirúrgico, no que concerne à marcação de pontos, ao traçado de linhas que representam o EAF, EMF e EMT, assim como a linhas perpendiculares ao EMF e ao EMT, que simulam o plano de osteotomia dos ossos do fêmur e da tíbia, no plano coronal, realizados durante uma ATJ. O usuário tem a opção de não assistir completamente ao vídeo, tocando em "pular", exibido na parte inferior e direita da tela 1.

**Figura 4** - Tela 1. Vídeo que resume as principais etapas propostas pelo aplicativo no que diz respeito ao planejamento de ATJ.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 5 apresenta a tela 2 do aplicativo, que expõe ao usuário uma mensagem de boas-vindas. Nessa tela, o usuário é informado da metodologia de planejamento de ATJ proposta pelo aplicativo, baseada no alinhamento mecânico neutro do membro inferior, obtido quando se adota uma linha de corte ósseo perpendicular ao EMF e ao EMT. Esse planejamento é realizado a partir da análise de RPMI. Um menu de ajuda pode ser acionado pelo usuário por toque,

representado por 3 pontos verticalmente orientados na parte superior direita da Tela 2. Ao acionar o atalho "ajuda", uma explicação mais pormenorizada da metodologia é exposta ao usuário, através da seguinte mensagem: "Este app propõe uma metodologia de planejamento de ATJ baseada na obtenção de um alinhamento mecânico neutro dos componentes. Desta forma, são propostos cortes ósseos ortogonais ao eixo mecânico femoral e tibial, considerando os cortes do fêmur distal e tibia proximal, no plano coronal. Sugerimos para realização da cirurgia a teoria do GAP modificada, que considera um balanço ligamentar e cortes ósseos, de forma progressiva". Ao acionar o atalho "ajuda" o usuário é, então, informado, de forma pormenorizada, a metodologia de proposta pelo aplicativo.

**Figura 5** - Tela 2. Apresenta uma mensagem de boas-vindas, além de uma explicação resumida da metodologia de planejamento proposta pelo aplicativo.

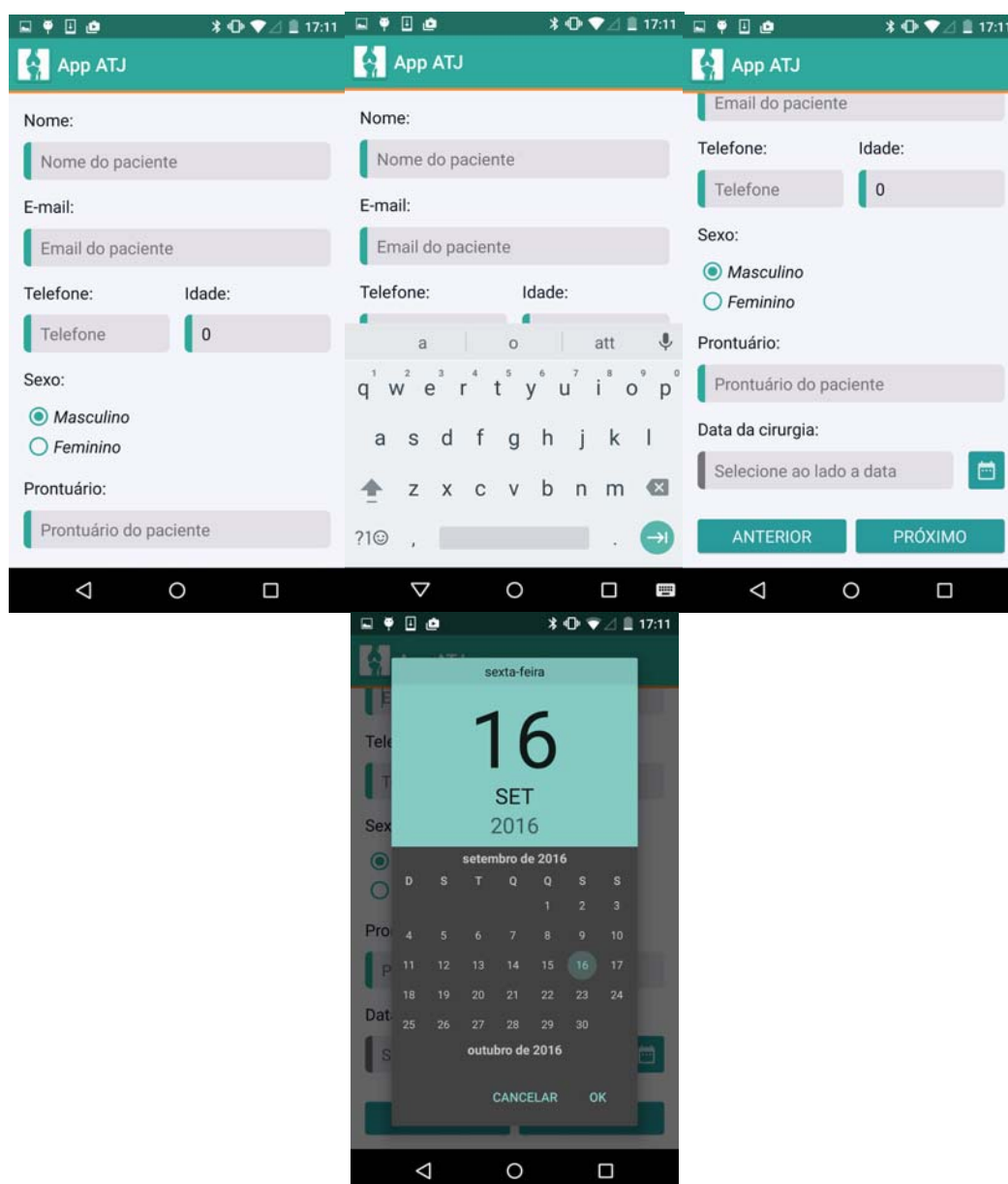


Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 6 apresenta a tela 3 do aplicativo, a qual foi desenvolvida para o cadastro de dados relativos a cada paciente em planejamento pré-operatório. São ofertados os seguintes campos de preenchimento: "nome", "e-mail", "telefone", "idade", "sexo", "prontuário" e "data da cirurgia". Cada um dos campos pode ser preenchido de forma não obrigatória. Ao tocar nos campos "nome", "e-mail", "telefone", "idade" e "prontuário", o teclado virtual do dispositivo móvel é exibido na

parte inferior da tela, permitindo ao usuário o preenchimento por toque de letras e números. O campo "sexo" é preenchido por toque direto na tela entre as opções "masculino" e "feminino". Ao tocar no campo "data da cirurgia", um calendário é aberto em primeiro plano, à frente da tela 3, permitindo ao usuário preenchimento por toque direto no calendário exibido. É permitido voltar à tela 2, tocando em "anterior", ou progredir para a tela 4, tocando em "próximo".

**Figura 6** - Tela 3. Oferta ao usuário um cadastro de dados, relativos a cada caso cirúrgico planejado.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 7 apresenta a tela 4. Nela, o usuário deverá optar entre duas possibilidades, que se referem à escolha do joelho a ser planejado/operado, podendo o usuário escolher entre as opções "esquerdo" e "direito". Após selecionar o lado a ser planejado, o usuário poderá seguir à tela seguinte, tocando em "próximo", ou retornar à tela anterior, tocando em "anterior" ou em "<".

**Figura 7** - Tela 4. Escolha do joelho a ser planejado. O usuário deverá optar entre duas possibilidades: "esquerdo" e "direito".



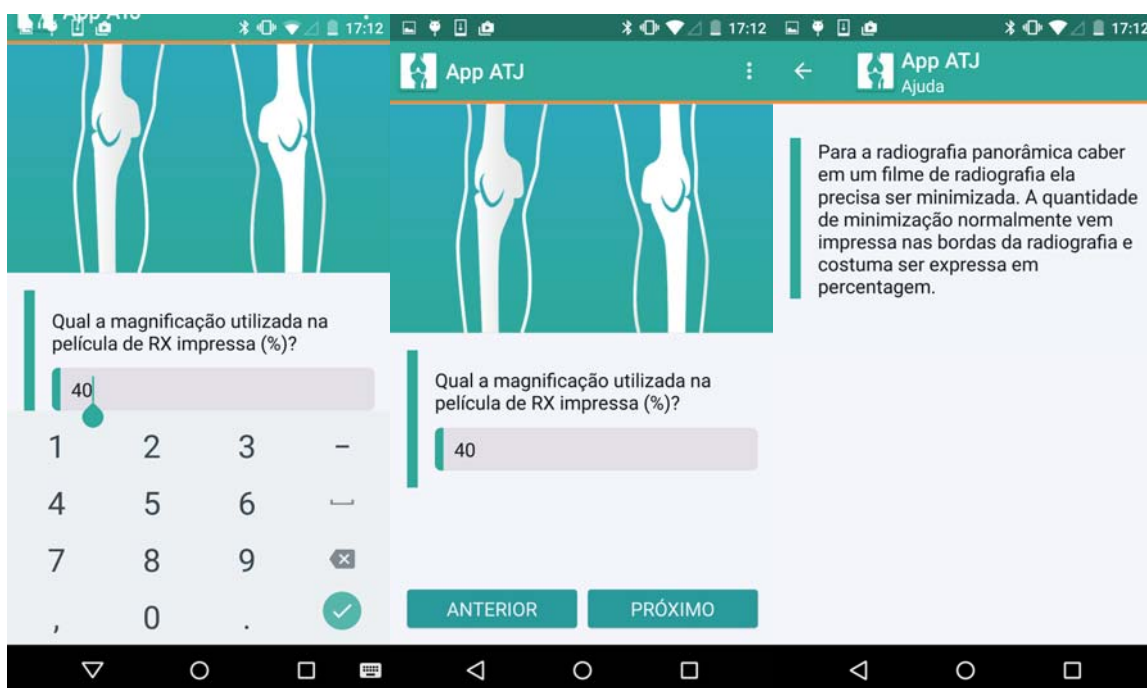
Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 8 apresenta a tela 5. Foi desenvolvida com intuito de o usuário informar ao aplicativo o quanto a imagem foi modificada em sua escala de tamanho original: magnificação. Essa informação, usualmente, vem disponibilizada nas margens do exame de RPMI. Possibilita ao aplicativo adotar correta proporção de tamanho entre o filme impresso e o tamanho original. Essa informação será útil quando o usuário, à diante, decidir pelo local exato de ressecção óssea, que poderia ser imprecisamente estimado, caso não houvesse ajuste da proporção adotada na magnificação do exame. Ao clicar no campo de preenchimento, o aplicativo tornará visível o teclado virtual do dispositivo móvel, que será exibido na parte inferior da tela. Um atalho "ajuda" está disponível no canto superior direito da tela, representado por três pontos orientados de forma vertical, que pode ser acionado por toque pelo usuário, de forma não obrigatória. Ao acionar o atalho "ajuda", uma

mensagem é exibida: "Para a radiografia panorâmica caber em um filme de radiografia, ela precisa ser minimizada. A quantidade de minimização normalmente vem impressa nas bordas da radiografia e costuma ser expressa em porcentagem". O usuário poderá retornar às telas anteriores, se desejar repetir algum passo, clicando para isso na seta orientada para esquerda: <, exibida na parte inferior esquerda da tela.

Essa informação é importante, na medida em que informa ao aplicativo a proporção de tamanho entre o filme impresso e o tamanho real da imagem adquirida durante a realização do exame de RPMI. Sem essa informação, a quantidade de osso a ser ressecada poderia ser incorretamente estimada, mais à frente, durante o planejamento.

**Figura 8** - Tela 5. Direciona o usuário para informação da magnificação utilizada durante a confecção do filme impresso de RPMI.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 9 apresenta a tela 6, que orienta o usuário a fotografar o exame de RPMI, incluindo o centro da cabeça femoral e o centro do tornozelo. O usuário, ao tocar em "clique para fotografar", aciona a câmera do dispositivo móvel. Um atalho "ajuda" é exibido no canto superior direito da tela, representado por três pontos orientados de forma vertical, que pode ser acionado de forma não



obrigatória. Ao acionar o atalho "ajuda", o usuário receberá instruções de como fotografar o exame de RPMI, de forma a obter uma imagem satisfatória. Uma mensagem é, então, exibida na tela: "Atente para o contraste da foto, que normalmente pode ser ajustado clicando-se em locais mais ou menos escuros antes de adquirir a foto. A qualidade melhora se as luzes do ambiente estiverem apagadas". Com a câmera acionada, o usuário então fotografa o exame de RPMI, ajustando o contraste por meio de toque direto na tela. Ao julgar a fotografia como satisfatória, o usuário toca, então, em "✓", exibido na parte inferior e central da tela. Caso julgue inadequada a fotografia adquirida, o usuário pode clicar em "◀" ou em "✗", exibidos na parte inferior da tela, à esquerda e à direita, respectivamente.

Tocando em "✓", o usuário será indagado sob a qualidade da imagem adquirida através da frase: "A imagem ficou visível e de boa qualidade?", exibida na parte superior da tela. O usuário então decidirá se deseja fotografar novamente, tocando em "anterior" ou "clique para fotografar", ou se deseja seguir com o planejamento, tocando em "próximo". Essas opções estão exibidas na parte inferior da tela. Ao seguir com o planejamento, tocando em "próximo", o aplicativo processará a imagem, exibindo na tela a mensagem: "Processando Imagem". Caso a imagem adquirida não seja satisfatória para seguir com o planejamento, o aplicativo exibirá, em tela, a mensagem: "Erro ao cortar a radiografia. Utilize o menu "ajuda" para saber como fotografar corretamente", e, novamente, receberá, em tela, a instrução de fotografar. Caso o aplicativo julgue a imagem como adequada, direcionará o usuário, de forma automática, à próxima tela: tela 7. O usuário poderá retornar às telas anteriores, se quiser repetir algum passo, clicando, para isso, na seta orientada para esquerda: <, exibida na parte inferior esquerda da tela.

Um atalho "ajuda" poderá ser acionado por toque, informando o usuário quanto ao contraste e controle de iluminação do ambiente. O aplicativo permite ainda, nessa fase, uma auditoria de controle de qualidade da imagem, indagando o usuário se a fotografia está visível e de boa qualidade. Após o julgamento do usuário sobre a qualidade da imagem, o próprio aplicativo processa a imagem e, caso ela não tenha sido adquirida de forma satisfatória, o aplicativo exibirá a mensagem, em tela: "Erro ao cortar a fotografia. Utilize o menu "ajuda" para saber como fotografar corretamente".

**Figura 9** - Tela 6. Direciona o usuário para fotografar o exame de RPMI.

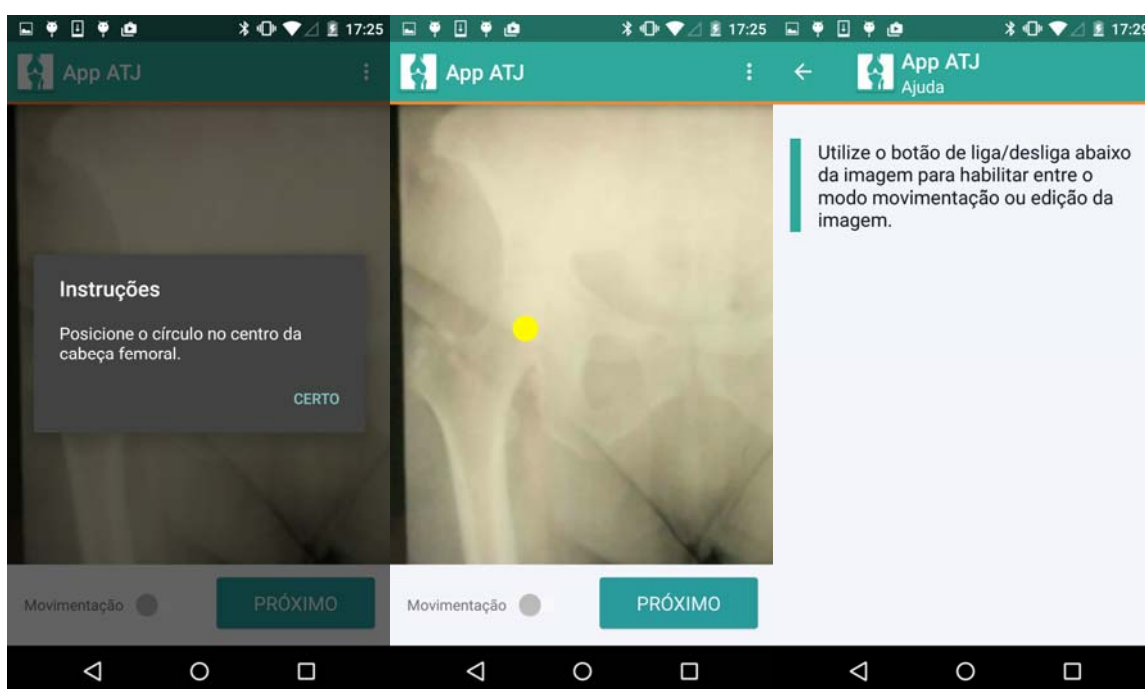


Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 10 apresenta a tela 7, com a imagem adquirida, essa fase inicia o planejamento cirúrgico. Uma instrução é exibida, em tela: "Posicione o círculo no centro da cabeça femoral". Um círculo amarelo, é, então, exibido em tela, após o usuário tocar em "certo". Com a pousa digital de um dos dedos da mão, o usuário poderá mover o círculo amarelo, posicionando-o no centro da cabeça femoral, conforme orientado. Um atalho "ajuda", representado por três pontos verticalmente

orientados na parte superior direita da tela poderá ser acionado. O atalho "ajuda" exibirá a mensagem: "Utilize o botão liga/desliga abaixo da imagem para habilitar entre o modo movimentação ou edição de imagem". Ao acionar, por toque, o botão "movimentação", o usuário poderá visualizar outras partes do exame de RPMI que não estejam contempladas na tela. O usuário poderá retornar às telas anteriores, se desejar repetir algum passo, clicando para isso na seta orientada para esquerda: <, exibida na parte inferior esquerda da tela. Um atalho "ajuda" poderá ser acionado, orientando o usuário sobre como movimentar a imagem de RPMI para o campo de visão desejado.

**Figura 10** - Tela 7. Orienta o usuário à marcação do centro da cabeça femoral.

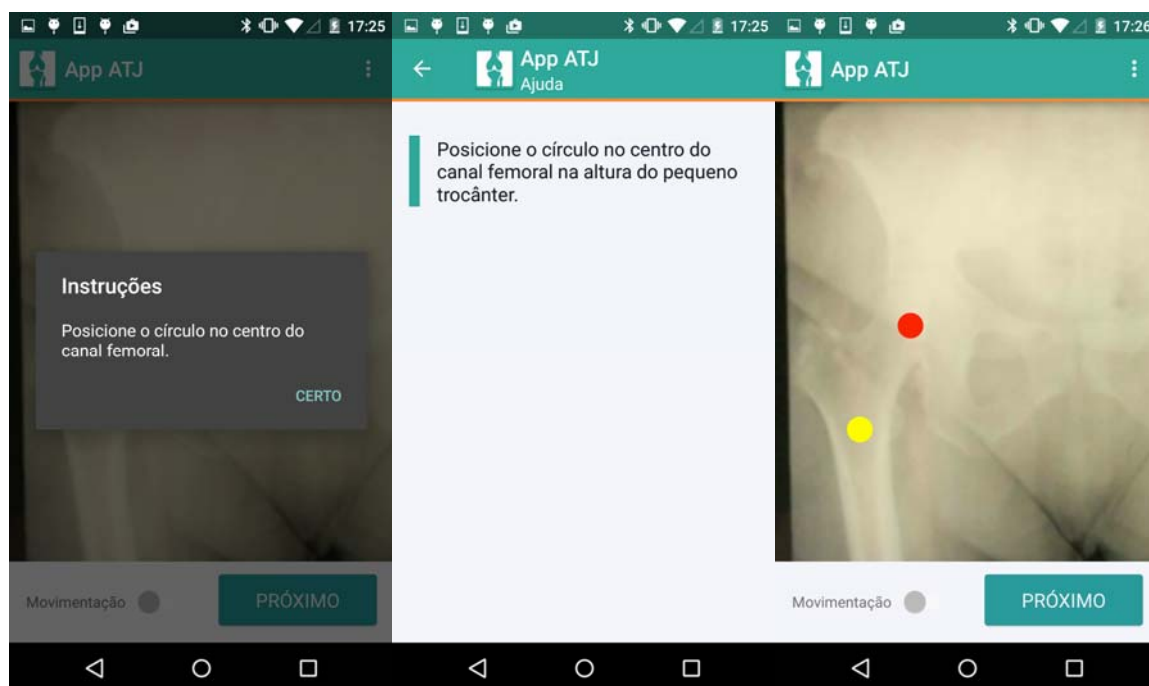


Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 11 apresenta a tela 8, a qual exibe uma instrução inicial em tela: "Posicione o círculo no centro do canal femoral". Ao tocar em "certo", será exibido ao usuário um novo círculo amarelo, possível de ser movido por toque com a poupa digital de um dos dedos da mão. O círculo anteriormente posicionado na tela 7, agora estará fixo e em cor vermelha. Um atalho "ajuda" poderá ser acionado ao tocar em três pontos, verticalmente orientados, na parte superior direita da tela, que exibirá uma mensagem, em tela: "Posicione o círculo no centro do canal femoral na altura do pequeno trocânter". Apesar da orientação padronizada de posicionamento

do círculo ao nível do pequeno trocânter, o usuário poderá posicioná-lo em outro nível, caso assim julgue necessário. Essa opção de posicionamento, em diferentes níveis, pode ser importante em casos de deformidades acentuadas de varismo ou valgismo do fêmur, simulando uma modificação no limite proximal de inserção do guia intramedular de corte femoral. A opção "Movimentação" estará também disponível nessa tela, na parte inferior esquerda da tela. Ao tocar em "próximo", o usuário será, então, direcionado à tela seguinte: Tela 9. O usuário poderá retornar às telas anteriores, se desejar repetir algum passo, clicando para isso na seta orientada para esquerda: <, exibida na parte inferior esquerda da tela. Um atalho "ajuda" orientará o usuário a localizar o centro do canal femoral ao nível do pequeno trocânter. O usuário terá liberdade de posicionar em outro nível, caso assim julgue, apesar da orientação padronizada pelo aplicativo.

**Figura 11** - Tela 8. Direcionará o usuário ao reconhecimento do limite proximal do centro do canal femoral.

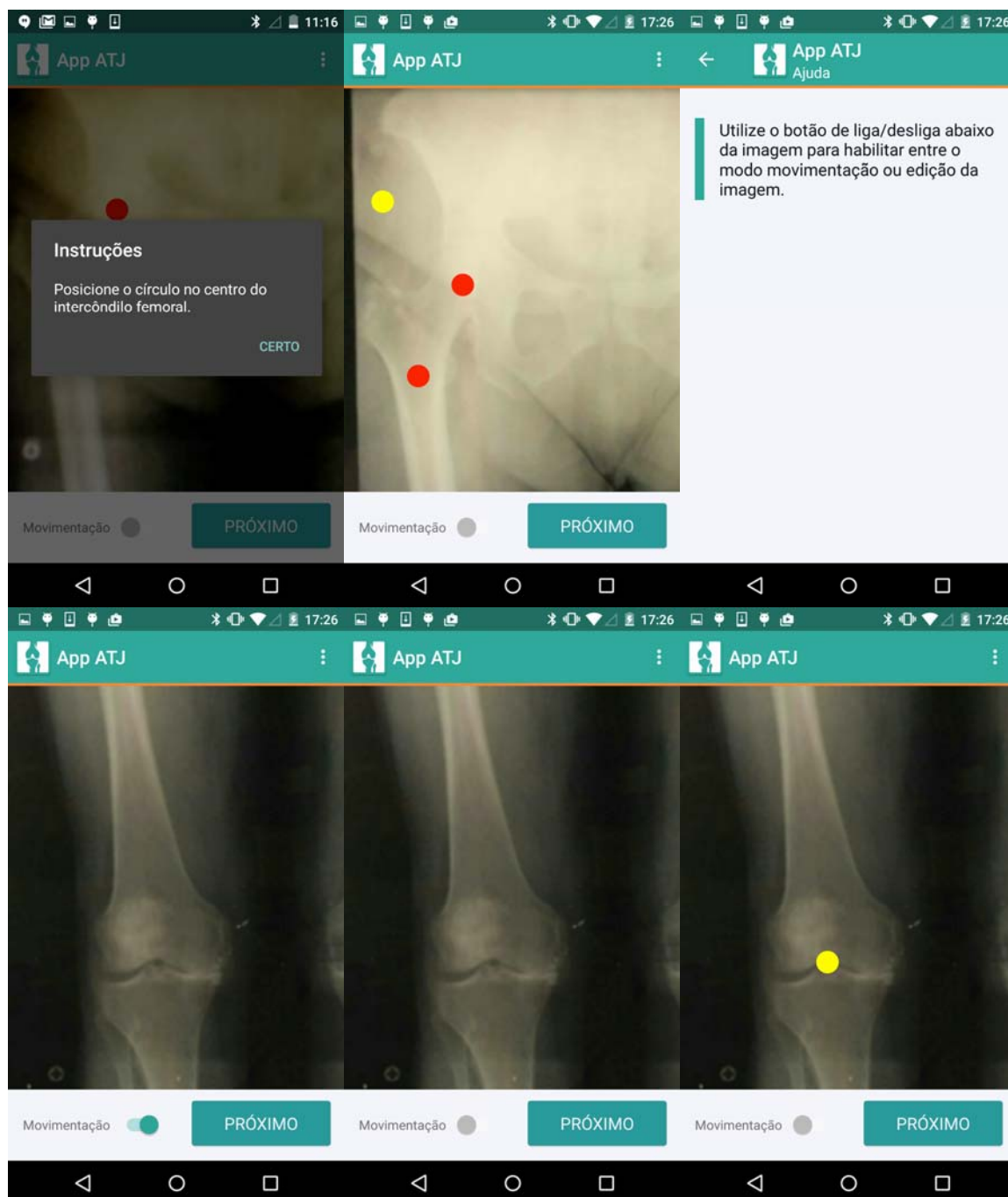


Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 12 apresenta a tela 9. Uma instrução é apresentada automaticamente ao chegar nessa fase do planejamento: "Posicione o círculo no centro do intercôndilo femoral". Ao tocar em "certo", o aplicativo exibirá um novo círculo de cor amarela, enquanto os outros círculos anteriormente marcados estarão

em pontos fixos e em cor vermelha. Um atalho de "ajuda" poderá ser acionado, de forma não obrigatória, na parte superior direita da tela, representado por três pontos, verticalmente orientados. Ao acionar o atalho "ajuda", por toque, o usuário visualiza uma mensagem: "Utilize o botão de liga/desliga, abaixo da imagem, para habilitar entre o modo movimentação ou edição da imagem". Acionado o botão por toque, o usuário poderá, então, movimentar a imagem de forma a visualizar a topografia desejada, a fim de planejamento. Ao posicionar a imagem em um campo de visualização desejado e adequado, o usuário poderá novamente acionar o botão liga/desliga, congelando a imagem em uma posição desejada. Sequencialmente, ao localizar o ponto orientado pelo aplicativo, por toque, o círculo amarelo será então novamente exibido no local em que o usuário o posicionou, através de toque com a digital de um dos dedos das mãos. O usuário poderá seguir para o próximo passo, tocando em "próximo", ou retornar à tela anterior, tocando no ícone "voltar": <. A função liga/desliga permitirá ao usuário movimentar a imagem, direcionando-a para uma topografia desejada, a fim de seguir com o planejamento.

Figura 12 - Tela 9. Orienta o usuário a localizar o centro do intercôndilo femoral.

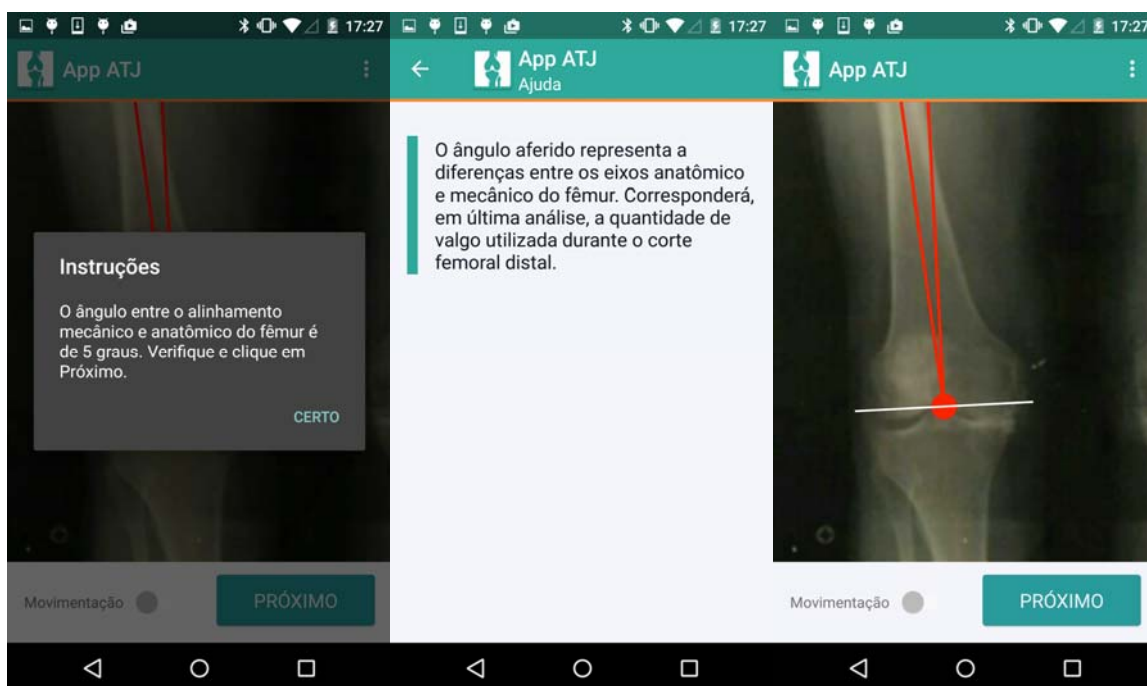


Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 13 apresenta a tela 10, a qual exibe uma mensagem gerada pelo aplicativo de forma automática, informando ao usuário o ângulo formado entre o EAF e o EMF, através da mensagem: "O ângulo entre o alinhamento mecânico e anatômico do fêmur é de X graus. Verifique e clique em Próximo". Esse ângulo, representado na frase anterior como "X", varia de acordo com cada planejamento e é informado automaticamente pelo aplicativo ao usuário (ÂAMF). Um atalho "ajuda"

pode ser acessado por toque na parte superior direita da tela, representado por três pontos, orientados de forma vertical. Ao acionar "ajuda", uma mensagem é exibida ao usuário: "O ângulo aferido representa a diferença entre os eixos anatômico e mecânico do fêmur. Corresponderá, em última análise, à quantidade de valgo utilizada durante o corte femoral distal". Ao tocar em "certo", o aplicativo exibirá duas linhas traçadas automaticamente em cor vermelha, ligando os pontos previamente marcados, que representam o EAF e o EMF. Uma terceira linha, de cor branca, é apresentada de forma automática e simultânea as outras duas linhas anteriores descritas. Ela encontra-se em uma orientação perpendicular ao EMF. Ao tocar em "próximo", o usuário será então direcionado à tela 11. O usuário poderá retornar às telas anteriores, se desejar repetir algum passo, clicando para isso na seta orientada para esquerda: <, exibida na parte inferior esquerda da tela. A linha deverá ser movida, respeitando-se a perpendicularidade ao EMF, no sentido de proximal e de distal, nas telas que se seguem. Um atalho "ajuda" explica de forma pormenorizada a importância da medição desse ângulo.

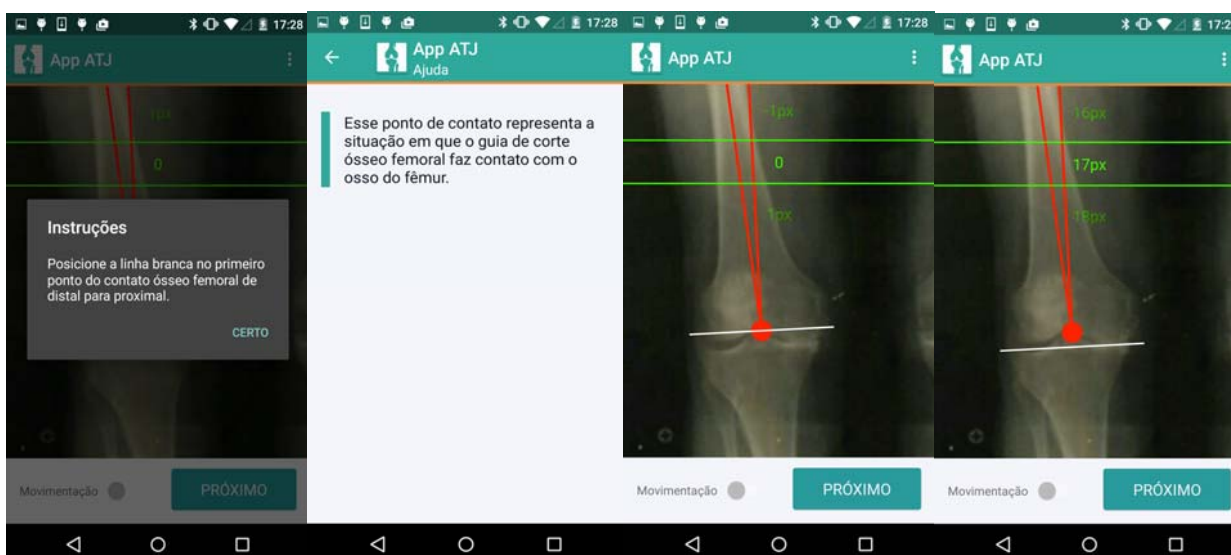
**Figura 13** - Tela 10. Apresenta ao usuário o ÂAMF, além de uma linha perpendicular ao EMF.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 14 apresenta a tela 11, a qual expõe uma instrução ao usuário de forma automática: "Posicione a linha branca no primeiro ponto de contato ósseo femoral de distal para proximal". Ao mover por toque deslizante, uma barra graduada em pixels - "px", posicionada na parte superior da tela, o usuário movimenta a linha branca, em sentido proximal ou distal. Seguindo a orientação do aplicativo, ele deve posicioná-la no primeiro ponto de contato ósseo, de distal para proximal. Um atalho "ajuda" pode ser acionado na parte superior direita da foto, representado por três pontos, verticalmente orientados. Ao acionar o atalho "ajuda" o usuário visualizará a seguinte mensagem: "Esse ponto de contato representa a situação em que o guia de corte ósseo femoral faz contato com o osso do fêmur". Essa situação representa, então, uma simulação do que ocorreria durante a cirurgia, no momento em que o cirurgião acoplaria o guia de corte ósseo do fêmur distal. Ao tocar em "próximo", o usuário é direcionado à próxima tela: tela 12. Poderá retornar às telas anteriores, se desejar repetir algum passo, clicando, para isso, na seta orientada para esquerda: <, exibida na parte inferior esquerda da tela. A situação simula a situação cirúrgica no momento em que o cirurgião acopla ao osso o guia de corte do fêmur distal, informação apresentada pelo atalho "ajuda", ao usuário.

**Figura 14** - Tela 11. Orienta o usuário a posicionar uma linha branca no primeiro ponto de contato ósseo femoral, de distal para proximal.

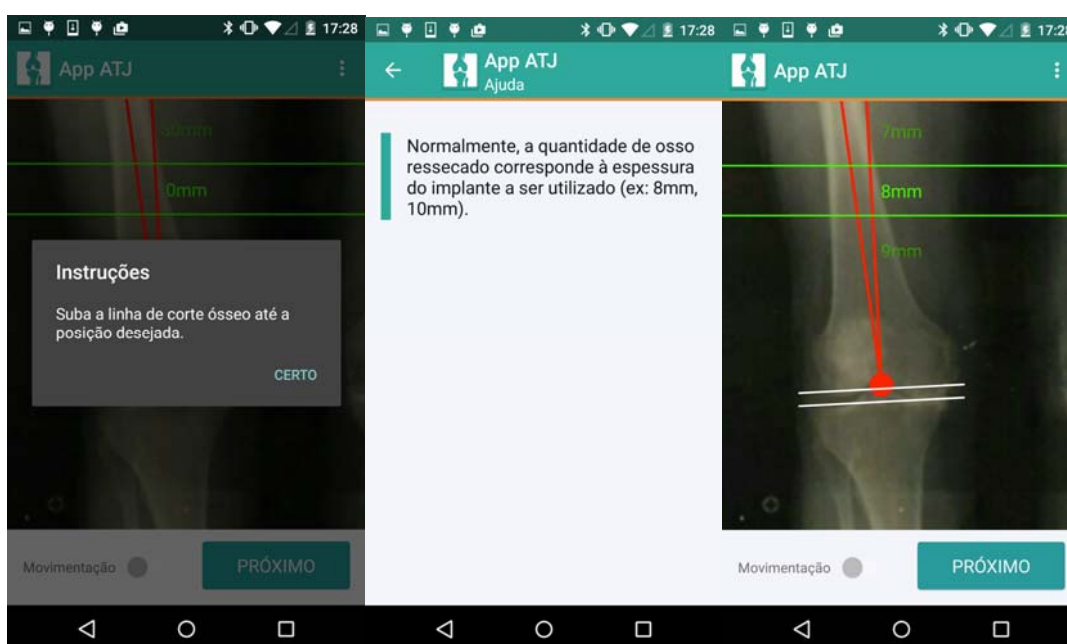


Fonte: Elaborada pelo autor.



A Figura 15 apresenta a tela 12. Uma instrução é exibida na tela de forma automática pelo aplicativo: "Suba a linha de corte ósseo até a posição desejada". Um atalho "ajuda" poderá ser acionado, explicando ao usuário o motivo pelo qual está sendo orientado a subir a linha de corte ósseo. Uma mensagem automática é exibida ao usuário ao acionar o atalho "ajuda": "Normalmente, a quantidade de osso ressecado corresponde à espessura do implante a ser utilizado (ex: 8mm, 10mm)". Ao tocar em "certo", o usuário visualiza então uma segunda linha branca, também orientada perpendicularmente ao EMF, paralela a primeira antes apresentada, que agora encontra-se fixa. Ao mover a barra de rolamento exibida na parte superior da tela, de forma milimetrada, o usuário move essa segunda linha em sentido proximal ou distal, escolhendo a quantidade de ressecção óssea do fêmur distal, medida em milímetros. Ele poderá optar por aumentar a quantidade de ressecção óssea além ou aquém da espessura da prótese a ser implantada, se assim desejar. Ao tocar em "próximo", ele será direcionado à tela seguinte: tela 13. O usuário poderá retornar às telas anteriores, se desejar repetir algum passo, clicando para isso na seta orientada para esquerda: <, exibida na parte inferior esquerda da tela.

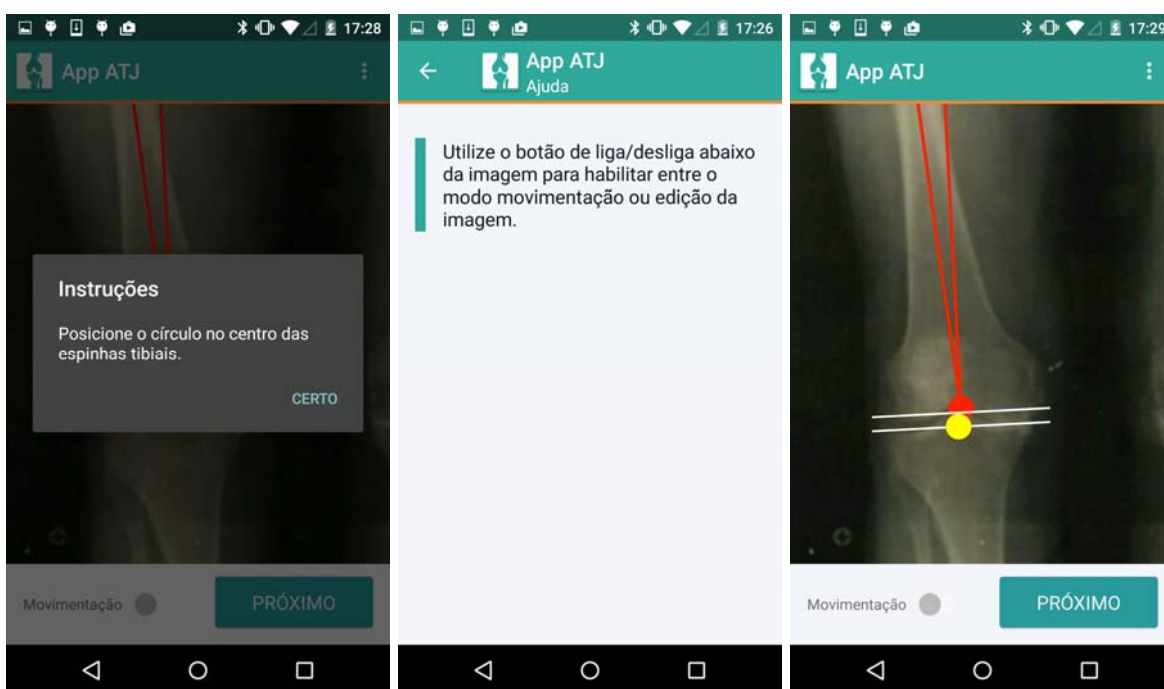
**Figura 15** - Tela 12. Orienta o usuário a posicionar uma segunda linha branca, móvel, ao nível de ressecção óssea desejada, que em uma ATJ primária, corresponde, na maior parte dos casos, à espessura do componente protético femoral a ser utilizado. Essa situação simula o corte ósseo femoral distal.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 16 apresenta a tela 13. Uma mensagem automática é exibida: "Posicione o círculo no centro das espinhas tibiais". Após tocar em "certo", o usuário poderá, então, com a polpa digital de um dos dedos das mãos, tocar o centro das espinhas tibiais, direcionando o círculo amarelo para essa região. O atalho "ajuda" poderá ser acionado na parte superior da tela, representado por três pontos verticalmente orientados. Ao tocar em "ajuda" uma mensagem automática será exibida ao usuário, lembrando-o de que é possível movimentar a foto caso deseje visualizar outra parte da RPMI não contemplada em sua visão de tela atual. Uma mensagem automática é então exibida: "Utilize o botão de liga/desliga, abaixo da imagem, para a habilitar entre o modo movimentação ou edição da imagem". Ao tocar em "próximo", o usuário será direcionado à próxima tela do aplicativo: Tela 14. O usuário poderá retornar às telas anteriores, se desejar repetir algum passo, clicando para isso na seta orientada para esquerda: <, exibida na parte inferior esquerda da tela.

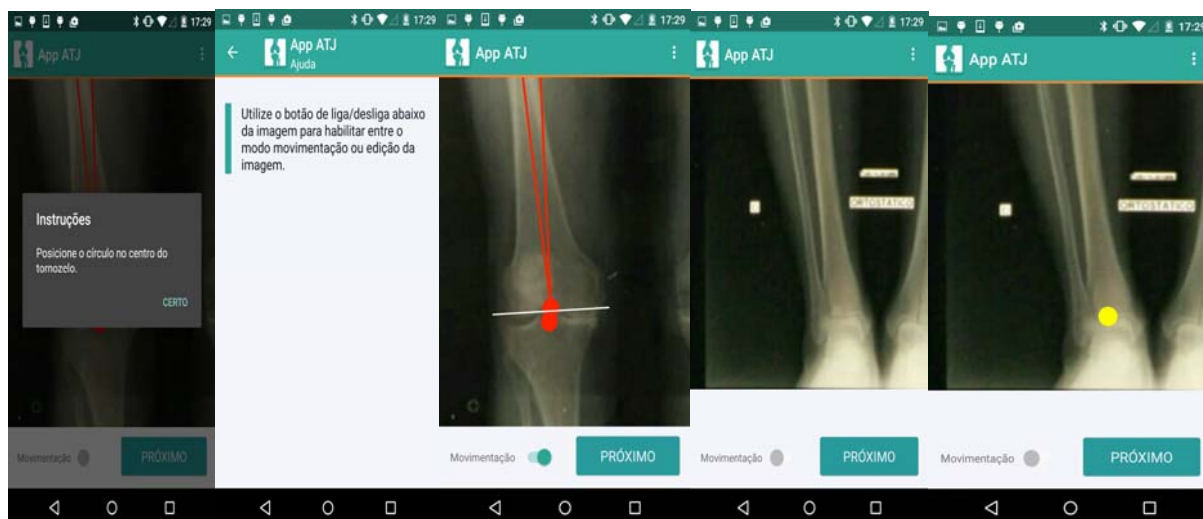
**Figura 16** - Tela 13. Orienta o usuário quanto à marcação do ponto: centro das espinhas tibiais. O atalho "ajuda" pode ser acionado, lembrando ao usuário da possibilidade de movimentação da foto de RPMI para tornar possível a visualização de partes não contempladas na visão atual de tela.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 17 apresenta a tela 14 que orientará o usuário a localizar, através de toque, o centro do tornozelo. Uma mensagem automática é exibida: "Posicione o círculo no centro do tornozelo". O usuário poderá acionar o atalho "ajuda", representado na parte superior direita da tela por 3 pontos, verticalmente orientados. Ao acionar o atalho "ajuda" uma mensagem: "Utilize o botão de liga/desliga, abaixo da imagem, para habilitar entre o modo movimentação ou edição da imagem". Desta forma, ao tocar em "certo", o usuário poderá movimentar a imagem em direção ao tornozelo, podendo travar o posicionamento da imagem, tocando mais uma vez em "Movimentação", quando julgar boa visualização da topografia em que será posicionado o círculo, ao nível do centro do tornozelo. Ao tocar, então, em centro do tornozelo, o círculo amarelo ficará então posicionado no local de toque. Ao tocar em "próximo", o usuário será direcionado à próxima tela: tela 15. O usuário poderá retornar às telas anteriores, se desejar repetir algum passo, clicando para isso na seta orientada para esquerda: <, exibida na parte inferior esquerda da tela. O atalho "ajuda" pode ser acionado, lembrando ao usuário da possibilidade de movimentação da foto de RPMI, tornando possível a visualização de partes não contempladas na visão atual de tela.

**Figura 17** - Tela 14. Orienta o usuário quanto à marcação do ponto: centro do tornozelo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 18 apresenta a tela 15. A tela exibe de forma automática o EMT, representado por uma linha fixa de cor vermelha. Uma mensagem é exibida também

de forma automática: "Posicione a linha branca no primeiro ponto de contato ósseo do platô tibial de proximal para distal". Ao tocar em "certo", o usuário visualizará uma barra de rolamento, graduada em "pixels", na parte superior da tela. Ele poderá acionar "Movimentação", movimentando a imagem em direção à topografia do joelho, visualizando de forma estratégica a região a ser planejada, nessa fase. Uma linha de cor branca, orientada perpendicular ao EMT é automaticamente exibida e pode ser movimentada no sentido de proximal ou de distal, à medida que se movimenta a barra de rolamento, devendo, pois, ser posicionada no primeiro ponto de contato ósseo tibial, no sentido de proximal para distal. O atalho "ajuda" poderá ser acionado por toque, representado por três pontos, verticalmente orientados, na parte superior direita da tela e exibirá a seguinte mensagem ao ser acionado: "Utilize o botão de liga/desliga, abaixo da imagem, para a habilitar entre o modo movimentação ou edição da imagem". O usuário poderá retornar às telas anteriores, se desejar repetir algum passo, clicando para isso na seta orientada para esquerda: <, exibida na parte inferior esquerda da tela. A "Movimentação" pode ser ativada, permitindo ao usuário movimentar a imagem para a topografia do joelho, região planejada, nessa fase. Um atalho "ajuda" informará sobre essa possibilidade, com mais detalhes.

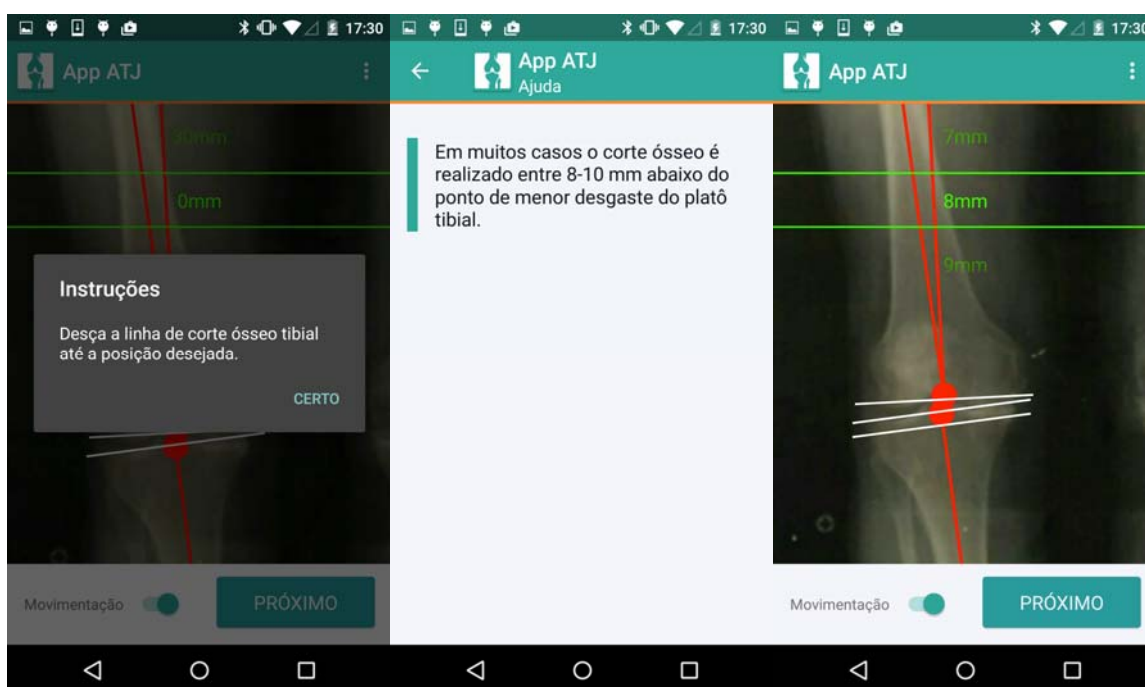
**Figura 18** - Tela 15. A tela 15 orienta o usuário a posicionar a linha branca, orientada perpendicular ao EMT, no primeiro ponto de contato ósseo do platô tibial, de proximal para distal.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 19 apresenta a tela 16, a qual exibe uma mensagem é automaticamente ao usuário: "Desça a linha de corte ósseo tibial até a posição desejada". O atalho "ajuda" poderá ser acionado por toque, representado por três pontos, verticalmente orientados. Ao acionar o atalho "ajuda", o usuário visualizará a mensagem: "Em muitos casos o corte ósseo é realizado entre 8-10 mm abaixo do ponto de menor desgaste do platô tibial". Ao tocar em "certo", o aplicativo apresentará ao usuário uma segunda linha, de cor branca, orientada de forma perpendicular ao EMT, podendo ser movimentada em sentido proximal ou distal à medida, que se movimenta a barra de rolamento, milimetrada, localizada na parte superior da tela. A primeira linha branca, exibida na tela anterior, tela 15, fixada durante a visualização da tela 16. Ao tocar em "próximo", o usuário será direcionado à próxima tela: tela 17. Ele poderá retornar às telas anteriores, se desejar repetir algum passo, clicando para isso na seta orientada para esquerda: <, exibida na parte inferior esquerda da tela. O atalho "ajuda" pode ser acionado, aprofundando o usuário em relação às razões pelas quais se pode ressecar mais ou menos osso da tíbia proximal.

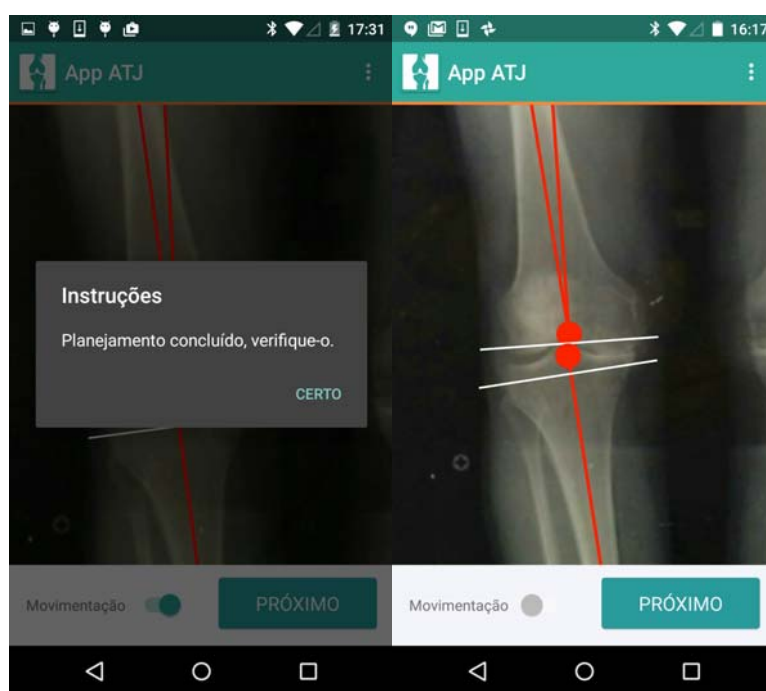
**Figura 19** - Tela 16. Orienta o usuário a descer a linha de corte ósseo tibial para posição de osteotomia desejada.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 20 apresenta a tela 17, a qual exibe uma mensagem de forma automática nessa tela: "Planejamento concluído, verifique-o". O atalho "ajuda", localizado na parte superior direita da tela, representado por três pontos, orientados verticalmente, poderá ser acionado por toque. Ao acionar o atalho "ajuda", o usuário visualizará uma mensagem: "As estruturas devem ser liberadas progressivamente. Mantenha um compromisso entre o corte ósseo e a liberação de partes moles. A liberação extensa de partes moles poderá levar a uma situação de frouxidão por ressecção. Em graves deformidades, deve -se considerar o uso de implantes com algum grau de constrição". Ao clicar em "certo", o usuário visualizará a imagem de planejamento final. Ao tocar em "próximo", o usuário é direcionado à próxima tela: tela 18.

**Figura 20** - Tela 17. Apresenta a imagem de planejamento final dos cortes ósseos.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 21 apresenta a tela 18. Um resumo do planejamento ora realizado é apresentado em três campos de informações. O campo superior informa o tipo de deformidade em relação ao caso planejado. Esse campo apresenta duas possibilidades de resposta: "varo" ou "valgo". O reconhecimento da deformidade do joelho ora planejado é feito pelo aplicativo de forma automática. Esse fato é possível em razão de o aplicativo reconhecer o ponto central do joelho, centro do joelho, em

uma distância média entre dois pontos marcados pelo usuário: centro do intercôndilo femoral e centro das espinhas tibiais, em relação ao Eixo Mecânico do Membro Inferior (EMMI). Nas situações em que o EMMI está medialmente ao centro do joelho, o joelho é considerado varo. Nas situações em que o EMMI está localizado lateralmente ao centro do joelho, o joelho é considerado valgo. O segundo campo, um pouco inferior ao primeiro descrito, informa ao usuário o ÂAMF, em relação ao caso ora planejado. O terceiro campo, um pouco mais inferior que o segundo, apresenta orientações com relação ao balanço de partes moles. Nas situações em que o joelho planejado é varo, uma mensagem é exibida: "Liberar progressivamente: 1. Osteófitos, 2. Manga periostal medial, 3. LCM profundo, 4. Cápsula pósteromedial 5. LCM superficial 6. Pata de ganso e 7. Semimebranoso". Nas situações em que o joelho planejado é valgo, uma mensagem é exibida: "Atente para a liberação de: 1. Banda íleo tibial, 2. *Piecrusting* à frente do tendão poplíteo, de forma progressiva, 3. Liberação sequencial do côndilo femoral lateral". Ao tocar em "próximo", o usuário é direcionado à próxima tela: tela 19. Orientações quanto ao balanceamento de partes moles são exibidas, de acordo com cada tipo de deformidade, entre as opções varo e valgo. Uma explicação mais detalhada é exibida através do acionamento do atalho "ajuda", além de dicas sobre a escolha do implante.

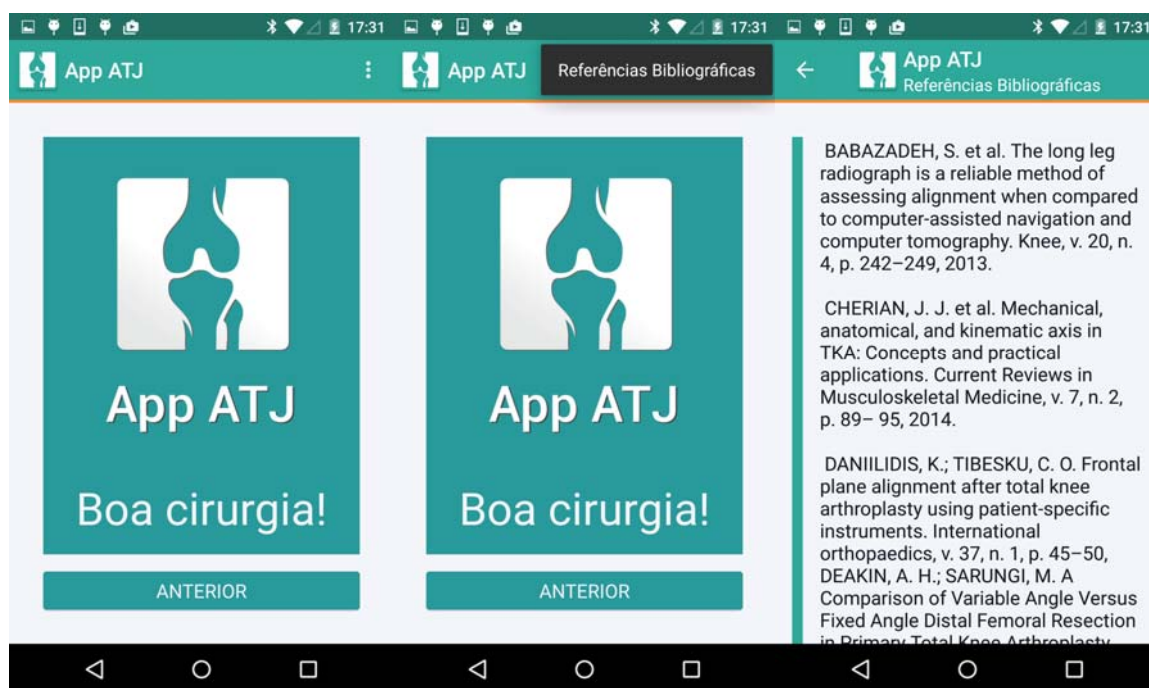
**Figura 21** - Tela 18. Apresenta um resumo do planejamento cirúrgico realizado. O aplicativo reconhece o tipo de deformidade em questão, informa o ÂAMF.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 22 apresenta a tela 19. A tela exibe uma mensagem final: "Boa cirurgia!", além de informar ao usuário, através do atalho "Referências Bibliográficas", as referências bibliográficas que serviram de base para o desenvolvimento do aplicativo.

**Figura 22** - Tela 19. Mensagem final e referências bibliográficas utilizadas para o desenvolvimento do aplicativo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

## 5.2 Teste de usabilidade

Os resultados demonstraram que o aplicativo recebeu boa avaliação de usabilidade, com escore SUS de 85,8. Além disso, também pôde-se afirmar, com 95% de confiança, que esse escore, para essa amostra, encontra-se entre 82,3 e 89,4. Com relação à confiabilidade da amostra, o coeficiente alfa de Cronbach, teve valor de 0,75, evidenciando bom nível de confiabilidade da amostra analisada. A Tabela 1 apresenta um resumo da análise da Parte 1 do questionário de avaliação, que corresponde ao questionário de usabilidade SUS.



**Tabela 1** – Resumo da análise da primeira parte do questionário de avaliação

<b>Variável</b>	<b>Valor</b>
Tamanho da Amostra	24
Escore Médio SUS	85,8
Intervalo de Confiança	82,3 – 89,4
Margem de Erro	3,5
Nível de Confiança	95%
Desvio Padrão	8,3
Confiabilidade	0,75

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Utilizando a escala de Bangor, Kortum e Miller (2009), o aplicativo enquadrou-se na categoria B, que corresponde a “Excelente”, segundo melhor nível de usabilidade nessa escala. Pela avaliação da escala de Sauro e Lewis (2012), o aplicativo obteve nota A+, que se trata do melhor nível de classificação de usabilidade, segundo essa classificação. A Tabela 2 mostra como o aplicativo se classifica com relação a estas escalas.

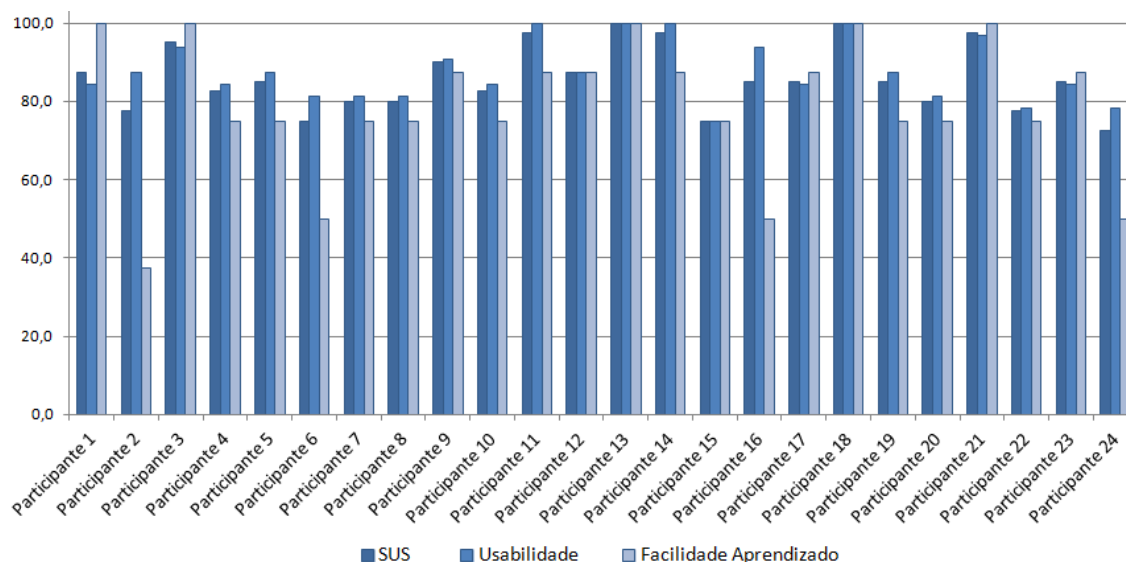
**Tabela 2** - Classificação da usabilidade do aplicativo conforme duas escalas

<b>Sistema</b>	<b>Escore SUS</b>	<b>Classificação Bangor, Kortum e Miller</b>		<b>Classificação Sauro e Lewis</b>	
		<b>Faixa</b>	<b>Nota</b>	<b>Faixa</b>	<b>Nota</b>
<b>App ATJ</b>	85,8	80 – 90	B (Excelente)	84,1 – 100	A+

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Ao avaliar as respostas dos participantes em uma análise separada das características estudadas (SUS, Usabilidade e Facilidade de aprendizado), pôde-se observar que, em geral, as três medidas têm valores aproximados, em cada um dos participantes, destacando-se os participantes 13 e 18 que avaliaram o aplicativo com 100% de usabilidade, facilidade de aprendizado. Considerando isso, a Figura 23 mostra um gráfico com um comparativo entre as médias individuais de todos os participantes do estudo, com relação a essas características. As respostas de todos os participantes do questionário de avaliação SUS encontram-se compiladas em uma tabela, no Anexo B.

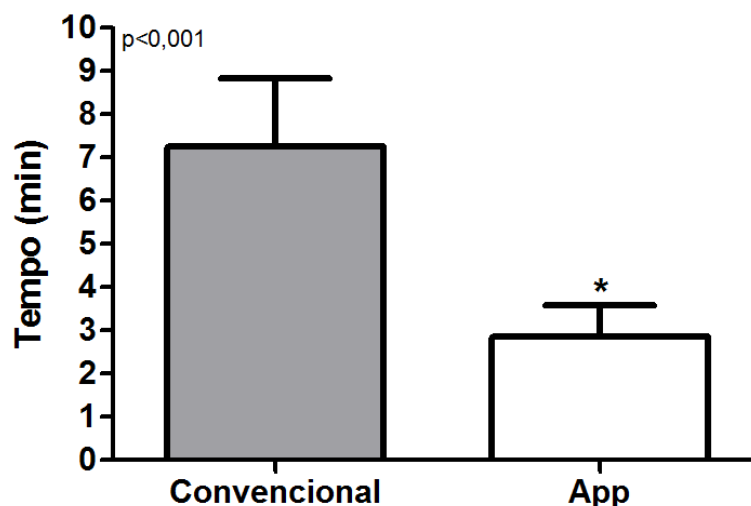
**Figura 23** - Médias individuais dos participantes nas características avaliadas na Parte 1 do questionário



Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Além da aceitação satisfatória da aplicação, observada a partir da análise das respostas dos questionários, outro resultado importante verificado foi a constatação da redução do tempo de planejamento pré-operatório, quando se compara a forma tradicional com o método através do aplicativo. O tempo médio entre os 24 participantes despendido para realizar o planejamento da forma tradicional foi de  $7,2 \pm 1,6$  minutos, enquanto que, através do aplicativo, essa média reduziu-se para  $2,9 \pm 0,7$  minutos. A partir da análise dos tempos despendidos durante o planejamento, realizado pelos 24 participantes do teste de usabilidade, observou-se que o uso do aplicativo pôde reduzir o tempo de planejamento em  $4,4 \pm 1,8$  minutos, o que representa, aproximadamente, 39% do tempo gasto em relação ao procedimento manual. Essa diferença foi considerada estatisticamente significativa, com valor de  $p < 0,001$ . A Figura 24 representa a diferença de tempo de planejamento, utilizando o método convencional e através do aplicativo.

**Figura 24** - Tempo, em minutos, gasto no planejamento de ATJ, utilizando o método manual e através do aplicativo. Resultados dispostos em gráfico após teste de Mann-Whitney/Wilcoxon ( $p < 0,001$ ).



Fonte: Próprio autor.

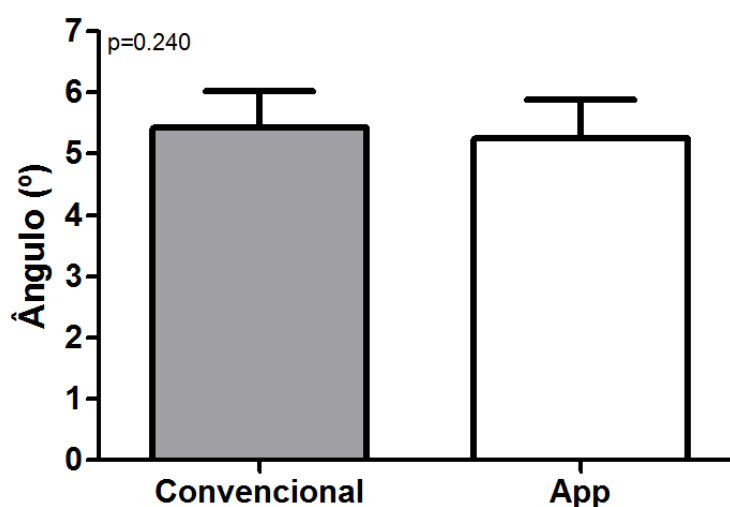
A Tabela 3 complementa essa análise, estratificando os valores, aferidos em segundos, em: Limite Superior, 3º Quartil, Mediana, Média, 1º Quartil e Limite Inferior. Pôde-se observar que os valores das medianas são inferiores às médias, mas a proporção de redução, para 39%, mantém-se. Essa constatação é importante porque reforça os resultados do estudo, tendo em vista que, diferentemente da média, a mediana é uma medida de tendência central e não é tão influenciada por valores individuais erráticos e não significativos.

**Tabela 3** - Valores relacionados ao tempo de planejamento, aferido em segundos, pela forma manual e através do aplicativo. (n = 24).

	Planejamento Tradicional	Planejamento com o App ATJ
Limite Superior	10,5	3,7
3º Quartil	8,5	3,4
Mediana	6,6	2,6
Média	7,2	2,9
1º Quartil	6,2	2,3
Limite Inferior	4,1	1,9

Com relação à medição do ÂAMF, observou-se que 17 avaliadores (70,8%) obtiveram a mesma medida de ângulo, tanto através da forma convencional, quanto através do aplicativo. Seis avaliadores encontraram diferença de um grau entre as formas de aferição e apenas um avaliador observou diferença de dois graus. Após realização da análise estatística dos resultados através do teste de Mann-Whitney/Wilcoxon, não foi observada diferença estatisticamente significativa entre as duas formas de medição ( $p=0,240$ ). A análise dessa variável reforça a utilidade do aplicativo, na medida em que se mostrou capaz de reduzir drasticamente o tempo de planejamento, sem perder, entretanto, a eficácia, pelo menos no que diz respeito à medição do ÂAMF.

**Figura 25** - Medição do ÂAMF através da forma convencional e do aplicativo. Não houve diferença estatisticamente significativa entre as duas formas após teste Mann-Whitney/Wilcoxon ( $p = 0,240$ ).



Fonte: Elaborada pelo autor.

Segundo Davis (1989), a aceitação de uma aplicação está relacionada com a facilidade de uso e a utilidade dela. Neste trabalho, a Parte 1 do instrumento de avaliação concentrou-se na apreciação da usabilidade. Já a Parte 2, interessou-se por avaliar a utilidade percebida pelos participantes em relação ao aplicativo. Diferentemente do método de análise do questionário SUS, não existe fórmula padrão para se obter resultado médio único, que indique o nível de utilidade da

aplicação, quando se considera o questionário TAM. Assim, a avaliação dessa parte se deu de forma individual, para cada questão.

As respostas das questões 11 a 17 são descritas a seguir e avaliam a utilidade percebida pelos participantes sobre o aplicativo. A questão 11 indaga o usuário sobre a importância de uma das principais finalidades do aplicativo: estimar linhas de corte ósseos em um planejamento de ATJ. Todos os usuários (24) quando perguntados se o traçado dessa linha poderia auxiliar o cirurgião quanto à tomada de decisões, durante o planejamento em ATJ, responderam de forma positiva que concordavam com essa afirmação (100%).

A questão 12 referiu-se à importância da medição do ÂAMF. A totalidade dos usuários participantes (24) concordaram com a afirmativa de que a medição do ÂAMF poderia ajudar quanto à escolha da angulação do guia de corte femoral, quando se utiliza o guia intramedular de corte.

A questão 13 perguntou ao usuário se o planejamento proposto em ATJ pelo aplicativo poderia auxiliar no aprendizado de residentes de Ortopedia e Traumatologia. Dezenove participantes (79,2%) avaliaram que o aplicativo contribui muito. Cinco participantes (20,8%) avaliaram que o aplicativo contribui. Nenhum participante marcou as opções: contribui pouco e não contribui (ANEXO B).

A questão 14 indagou ao usuário se o planejamento proposto em ATJ pelo aplicativo poderia auxiliar no aprendizado de estagiários em cirurgia do joelho. Dezoito participantes (75%) avaliaram que o aplicativo contribui muito. Seis participantes (25%) avaliaram que o aplicativo contribui. Nenhum participante marcou as opções: contribui pouco e não contribui (ANEXO B).

A questão 15 questionou o usuário se o planejamento proposto em ATJ pelo aplicativo poderia auxiliar no aprendizado de cirurgiões de joelho. Dezesesseis participantes (66,7%) avaliaram que o aplicativo contribui muito. Oito participantes (33,3%) avaliaram que o aplicativo contribui. Nenhum participante marcou as opções "contribui pouco" e "não contribui" (ANEXO B).

A questão 16 tratou da utilidade que o sistema poderia ter para o planejamento de ATJ. Treze usuários (54,1%) concordaram totalmente que a tecnologia parecia útil ao planejamento de ATJ. Dez usuários (41,6%) concordaram que a tecnologia parecia útil ao planejamento de ATJ. Apenas um usuário (4,2%) discordou que a tecnologia poderia ser útil ao planejamento. Nenhum participante marcou as opções "discordo totalmente" e "indiferente" (ANEXO B).

A questão 17 indagou ao usuário se o aplicativo ajudou a compreender melhor os conceitos relacionados ao planejamento de ATJ. Doze usuários (50%) concordaram totalmente com essa afirmação. Dez usuários (41,6%) concordaram e dois usuários (8,4%) foram indiferentes a essa afirmação. Nenhum participante marcou as opções "discordo totalmente" e "discordo" (ANEXO B).

A Tabela 4 representa um quadro sinóptico das respostas dadas a estas questões. As respostas relativas à Parte 2 do instrumento de avaliação, em última análise, estimam a utilidade do aplicativo. Pela análise dessas respostas, o aplicativo foi considerado útil para o planejamento de ATJ.

**Tabela 4** - Dados expressos em forma de frequência absoluta e percentual para as respostas das perguntas de 11 a 17

	n	%
<b>Reconhecimento linhas corte ósseo pode ajudar decisões</b>		
Contribui muito	24	100,0
<b>Medição ângulos pode ajudar decisões</b>		
Contribui muito	24	100,0
<b>Passo a passo pode ajudar residentes ortopedia</b>		
Contribui muito	18	75,0
Contribui	6	25,0
<b>Passo a passo pode ajudar estagiários ortopedia</b>		
Contribui muito	18	75,0
Contribui	6	25,0
<b>Passo a passo pode ajudar cirurgiões ortopedia</b>		
Contribui muito	15	62,5
Contribui	9	37,5
<b>Me parece tecnologia útil planejamento ATJ</b>		
Discordo	1	4,2
Concordo	10	41,7
Concordo totalmente	13	54,2
<b>Ajudou compreender conceitos planejamento ATJ</b>		
Indiferente	2	8,3
Concordo	10	41,7
Concordo totalmente	12	50,0

Ao cruzar as perguntas 16 e 17 com as demais perguntas da segunda parte do instrumento de avaliação, observou-se correlação estatisticamente significativa, avaliada pelo teste exato de Fisher, entre as questões supracitadas, evidenciando que os participantes que entenderam que a tecnologia era útil ao planejamento de ATJ, também, concordaram que o aplicativo ajudou a compreender melhor os conceitos relacionados ao planejamento de uma ATJ. Os dados estão descritos na Tabela 5.

**Tabela 5** - Cruzamento das questões 16 e 17. Há correlação entre as duas questões, quando se avalia essa relação pelo teste exato de Fisher

	Me parece tecnologia útil planejamento ATJ		p-Valor	Ajudou compreender conceitos planejamento ATJ		p-Valor
	Não concordo totalmente	Concordo totalmente		Não concordo totalmente	Concordo totalmente	
	27,3%	7,7%		8,3%	25,0%	
<b>Ajudou compreender conceitos planejamento ATJ</b>						
Indiferente	1 9,1%	1 7,7%	0,454	2* 16,7%	0 ,0%	<b>&lt;0,001</b>
Concordo	6 54,5%	4 30,8%		10* 83,3%	0 ,0%	
Concordo totalmente	4 36,4%	8 61,5%		0 ,0%	12* 100,0%	

Na Parte 3 do instrumento de avaliação, os participantes do teste de usabilidade tiveram oportunidade de escrever suas impressões sobre o aplicativo. Um espaço lhes foi concedido para escrita livre. Na questão 18, que pergunta acerca da utilidade do aplicativo no cotidiano profissional dos participantes, um total de 22 participantes (92%) respondeu que o aplicativo seria útil no dia a dia, sendo que apenas um participante respondeu negativamente a esta questão (4%) e um participante (4%) não respondeu à pergunta. Nas justificativas destas respostas, as palavras que mais se repetiram foram: praticidade (4 vezes), agilidade (6 vezes), uniformização (3 vezes), o que alertou aos desenvolvedores quanto aos benefícios mais percebidos.

A questão 19 perguntou: "Quais os pontos positivos, negativos e sugestões sobre a aplicação que você usou?", e divide as respostas em três campos livres de resposta: "pontos positivos", "pontos negativos" e "sugestões". No campo "pontos positivos" a palavras, em sentido semântico que mais se repetiram foram: facilidade (9 vezes), praticidade (8 vezes), rapidez (4 vezes), agilidade (3 vezes) e normatização/uniformidade (2 vezes). No campo "pontos negativos", em sentido semântico, as reclamações concentraram-se em torno de: dificuldade de posicionamento do círculo marcador (4 vezes), falta de recurso de ampliação de imagem (2 vezes), interferência na conduta (1 vez). No campo "sugestões", de forma semântica, as ideias que mais se repetiram foram: diminuir o tamanho do círculo

marcador (3 vezes) e acrescentar recurso de ampliação de imagem (4 vezes). Essas observações foram muito importantes, à medida em que alertou os desenvolvedores quanto à necessidade de promover melhorias, tornando o aplicativo ainda mais útil e adaptado às necessidades dos usuários.



## 6 DISCUSSÃO

Tradicionalmente, o planejamento pré-operatório é realizado a partir de estudos radiográficos impressos de RCJ em incidências ântero-posterior e lateral do joelho. Uma grande vantagem ao se adotar a RCJ como exame para planejamento de ATJ é a disponibilidade ampla desse exame na quase totalidade dos serviços de ortopedia (HOWCROFT et al., 2006). Todavia, existem muitas desvantagens ao se escolher esse exame para o planejamento. A qualidade do filme impresso de RCJ pode, muitas vezes, não ser adequada, dificultando a visualização de estruturas anatômicas. A não uniformidade ao se adquirir a imagem, no que diz respeito à distância foco-filme, à rotação neutra dos membros inferiores e à inclinação da ampola coletora de imagem pode causar discrepâncias entre o joelho nativo e a imagem adquirida. Além disso, diferentes magnificações utilizadas quando da impressão do filme de RCJ podem dificultar a rotina de planejamento do cirurgião, que terá que utilizar uma escala de conversão para o tamanho real, fato que torna o planejamento mais demorado e mais sujeito a erros.

Com a disseminação da tecnologia de sistema de arquivamento e comunicação de imagem, imagens digitalizadas tornaram-se disponíveis para uso médico em vários serviços de ortopedia. Desta forma, alguns *softwares* foram desenvolvidos com a intenção de oferecer ferramentas de edição de imagem. O usuário pode, a partir de então, modificar o brilho, o contraste, aproximar ou distanciar a imagem de seu campo de visão, tornando a avaliação da imagem dinâmica. Alguns desses *softwares* oferecem inclusive ferramentas, que permitem ao usuário traçar linhas, marcar pontos e até aferir ângulos. Essas ferramentas podem ser bastante úteis durante o planejamento cirúrgico, desde que o usuário, cirurgião, adote em sua rotina uma forma de planejamento em ATJ racional. Alguns modelos de *softwares* também permitem a previsão de tamanho do implante a ser utilizado na cirurgia, com confiabilidade bastante aceitável. Apesar de todas essas facilidades, os *softwares* desenvolvidos até o presente momento não abordam de forma específica o planejamento dos cortes ósseos, no que diz respeito ao posicionamento de uma linha de corte ósseo, móvel, perpendicular ao eixo mecânico dos ossos do fêmur e da tíbia, no plano coronal, nem antecipam dificuldades e etapas possíveis de serem encontradas na cirurgia, de acordo com cada caso planejado. Outro fator limitante desse tipo de tecnologia diz respeito ao fato de que o

usuário precisa ter a sua disposição um computador, muitas vezes, não portátil, nem móvel, restringindo o ambiente de planejamento a locais em que tenha a sua disposição computadores como *desktops* ou *notebooks*. Além disso, o usuário deve alimentar o *software* com o arquivo de imagem, usando, com esse fim, uma mídia de armazenamento de dados, como um *Compact Disc* (CD) ou carregador de imagem remotamente a partir de uma rede de dados, conectando seu computador à rede interna do Serviço de Imagem onde foi realizado o exame (KNIESEL et al., 2014).

Independente se o exame radiológico é disponibilizado ao cirurgião, usuário, de forma impressa ou de forma digitalizada, a RCJ não evidencia parâmetros como o centro da cabeça femoral, o centro do tornozelo, nem permite a visualização completa da diáfise dos ossos do fêmur e da tíbia. Esses fatores dificultam a estimativa real do EAF, EMF e EMT, importantes para o reconhecimento do alinhamento ósseo (PARRATTE et al., 2010). Assim, estudos radiográficos de RPMI podem ser mais adequados, à medida que expõem esses parâmetros ao usuário, permitindo-o notar deformidades extra articulares, consolidação viciosa de antigas fraturas e largura do canal medular dos ossos. Apesar disso, limitações a esse método podem ser observadas, principalmente no que diz respeito à aquisição da imagem de RPMI. Sabe-se que, muitas vezes, não há padronização durante a realização do exame, no sentido do fiel respeito a distância foco-filme, a manutenção de rotação neutra dos membros e a magnificação adotada em cada caso. Esses fatores podem dificultar a reprodução da imagem de RPMI da anatomia nativa do joelho, podendo contribuir para imprecisões e erros durante o planejamento. Outro fator limitante que merece atenção é o fato de que muitos serviços não dispõem do exame de RPMI em sua rotina (RAJGOPAL et al., 2013).

Recentemente, com o desenvolvimento de instrumentação customizada, surgiu a possibilidade de planejamento em três dimensões (3D), através de imagens geradas por computador, a partir de exames de tomografia computadorizada ou de ressonância magnética (FRANCESCHI; SBIHI, 2014). Esse tipo de planejamento tem-se mostrado adequado para a escolha de tamanho do implante. Desvantagens dessa forma de planejamento estão no fato de envolver alto custo e não estarem disponíveis de forma universal nos serviços de ortopedia (ETTINGER et al., 2016).

A teoria mais utilizada de alinhamento ao longo dos anos, com apoio vasto na literatura, de forma consolidada, é a teoria do alinhamento mecânico dos componentes protéticos. O posicionamento de cada componente perpendicular ao

EMF e ao EMT resulta em boa sobrevida dos implantes protéticos e apresenta boa reprodutibilidade, tendo sido utilizada durante décadas em vários serviços de ortopedia de forma universal. Autores confirmam maior facilidade em realizar cortes ortogonais ao eixo mecânico do que reproduzir a anatomia nativa de cada osso, que levaria ao cirurgião a realizar cortes inclinados, mais difíceis de serem reproduzidos (TOLIOPOULOS et al., 2016); (DONALDSON; JOYNER; TUDOR, 2015). Este estudo baseia-se, então, no alinhamento mecânico neutro dos componentes.

De outra forma, surge modernamente um conceito novo de alinhamento, baseado na restauração da anatomia nativa do joelho: alinhamento cinemático. Por esse conceito, os cortes ósseos devem reproduzir o pequeno varismo da tíbia e respeitar as relações anatômicas do fêmur, em seus três eixos de movimento em relação à tíbia. Estudos iniciais dessa técnica são encorajadores e apontam para diminuição da necessidade de liberação de partes moles ligamentares (HOWELL et al., 2013; DOSSETT et al., 2014; HOWELL et al., 2013). Entretanto, a consolidação dessa técnica na literatura ainda não se concretizou e a reprodutibilidade também tem-se mostrado mais complexa, fato que levou os autores desse estudo a adotar o alinhamento mecânico neutro dos componentes como estratégia de planejamento em ATJ (WATERSON et al., 2016).

A forma mais tradicional de planejamento cirúrgico em ATJ durante anos foi, e ainda é realizada de forma manual. O cirurgião, para tanto, necessita do filme impresso de imagem, de um negatoscópio e instrumentos como lápis, régua, transferidores, goniômetros e borracha. Com uma estratégia de planejamento em mente, o cirurgião marca pontos, traça linhas e, através desses parâmetros, estima o alinhamento e planeja cortes ósseos. O tamanho do componente pode ser ainda estimado, de acordo com o modelo de prótese a ser utilizada, se o cirurgião tiver a sua disposição modelos de diferentes tamanhos de próteses impressos de forma translúcida: *templates*. Esse tipo de planejamento tem como principal vantagem o baixo custo. Sabe-se ainda que muitos serviços continuam utilizando filmes impressos de imagem, o que favorece o uso desse método. Por outro lado, o planejamento manual exige o conhecimento de uma metodologia racional de planejamento por parte do cirurgião. Outro fator desvantajoso é que nem sempre o cirurgião carrega consigo, em todos os ambientes em que ocorre o planejamento cirúrgico, como no consultório médico e no centro cirúrgico, régua, transferidores, borracha e goniômetro. Isso pode ter consequência danosa, na medida em que

algum cirurgião decida não planejar, induzido pela falta de material necessário, o que poderia comprometer o resultado cirúrgico. Além disso, ainda de posse de todos os instrumentos necessários ao planejamento manual, o cirurgião deve ainda atentar para o fato de que a maioria das imagens impressas de exame encontram-se modificadas em sua escala de tamanho, devendo o cirurgião considerar a magnificação adotada em cada exame, em seu planejamento.

Alguns estudos comparam o planejamento pré-operatório manual ao digital em ATJ. Quando se estima o tamanho do componente protético, tanto o planejamento manual como o digital apresentam boa confiabilidade (THE et al., 2005), porém quando se estima o ÂAMF, o planejamento manual é mais preciso que o digital (VAN GRONINGEN et al., 2015). Este estudo desenvolveu aplicativo, que dispensa o uso desses instrumentos necessários ao planejamento manual, como réguas, transferidores, goniômetros, lápis e borracha. Ademais, o aplicativo desenvolvido considera a magnificação utilizada em cada exame, informada pelo usuário durante o uso do aplicativo, evitando que o cirurgião precise converter através de cálculos o tamanho impresso em relação ao tamanho real, mostrando-se confiável na medição do ÂAMF, além de diminuir consideravelmente o tempo de planejamento.

Por outro lado, a influência da tecnologia no aprendizado médico é uma tendência, que vem ganhando espaço com o surgimento do *m-learning*. Através do uso de dispositivos móveis, como *tabletes* e *smartphones*, o médico tem, então, à sua disposição, uma série de benefícios potenciais de aprendizado. Aplicativos proporcionam ao médico ferramentas de aprendizado de cunho prático e auxiliam em decisões médicas. Os aplicativos mais utilizados, neste sentido, são guias de medicações e calculadoras médicas. Vantagens como conveniência, eficiência, potencial de aceleração do aprendizado são facilmente notadas pelos usuários. Contudo, desvantagens como distração, dependência e pouca regulação do conhecimento podem tornar o aprendizado e o uso dos aplicativos para dispositivos móveis questionáveis (BULLOCK; WEBB, 2015).

Uma revisão sistemática sobre aplicativos na área médica cirúrgica demonstra vasta utilidade dos aplicativos em contextos pré, intra e transoperatórios. Apesar de a maioria dos estudos apontarem para inúmeros benefícios do uso de aplicativos para *smartphones* e *tabletes*, estudos com maior nível de evidência

precisam ser desenvolvidos para analisar de forma mais profunda o impacto de uma adoção generalizada desse tipo de ferramenta (MOBASHERI et al., 2015).

No meio ortopédico, a confiabilidade do uso de aplicativo previamente existente pode simular um goniômetro, para *smartphone*. O aplicativo mostrou-se confiável quando se considerou a medição de ângulos de arcos de movimento (PEREIRA et al., 2016). Esses autores, porém, não desenvolveram o aplicativo, apenas testaram-no.

Peters et al. (2012) desenvolveram uma metodologia que auxilia no posicionamento do componente acetabular em artroplastias totais do quadril, através do uso do recurso de acelerômetro e de câmera de *smartphone*. Para tanto, esses autores baixaram aplicativos previamente existentes na loja de vendas da *Apple*, que simulavam um transferidor virtual e um indicador de nível. O sistema provou-se acurado com relação ao posicionamento esperado acetabular, todavia eles não desenvolveram um aplicativo.

Moustris et al. (2011) estimaram a anteversão femoral através de aplicativo desenvolvido para smartphones. O aplicativo foi testado em doze fêmures de cadáver e mostrou-se acurado na determinação da anteversão femoral através da medição do ângulo cortical anterior. Esses autores não descreveram em seu estudo quais recursos de programação computacional foram utilizados para o desenvolvimento do aplicativo, apenas citando que engenheiros de sua instituição o desenvolveram.

Na área de atuação de cirurgia do joelho, Spasic et al. (2015) desenvolveram aplicativo para ambiente de *web* com finalidade de reabilitação, em doenças do joelho. Por esse aplicativo, o usuário recebe informações sobre a reabilitação a ser enfrentada. Também lhe são estabelecidas metas e algumas intervenções são sugeridas pelo aplicativo, no sentido de potencializar resultados satisfatórios durante a reabilitação. O aplicativo foi desenvolvido por uma equipe interdisciplinar, composta por profissionais da saúde, por pesquisadores, engenheiros da computação e desenvolvedores de aplicativos. Os autores também não descreveram os recursos de programação computacional utilizados para o desenvolvimento do aplicativo.

Na área de ATJ, o aplicativo desenvolvido vem aumentar as possibilidades de planejamento pré-operatório. A maior parte dos aplicativos desenvolvidos na área de Ortopedia e Traumatologia destinam-se à medição de

ângulos e ao auxílio na estimativa de tamanho dos componentes protéticos, mas, até então, nenhum aplicativo ofertou uma forma de planejamento cirúrgico padronizada, baseada em um passo a passo, permitindo ao usuário acionar "atalho" ajuda, com aprofundamento teórico sobre cada passo em questão, apoiado por literatura confiável. Além desses fatores, o aplicativo desenvolvido antecipa possíveis situações a serem encontradas diante de cada deformidade e oferece um tutorial em forma de "dicas". Esses recursos podem direcionar o usuário para uma metodologia de planejamento pré-operatório segura e auxiliá-lo no entendimento da cirurgia de ATJ como um todo. Este estudo informa as ferramentas de programação computacional utilizadas, a fim de desenvolver o aplicativo, pois entendeu-se que a descrição dessas ferramentas poderia auxiliar possíveis próximos desenvolvedores de aplicativos, semelhantes ao ora desenvolvido. Acreditou-se que a disseminação do conhecimento tecnológico aplicado à saúde é importante ferramenta, que deve ser difundida universalmente.

ZBICK e colaboradores, em 2015, desenvolveram estrutura baseada em web (em inglês: *web-based framework*), como ferramenta para o desenvolvimento de aplicativos de aprendizado, para dispositivos móveis (ZBICK et al., 2015). Para avaliar a usabilidade (do inglês: *usability*) e a capacidade de aprendizado (do inglês *learnability*) do sistema (*framework*), foi aplicado o questionário SUS, tendo-se obtido um escore de 73,9744. Em relação às classificações de Bangor e de Sauro, que são baseadas em escores médios da escala SUS, obteve, respectivamente, graduações C e B. Essa avaliação foi considerada "boa". Neste estudo, o aplicativo desenvolvido obteve escore de 85,8 na escala SUS e graduações de B e A+, respectivamente, às escalas de Bangor e de Sauro, demonstrando excelente nível de usabilidade.

Edmunds, Thorpe e Conole, em 2012, estudaram a influência da tecnologia de informação e de comunicação (*Information and Communication Technology - ICT*) na atividade estudantil. Avaliaram a influência do trabalho e das atividades sociais e de lazer, assim como da atividade estudantil prévia, na assimilação de tecnologia (EDMUNDS; THORPE; CONOLE, 2012). Para avaliar a facilidade de uso e a percepção de utilidade, foi aplicado o questionário TAM, de Davis (1989). De acordo com Davis (1989), a percepção de facilidade de uso pode ser estimada de acordo com o grau de esforço exigido durante a utilização de determinado sistema. Já a percepção de utilidade relaciona-se ao quanto o indivíduo

acredita que determinado sistema seja importante para o desempenho de determinado trabalho. No trabalho desses autores, essas duas variáveis mostraram boa confiabilidade (maior que 0,9), medida pelo coeficiente alfa de Cronbach. Neste estudo, foram adaptadas perguntas à realidade do estudo e, portanto, foi realizada análise descritiva dos resultados obtidos, revelando excelente utilidade do aplicativo.

Este estudo apresenta algumas limitações. Com relação ao modelo inicial do aplicativo proposto, alguns recursos poderiam ter tornado o aplicativo mais robusto, como a possibilidade de carregamento remoto de imagem, a partir de um banco de dados, conectando o dispositivo móvel a um centro fornecedor de imagem de RPMI. O recurso de salvamento da imagem final de planejamento não se encontra presente nesse modelo inicial, fato compensado em parte pela possibilidade de salvamento a partir do recurso de "impressão de tela" (*print*), presente no sistema operacional de cada dispositivo móvel. Com relação ao teste de usabilidade, destacamos o viés de o autor conhecer uma parte dos participantes, fato que pode ter inibido a postura crítica de alguns. Outro fator limitante diz respeito ao fato de o teste de usabilidade ter sido realizado, utilizando apenas um exame de RPMI. Neste sentido, talvez maior variabilidade de exames de RPMI poderia testar o aplicativo sob diferentes espectros.

Dada a tendência de massificação do uso de dispositivos móveis no meio médico, o aplicativo apresenta-se como uma ferramenta possível de ser inserida no contexto de *M-Learning*, podendo contribuir com a formação de ortopedistas e até auxiliar ortopedistas experimentados, em suas decisões cirúrgicas, no âmbito das cirurgias de ATJ.

## 7 CONCLUSÕES

O aplicativo desenvolvido mostrou-se útil para o planejamento pré-operatório de ATJ e vem aumentar as possibilidades de planejamento cirúrgico. Apresenta excelentes índices de usabilidade e evidenciou-se acurado para medição do ÂAFM, além de diminuir consideravelmente o tempo de planejamento cirúrgico. À medida que estabelece um protocolo padronizado, através de um passo a passo racional, apoiado na literatura, direciona o usuário para uma possível forma de planejamento cirúrgico confiável.



## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, K. C.; BUEHLER, K. C.; MARKEL, D. C. Computer Assisted Navigation in Total Knee Arthroplasty. **The Journal of Arthroplasty**, v. 20, n. 7, p. 132–138, 2005.
- APOSTOLOPOULOS, A. P. et al. Total knee arthroplasty in severe valgus deformity : Interest of combining a lateral approach with a tibial tubercle osteotomy. **Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research**, v. 96, n. 7, p. 777–784, 2010.
- BABAZADEH, S. et al. The long leg radiograph is a reliable method of assessing alignment when compared to computer-assisted navigation and computer tomography. **Knee**, v. 20, n. 4, p. 242–249, 2013.
- BAIER, C. et al. Improved kinematics of total knee replacement following partially navigated modified gap-balancing technique. **International Orthopaedics**, v. 38, n. 2, p. 243–249, 2014.
- BULLOCK, A.; WEBB, K. Technology in postgraduate medical education: a dynamic influence on learning? **Postgraduate medical journal**, v. 91, n. 1081, p. 646–50, 2015.
- CHERIAN, J. J. et al. Mechanical, anatomical, and kinematic axis in TKA: Concepts and practical applications. **Current Reviews in Musculoskeletal Medicine**, v. 7, n. 2, p. 89–95, 2014.
- CLARKE, H. D. et al. Clinical results in valgus total knee arthroplasty with the “pie crust” technique of lateral soft tissue releases. **Journal of Arthroplasty**, v. 20, n. 8, p. 1010–1014, 2005.
- CLOSKEY, R. F. et al. Stemmed implants improve stability in augmented constrained condylar knees. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, v. 466, n. 11, p. 2639–2643, 2008.
- DAINES, B. K.; DENNIS, D. A. Gap balancing vs. measured resection technique in total knee arthroplasty. **Clinics in Orthopedic Surgery**, v. 6, n. 1, p. 1–8, 2014.
- DANIILIDIS, K.; TIBESKU, C. O. Frontal plane alignment after total knee arthroplasty using patient-specific instruments. **International orthopaedics**, v. 37, n. 1, p. 45–50, 2013.
- DEAKIN, A. H.; SARUNGI, M. A Comparison of Variable Angle Versus Fixed Angle Distal Femoral Resection in Primary Total Knee Arthroplasty. **The Journal of Arthroplasty**, v. 29, n. 6, p. 1133–1137, 2014.
- DONALDSON, J.; JOYNER, J.; TUDOR, F. Current Controversies of Alignment in Total Knee Replacements. p. 489–494, 2015.

DOSSETT, H. G. et al. A randomised controlled trial of kinematically and mechanically aligned total knee replacements: Two-year clinical results. **The Bone & Joint Journal**, v. 96–B, n. 7, p. 907–913, 2014.

EDMUNDS, R.; THORPE, M.; CONOLE, G. Student attitudes towards and use of ICT in course study, work and social activity: A technology acceptance model approach. **British journal of educational technology**, v. 43, n. 1, p. 71–84, 2012.

ETTINGER, M. et al. 2D versus 3D templating in total knee arthroplasty. **Knee**, v. 23, n. 1, p. 149–151, 2016.

FIDDIAN, N. J.; BLAKEWAY, C.; KUMAR, A. Replacement arthroplasty of the valgus knee. A modified lateral capsular approach with repositioning of vastus lateralis. **The Journal of bone and joint surgery. British volume**, v. 80, n. 5, p. 859–61, 1998.

FRANCESCHI, J. P.; SBIHI, A. 3D templating and patient-specific cutting guides (Knee-Plan®) in total knee arthroplasty: Postoperative CT-based assessment of implant positioning. **Orthopaedics and Traumatology: Surgery and Research**, v. 100, n. 6, p. S281–S286, 2014.

FRCS, N. A.; MRCS, S. LO. Pre-operative planning and the role of templating in total knee arthroplasty. p. 93–94, 2003.

GRIFFIN, F. M.; INSALL, J. N.; SCUDERI, G. R. Accuracy of Soft Tissue Balancing in Total Knee Arthroplasty. v. 15, n. 8, p. 970–973, 2000.

HOHMANN, E.; TETSWORTH, K. Do manual cutting guides for total knee arthroplasty introduce systematic error? **International Orthopaedics**, v. 40, n. 2, p. 277–284, 2016.

HOMMEL, H.; PERKA, C.; PFITZNER, T. Preliminary results of a new surgical technique in total knee arthroplasty (TKA) using the native ligament tension for femoral implant positioning in varus osteoarthritis. **Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery**, v. 136, n. 7, p. 991–997, 2016.

HOWCROFT, D. W. J. et al. The role of preoperative templating in total knee arthroplasty: Comparison of three prostheses. **Knee**, v. 13, n. 6, p. 427–429, 2006.

HOWELL, S. M. et al. Accurate alignment and high function after kinematically aligned TKA performed with generic instruments. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 21, n. 10, p. 2271–2280, 2013.

HUANG, T. et al. Total knee arthroplasty in patients with Ranawat type-II valgus arthritic knee with a marked coronal femoral bowing deformity : comparison between computer-assisted surgery and intra-articular resection. **Journal of Orthopaedic Surgery and Research**, p. 1–9, 2016.

HUSSAIN, S. M. et al. Knee osteoarthritis: a review of management options. **Scott Med J**, v. 61, n. 1, p. 7–16, 2016.

HUTT, J. et al. Functional joint line obliquity after kinematic total knee arthroplasty. **International orthopaedics**, 2015.

JACOFISKY, D. J.; ALLEN, M. Robotics in Arthroplasty: A Comprehensive Review. **The Journal of Arthroplasty**, 2016.

JEFFERY, R. S.; MORRIS, R. W.; DENHAM, R. A. Coronal alignment after total knee replacement. **The Journal of bone and joint surgery. British volume**, v. 73, n. 5, p. 709–714, 1991.

KINE-, E. Ligamentkontrollierte Positionierung der. p. 1–7, 2015.

KNIESEL, B. et al. Digital templating in total knee and hip replacement: An analysis of planning accuracy. **International Orthopaedics**, v. 38, n. 4, p. 733–739, 2014.

KURIYAMA, S. et al. No condylar lift - off occurs because of excessive lateral soft tissue laxity in neutrally aligned total knee arthroplasty : a computer simulation study. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, 2015.

KUTZNER, I. Influence of Limb Alignment on Mediolateral Loading in Total Knee Replacement<subtitle>In Vivo Measurements in Five Patients</subtitle>. **The Journal of Bone and Joint Surgery (American)**, v. 94, n. 11, p. 1023, 2012.

LEE, H. J. et al. Comparison of joint line position changes after primary bilateral total knee arthroplasty performed using the navigation-assisted measured gap resection or gap balancing techniques. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 19, n. 12, p. 2027–2032, 2011.

LEVY, Y. D. et al. The accuracy of bony resection from patient-specific guides during total knee arthroplasty. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, 2016.

LIOW, M. H. L. et al. Computer-assisted stereotaxic navigation improves the accuracy of mechanical alignment and component positioning in total knee arthroplasty. **Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery**, v. 136, n. 8, p. 1173–1180, 2016.

LOWE, A. M. et al. NIH Public Access. v. 2, n. 3, p. 722–731, 2011.

MACDONALD, W. et al. Improved tibial cutting accuracy in knee arthroplasty. **Medical Engineering and Physics**, v. 26, n. 9 SPEC.ISS., p. 807–812, 2004.

MALHOTRA, R. et al. A Prospective Randomized Study to Compare Systemic Emboli Using the Computer-Assisted and Conventional Techniques of Total Knee Arthroplasty. **Journal of Bone and Joint Surgery - American Volume**, v. 97, n. 11, p. 889–894, 2015.

MANUSCRIPT, A. et al. NIH Public Access. v. 88, n. 3, 2010.

MIHALKO, M. Anatomical and Biomechanical Aspects of Pie Crusting Posterolateral Structures for Valgus Deformity Correction in Total Knee Arthroplasty A Cadaveric Study. v. 15, n. 3, 2000.

MIHALKO, W. M. Patient-Specific Cutting Guides Were Not Better Than Conventional Instrumentation for Total Knee Arthroplasty. **The Journal of bone and joint surgery. American volume**, v. 97, n. 22, p. 1891, 2015.

MILLER, A. G.; PURTILL, J. J. Total Knee Arthroplasty Component Templating. A Predictive Model. **Journal of Arthroplasty**, v. 27, n. 9, p. 1707–1709, 2012.

MOBASHERI, M. H. et al. The uses of smartphones and tablet devices in surgery: A systematic review of the literature. **Surgery (United States)**, v. 158, n. 5, p. 1352–1371, 2015.

MOLICNIK, A.; NARANDA, J.; DOLINAR, D. Patient-matched instruments versus standard instrumentation in total knee arthroplasty: a prospective randomized study. **Wiener klinische Wochenschrift**, p. 1–6, 2015.

MOON, Y. et al. A meta-analysis. v. 0, n. August, 2016.

MOSKAL, J. T. et al. Navigated versus conventional total knee arthroplasty. **J Knee Surg**, v. 27, n. 3, p. 235–248, 2014.

MOUSTRIS, G. P. et al. Evolution of autonomous and semi-autonomous robotic surgical systems: a review of the literature. **The international journal of medical robotics + computer assisted surgery : MRCAS**, v. 7, n. April, p. 375–392, 2011.

NEIL, M. J. et al. Evaluation of lower limb axial alignment using digital radiography stitched films in pre-operative planning for total knee replacement. **Journal of Orthopaedics**, v. 13, n. 4, p. 285–289, 2016.

PANG, H. N. et al. Computer-assisted gap balancing technique improves outcome in total knee arthroplasty, compared with conventional measured resection technique. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 19, n. 9, p. 1496–1503, 2011.

PARRATTE, S. et al. Effect of Postoperative Mechanical Axis Alignment on the Fifteen-Year Survival of Modern, Cemented Total Knee Replacements. **The Journal of bone and joint surgery American volume**, v. 92, n. 12, p. 2143–2149, 2010.

PEREIRA, L. C. et al. Reliability of the Knee Smartphone-Application Goniometer in the Acute Orthopedic Setting. **Journal of Knee Surgery**, v. 1, n. 212, 2016.

PETERS, F. M. et al. Improving acetabular cup orientation in total hip arthroplasty by using smartphone technology. **Journal of Arthroplasty**, v. 27, n. 7, p. 1324–1330, 2012.

RAJGOPAL, A. et al. Total knee arthroplasty in extra articular deformities: A series of 36 knees. **Indian journal of orthopaedics**, v. 47, n. 1, p. 35–9, 2013.

RANAWAT, A. S. et al. Total knee arthroplasty for severe valgus deformity. **The Journal of bone and joint surgery. American volume**, v. 87 Suppl 1, n. Pt 2, p. 271–284, 2005.

ROSSI, R. et al. Total knee arthroplasty in the valgus knee. **International Orthopaedics**, v. 38, n. 2, p. 273–283, 2014.

SANTINI, A. J. A.; RAUT, V. Ten-year survival analysis of the PFC total knee arthroplasty—a surgeon's first 99 replacements. p. 459–465, 2008.

SPASIĆ, I. et al. TRAK App Suite: A Web-Based Intervention for Delivering Standard Care for the Rehabilitation of Knee Conditions. **JMIR research protocols**, v. 4, n. 4, p. e122, 2015.

TENÓRIO, J. et al. Desenvolvimento e avaliação de um protocolo eletrônico para atendimento e monitoramento do paciente com doença celíaca. **Revista de Informática teórica e aplicada**, v. 17, n. 2, p. 210–220, 2010.

THE, B. et al. Comparison of analog and digital preoperative planning in total hip and knee arthroplasties. A prospective study of 173 hips and 65 total knees. **Acta orthopaedica**, v. 76, n. 1, p. 78–84, 2005.

TIGANI, D. et al. Comparison between two computer-assisted total knee arthroplasty: Gap-balancing versus measured resection technique. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 18, n. 10, p. 1304–1310, 2010.

TOLIOPOULOS, P. et al. Anatomic Mechanically Aligned Total Knee Arthroplasty for Unicompartamental Knee Arthroplasty Revision. **The Open Orthopaedics Journal**, v. 10, n. 1, p. 357–63, 2016.

VAISHYA, R. et al. Computerized tomography based “patient specific blocks” improve postoperative mechanical alignment in primary total knee arthroplasty. **World journal of orthopedics**, v. 7, n. 7, p. 426–33, 2016.

VAN GRONINGEN, B. et al. Femoral Mechanical-Anatomical Angle Measurements in Total Knee Arthroplasty: Analog versus Digital. **The journal of knee surgery**, v. 28, n. 4, p. 315–319, 2015.

WATERSON, H. B. et al. The early outcome of kinematic versus mechanical alignment in total knee arthroplasty: a prospective randomised control trial. **The Bone & Joint Journal**, v. 98–B, n. 10, p. 1360–1368, 2016.

WIDMER, K.-H.; ZICH, A. Ligamentkontrollierte Positionierung der Knieprothesenkomponenten. **Der Orthopäde**, v. 44, n. 4, p. 275–281, 2015.

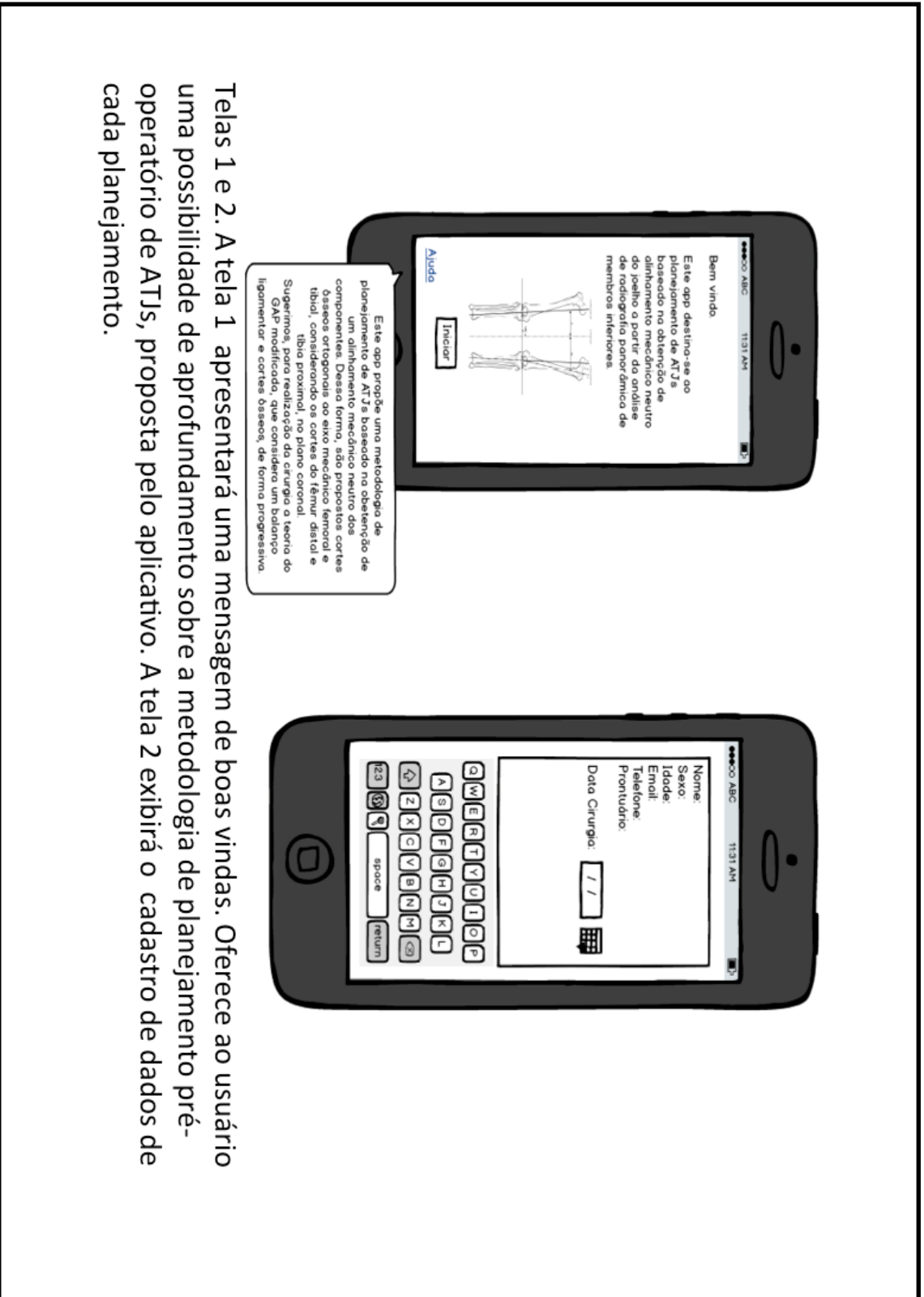
YOUNG, S. W. et al. Does Speed Matter? Revision Rates and Functional Outcomes in TKA in Relation to Duration of Surgery. **Journal of Arthroplasty**, 2014.

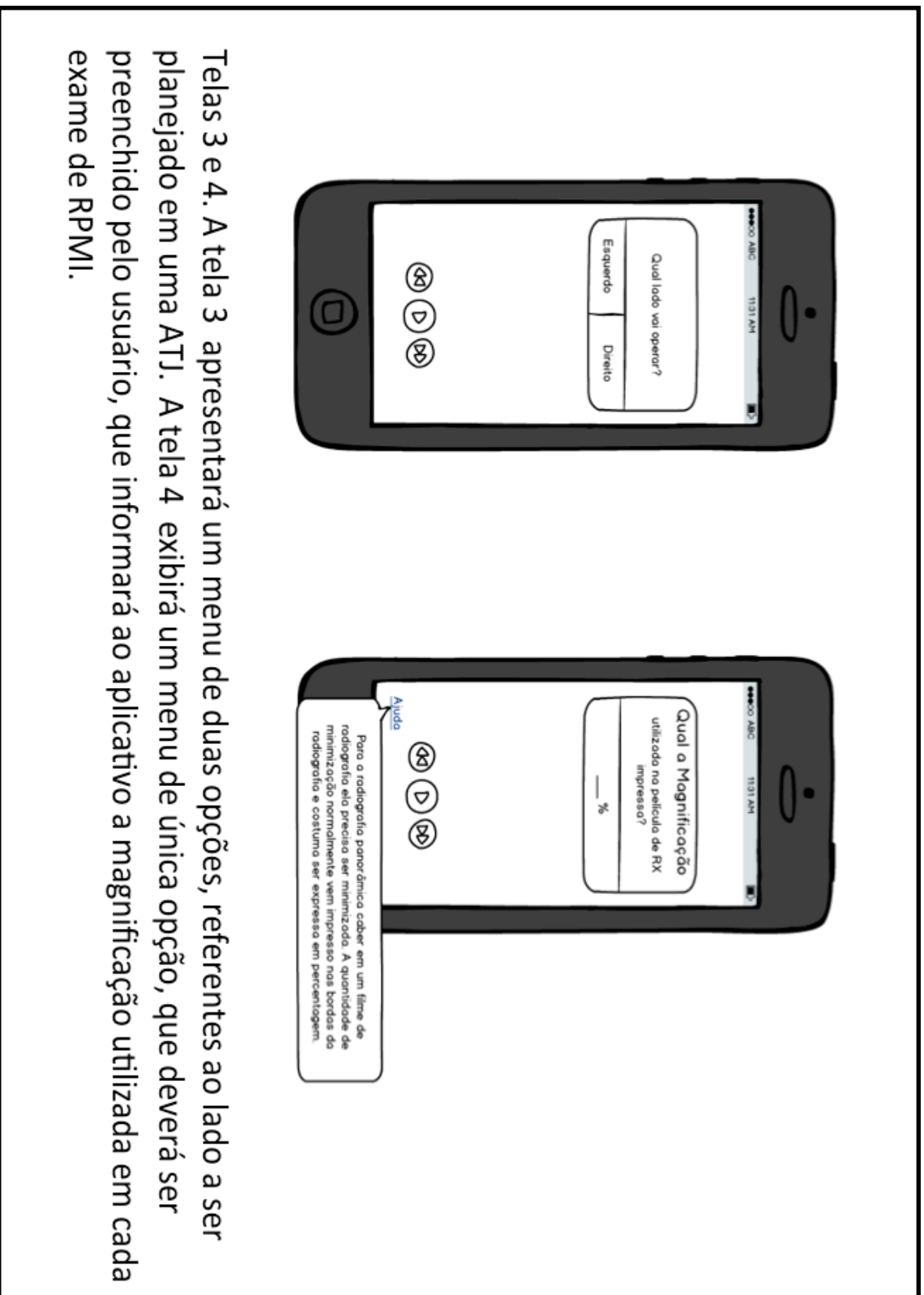
ZBICK, J. et al. A web-based framework to design and deploy mobile learning

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**, p. 88–92, 2015.

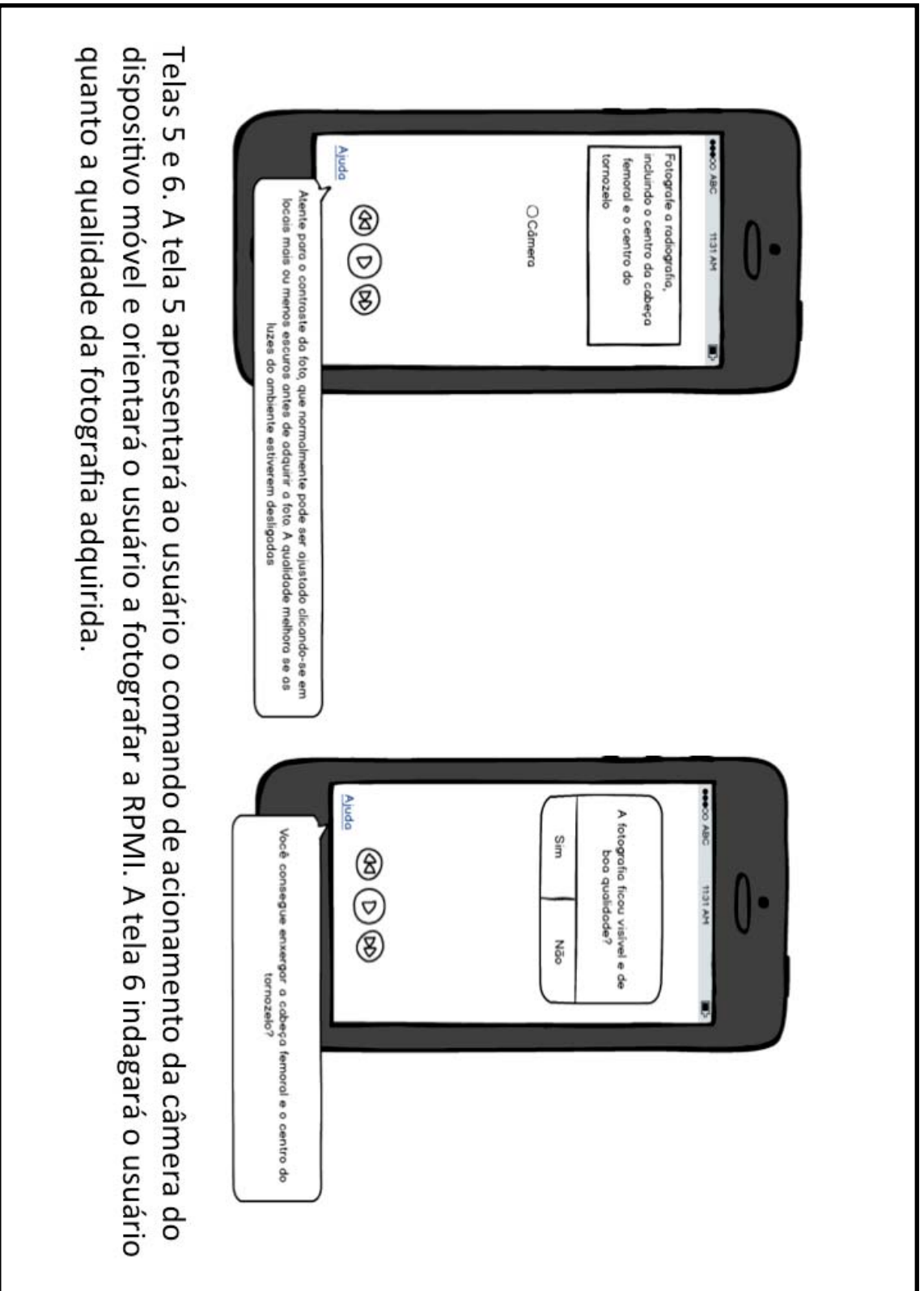
ZENG, H. B. et al. Extramedullary versus intramedullary tibial alignment technique in total knee arthroplasty: A meta-analysis of randomized controlled trials. **Clinics (São Paulo, Brazil)**, v. 70, n. 10, p. 714–9, 2015.

## APÊNDICE A - ESBOÇO VISUAL E DE FUNÇÕES DAS TELAS DO APLICATIVO









Telas 5 e 6. A tela 5 apresentará ao usuário o comando de acionamento da câmera do dispositivo móvel e orientará o usuário a fotografar a RPMI. A tela 6 indagará o usuário quanto a qualidade da fotografia adquirida.





Tela 12. Representação do EMF, EAF, EMT e ângulo de corte femoral distal.

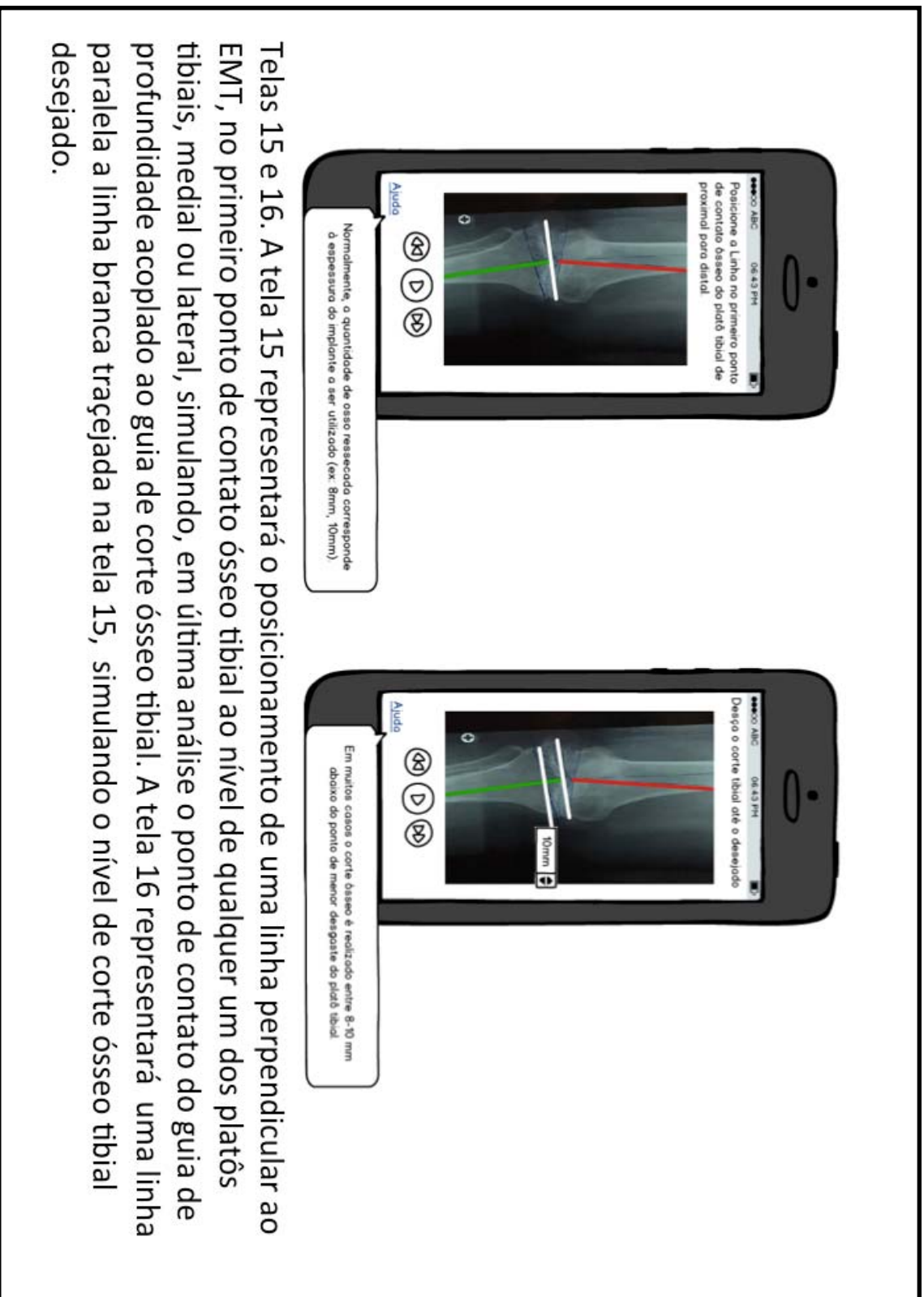


Este ponto de contato representa a situação em que o guia de corte ósseo femoral faz contato com o osso do fêmur



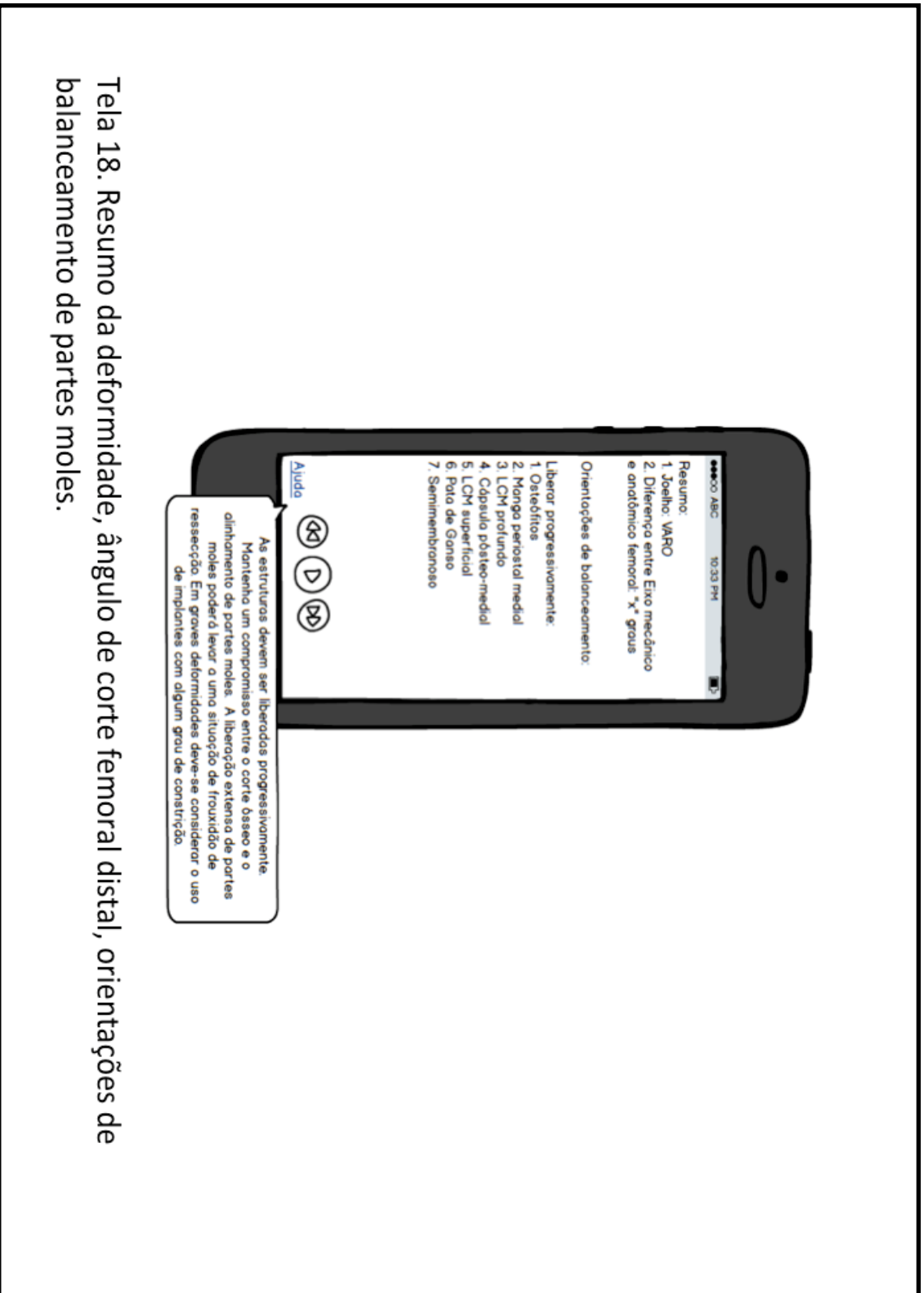
Normalmente, a quantidade de osso ressecada corresponde à espessura do implante a ser utilizado (ex: 8mm, 10mm).

Telas 13 e 14. A tela 13 representará o posicionamento de uma linha perpendicular ao EMF, branca, no primeiro ponto de contato ósseo femoral de distal para proximal, simulando, em última análise, o ponto de contato do guia de corte ósseo femoral distal. A tela 14 apresentará uma linha paralela a linha branca tracejada na tela 13, simulando o nível de corte ósseo femoral desejado.

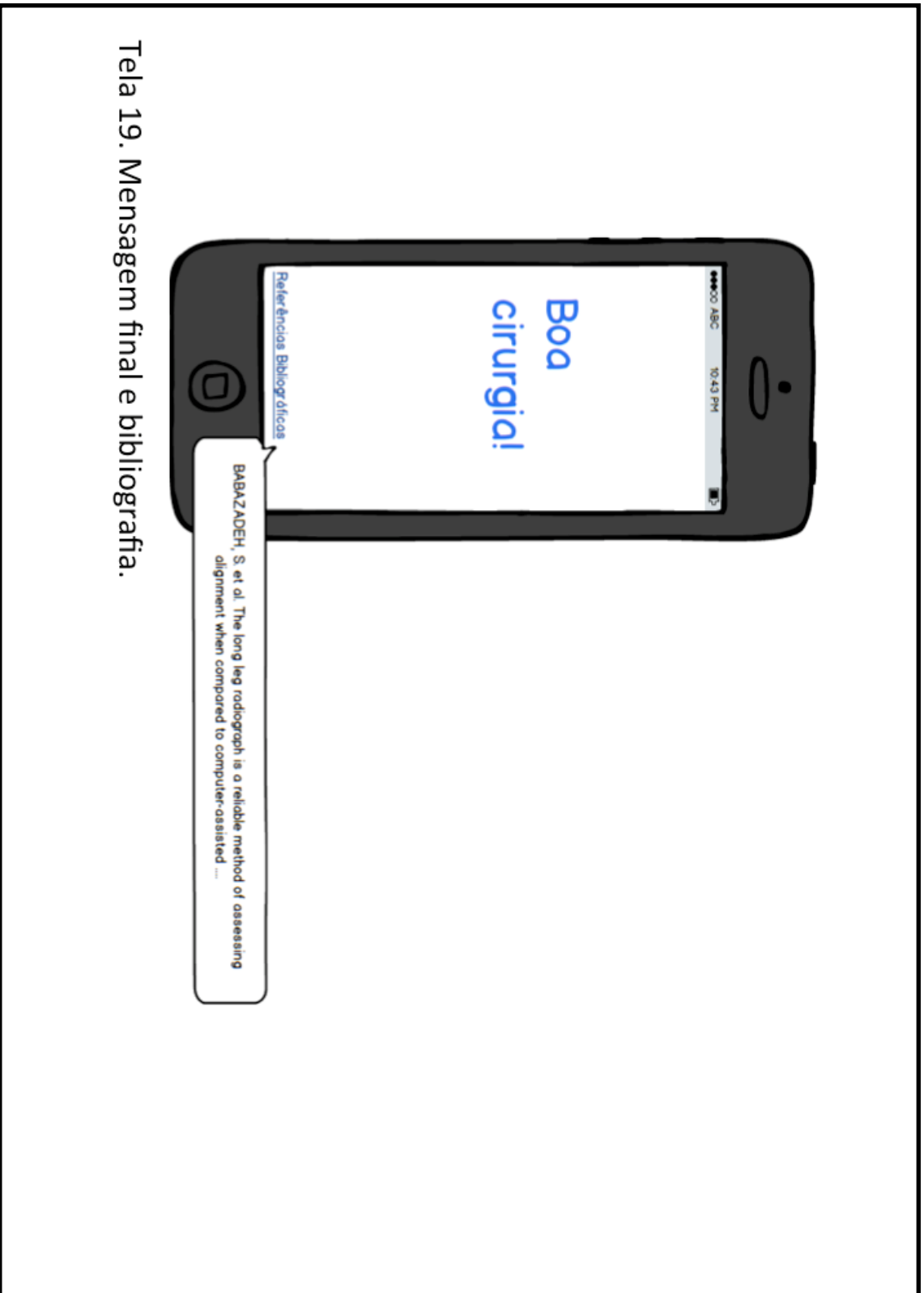




Tela 17. Representará o planejamento dos cortes ósseos final.



Tela 18. Resumo da deformidade, ângulo de corte femoral distal, orientações de balanceamento de partes moles.



Tela 19. Mensagem final e bibliografia.

Fonte: Elaborada pelo autor.



**APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO. COMPOSTO DE 4 PARTES: PARTE 0 (AVALIAÇÃO DE EXPERIÊNCIA PRÉVIA); PARTE 1 (QUESTIONÁRIO SUS); PARTE 2 (TESTE TAM MODIFICADO); PARTE 3 (AVALIAÇÃO LIVRE E SUBJETIVA)**

**Questionário de Avaliação – Aplicação App ATJ**

**Tempo convencional:**

**Tempo app:**

**ÂAMF medido de forma convencional:**

**ÂAMF medido pelo aplicativo:**

**Parte 0 – Autorização e experiência com aplicativos**

Você autoriza que as respostas a esse questionário sejam usadas, sem a sua identificação, para fins de pesquisa? SIM ( ) NÃO ( )

Você utiliza ou já utilizou algum aplicativo de celular (como Whatsapp ou Waze) ? SIM ( ) NÃO ( )

Você utiliza ou já utilizou algum aplicativo de celular para fins profissionais ou educativos?

SIM ( ) NÃO ( ). Se sim, qual ou quais?

---

Qual o sistema operacional do seu celular?

( ) Android ( ) IOS

**Parte 1 – Sobre a usabilidade e facilidade de aprendizagem da aplicação App ATJ.**

1) Eu acho que gostaria de usar este sistema frequentemente.

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

2) Eu achei o sistema desnecessariamente complexo.

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

3) Eu achei o sistema fácil para usar.

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

Totalmente

4) Eu acho que precisaria do apoio de um suporte técnico para ser possível usar este sistema.

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

5) Eu achei que as diversas funções neste sistema foram bem integradas.

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

6) Eu achei que houve muita inconsistência neste sistema.

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

7) Eu imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar esse sistema rapidamente.

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

8) Eu achei o sistema muito pesado para uso.

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

9) Eu me senti muito confiante em utilizar esse sistema.

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

10) Eu precisei aprender uma série de coisas antes que eu pudesse começar a utilizar esse sistema.

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

## **Parte 2 – Sobre a utilidade da App de planejamento de ATJs.**

11) O reconhecimento das linhas de corte ósseo dos ossos do fêmur e da tíbia, no plano coronal, poderá auxiliar o cirurgião quanto a tomada de decisões durante o planejamento em ATJs.

( ) Concordo ( ) Discordo ( ) Não sei responder

12) A medição do ângulo entre o eixo mecânico e entre o eixo anatômico do fêmur

pode ajudar na cirurgia quanto à escolha da angulação do guia de corte femoral quando se utiliza o guia intra-medular femoral.

Concordo  Discordo  Não sei responder

13) Acredito que a padronização através de um passo-a-passo proposto pelo app pode auxiliar no aprendizado de **residentes de Ortopedia e Traumatologia** quanto ao planejamento cirúrgico em ATJs

Contribui muito  Contribui  Contribui pouco  não contribui

14) Acredito que a padronização através de um passo-a-passo proposto pelo app pode auxiliar no aprendizado de **estagiários em Cirurgia do Joelho** quanto ao planejamento cirúrgico em ATJs

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 joelho** quanto ao planejamento cirúrgico em ATJs

Contribui muito  Contribui  Contribui pouco  não contribui

16) Me parece uma tecnologia útil para planejamento da cirurgia de ATJ.

Discordo Totalmente  Discordo  Indiferente  Concordo  Concordo Totalmente

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

Discordo Totalmente  Discordo  Indiferente  Concordo  Concordo Totalmente

### Parte 3 – Questões abertas

18) Você acha que o app pode ter utilidade em seu dia-a-dia ?

Sim  Não. Por quê?

---

---

19) Quais os pontos positivos, negativos e sugestões sobre a aplicação que você usou?

pontos positivos:

---

pontos negativos:

---

sugestões:

---

**APÊNDICE C - TUTORIAL. PROPOSTO COM INTENÇÃO DE EXPLICAR DE FORMA SUMARIZADA O PASSO A PASSO ADOTADO PARA A METOLOGIA DE PLANEJAMENTO EM ATJ PROPOSTA. DISPONIBILIZADO AOS PARTICIPANTES DO TESTE DE USABILIDADE, QUE RECEBERAM EXPLICAÇÕES RESUMIDAS DA METOLOGIA PROPOSTA, ANTES DE UTILIZAREM O APLICATIVO**

**Marque os pontos:**

1. Centro da cabeça femoral
2. Centro do canal medular do fêmur
3. Centro do intercôndilo femoral
4. centro das espinhas tibiais
5. Centro do tornozelo



## Fotografe o RX:



1. Apague as luzes do ambiente
2. Incluir exatamente o comprimento total da película de RX. Nem mais, nem menos.
3. Ajuste o foco tocando na parte mais clara da imagem antes de tirar a foto.
  - O quê precisa está visível ?
    - Centro da Cabeça Femoral
    - Centro do tornozelo

## Como marcar os pontos:



Marque para movimentar o círculo de marcação, posicionando-o no local desejado.

Marque novamente para visualizar diferentes partes do exame de RX que não aparecem na tela

## Posicione a Linha branca no 1o ponto de contato ósseo - Fêmur



1o ponto de contato ósseo no fêmur de distal para proximal



Ponto de contato do guia de corte femoral

Suba a linha de corte ósseo até a posição desejada.



Espessura do componente femoral

EX: 8mm

Posicione a Linha no primeiro ponto de contato ósseo do platô tibial de proximal para distal.



Representa o ponto de contato do guia de corte tibial.

Desça o corte tibial até o desejado



Representa a quantidade de osso que se deseje ressecar.

Ex: 10mm a partir do lado menos consumido.



## APÊNDICE D - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

### Dados de identificação

Título do Projeto: USO DE APLICATIVO NO PLANEJAMENTO DE ARTROPLASTIAS TOTAIS DE JOELHO

Pesquisador Responsável: ABRAHÃO CAVALCANTE GOMES DE SOUZA CARVALHO

Instituição a que pertence o Pesquisador Responsável: CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS

Telefones para contato: (085) 988692461 - (085) 3082-0450 - (\_\_\_\_) \_\_\_\_\_

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

Mestrando: João Bosco Sales Nogueira. Telefone para contato: (085)997750000

Nome do voluntário: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ anos R.G. \_\_\_\_\_

Responsável legal (quando for o caso): \_\_\_\_\_

R.G. Responsável legal: \_\_\_\_\_

O Sr. (a) está sendo convidado(a) a participar do projeto de pesquisa “USO DE APLICATIVO NO PLANEJAMENTO DE ARTROPLASTIAS TOTAIS DE JOELHO” (nome do projeto), de responsabilidade do pesquisador ABRAHÃO CAVALCANTE GOMES DE SOUZA CARVALHO (nome).

**Especificar, a seguir, cada um dos itens abaixo, em forma de texto contínuo, usando linguagem acessível à compreensão dos interessados, independentemente de seu grau de instrução:**

O presente estudo apresenta uma metodologia padronizada, através de uma aplicação para dispositivos móveis, com finalidade de treinamento e de planejamento em cirurgias ATJ. Dessa forma, pretende-se oferecer aos cirurgiões, graduados ou em formação, uma ferramenta que facilite a rotina de planejamento cirúrgico, dispensando o uso de réguas, transferidores e lápis, o que pode simplificar e padronizar uma possível rotina de planejamento cirúrgico. Dessa forma este projeto tem o objetivo de desenvolver um aplicativo para dispositivos móveis para planejamento pré-operatório de cirurgias de Artroplastias Totais de Joelho. Espere-se que esses fatores diminuam as chances de complicações em ATJs.

Para a realização do estudo, como metodologia, foi composto um modelo inicial para a estrutura do aplicativo, inspirado nas necessidades supracitadas. O aplicativo apresenta uma tela inicial de boas vindas, em seguida memoriza a metodologia de planejamento cirúrgico para as artroplastias totais de joelho e a cada tela da sequência de planejamento oferece um menu de ajuda para o usuário solucionar eventuais dúvidas. O voluntário será convidado a utilizar o aplicativo simulando um planejamento de artroplastia total de joelho e ao final preencherá um questionário de usabilidade do aplicativo.

Esclareço que esta pesquisa não apresentam desconfortos ou riscos associados. Apenas a confiabilidade dos dados levantados que serão de inteira responsabilidade do pesquisador responsável. A pesquisa trará os benefícios de otimização do planejamento das artroplastias totais de joelho, 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 prejuízo à continuidade do tratamento

Eu, \_\_\_\_\_, RG no \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ declaro ter sido informado e concordo em participar, como voluntário, do projeto de pesquisa acima descrito. **Ou**

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

\_\_\_\_\_  
 Nome e assinatura do paciente 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.

**ANEXO A - RESULTADOS DA PARTE 0 E PARTE 1 (QUESTIONÁRIO SUS), QUE  
AVALIA A USABILIDADE DO APLICATIVO**

	Tipo	TemM	TempC	AngM	AngC	Qa	Qb	Qc	Qd	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
1	E	6'10"	5'00"	6	6	S	S	S	1	5	1	5	1	4	2	4	2	4	1
2	G	6'15"	3'22"	6	6	S	S	S	2	5	2	4	3	5	2	5	1	4	4
3	R	7'12"	2'30"	6	5	S	S	S	2	5	2	5	1	4	1	5	1	5	1
4	R	10'30"	2'20"	6	6	S	S	S	2	4	1	5	2	5	2	4	2	4	2
5	R	9'36"	2'41"	6	6	S	S	S	2	4	1	4	2	4	1	4	1	5	2
6	R	8'26"	3'30"	6	6	S	S	S	2	3	1	5	2	4	2	5	2	4	4
7	R	8'31"	3'44"	5	4	S	S	S	2	4	2	4	2	5	2	5	2	4	2
8	R	6'36"	2'36"	5	6	S	S	S	1	5	2	5	2	4	2	4	2	4	2
9	G	9'00"	2'18"	5	6	S	S	S	2	5	1	5	1	5	1	4	2	4	2
10	E	9'18"	2'36"	5	5	S	S	S	2	5	2	5	1	4	2	4	1	4	3
11	G	5'6"	2'7"	7	5	S	S	S	2	5	1	5	2	5	1	5	1	5	1
12	G	6'36"	3'35"	5	4	S	S	S	2	5	2	4	1	4	2	5	1	5	2
13	G	6'01"	2'34"	5	5	S	S	S	2	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1
14	E	6'32"	3'46"	5	5	S	S	S	2	5	1	5	1	5	1	5	1	5	2
15	E	7'15"	2'22"	5	5	S	N	N	1	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2
16	R	7'38"	2'32"	5	5	S	S	S	1	5	1	5	2	5	1	4	1	4	4
17	G	6'21"	2'36"	6	5	S	N	N	2	4	1	4	2	4	1	4	1	4	1
18	E	6'23"	2'53"	6	6	S	S	S	2	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1
19	G	8'15"	3'10"	5	5	S	S	S	2	5	1	4	3	5	2	4	1	4	1
20	E	4'04"	2'10"	6	5	S	S	S		5	2	4	2	4	2	4	2	5	2
21	R	6'22"	3'24"	5	5	S	N	N	2	5	1	5	1	4	1	5	1	5	1
22	G	6'15"	2'59"	5	5	S	S	S	2	4	1	4	2	4	2	4	2	4	2
23	E	5'36"	2'10"	5	5	S	S	S	2	4	2	5	2	4	2	5	1	4	1
24	E	9'36"	1'56"	5	5	S	S	S	2	5	2	4	4	4	2	4	2	4	4

Legenda: E (Ortopedista membro da SBCJ), G (Ortopedista não membro daSBCJ), R (Residente do terceiro ano de Ortopedia e Traumatologia). TemM (Tempo aferido durante a medição manual), TemC (tempo aferido com uso do aplicativo de celular), AngM (ÂAMF medido de forma manual), AngC (ÂAMF medido com uso do aplicativo de celular), Qa (autorização para fins de pesquisa), Qb (experiência prévia com aplicativos), Qc ((experiência prévia com aplicativos de fins educativos), Qd (Tipo de SO utilizado pelo usuário em seu dispositivo móvel). Q1 – Q10 ( Parte 1 – SUS).

Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17
1	1	1	1	1	5	5
1	1	1	1	2	4	5
1	1	1	1	2	4	5
1	1	2	2	2	4	4
1	1	1	1	1	5	4
1	1	1	1	1	5	5
1	1	2	2	2	2	4
1	1	1	1	1	4	4
1	1	1	1	1	5	5
1	1	1	1	1	5	4
1	1	1	1	1	5	5
1	1	1	1	1	5	5
1	1	1	1	1	5	5
1	1	1	1	1	5	5
1	1	2	2	2	4	4
1	1	2	2	2	4	5
1	1	1	1	1	4	5
1	1	2	2	1	5	5
1	1	1	1	1	5	4
1	1	1	1	2	5	4
1	1	1	1	2	5	3
1	1	1	1	1	4	4
1	1	2	2	2	4	3
1	1	1	1	1	4	4

Parte 2 (Questionário que avalia utilidade do aplicativo – TAM modificado). Q11-Q17 (questões 11 a 17).

Questão 18	Questão 19
Sim. Tornará mais prático e rápido o planejamento de ATJ.	Pos.: Praticidade Neg.:
Não, pois não realizo essa cirurgia.	Pos.: Praticidade fácil uso Neg.: Não sei informar Sug.: Não necessita de uso de dados
Sim, pois é de fácil acesso e simples uso. Agiliza o processo cirúrgico.	Pos.: Rapidez, Agilidade. Neg.: Interfere na conduta do cirurgião. Ex.: Sugestão de como deve ser feita a prótese.
Sim, facilita o planejamento dando agilidade no processo.	Pos.: Revisão dos principais pontos para atentar durante a cirurgia.
Sim, ajuda a fixar os conceitos para o planejamento adequado.	Pos.: Normatização do processamento
Sim, facilita a programação da ATJ	Pos.: Praticidade do aplicativo Neg.: Ícones ("bolinhas") de difícil precisão nos pontos anatômicos. Seg.: Talvez diminuir o tamanho das "bolinhas" e melhorar a precisão.
Sim, porque o passo a passo seguido pelo app reproduz a necessidade do planejamento sem que haja esquecimento de algum item.	Pos.: Fácil manejo Neg.: Fiquei com dificuldade de posicionar os pontos Sug.: A marcação dos pontos poderia ser mexendo na imagem ou de outro jeito, porque o dedo fica impedindo o posicionamento ideal.
Sim, porque facilita e uniformiza o planejamento cirúrgico.	Pos.: Facilidade, uniformidade e dicas.
Sim, facilita o cálculo dos ângulos e planejamento, sem necessidade de uso de régua e lápis.	Pos.: Facilidade de uso de rapidez. Neg.: Se possível, ampliação da imagem para marcação dos pontos. Sug.: Meu caso ter "dedo grande" que dificulta a precisão.
Sim, no planejamento cirúrgico e na educação do paciente.	Pos.: Rapidez na execução da programação operatória Sug.: Aumentar e diminuir o zoom da foto.
Sim, devido a correria do dia a dia muitas vezes confiamos demais na experiência e deixamos de fazer o planejamento cirúrgico.	Pos.: Ágil, limpo e simples. Neg.: Colocar "zoom" para facilitar fixar os pontos e ganhar tempo. Sug.: Facilitar ainda mais a facilidade de correr a imagem para cima e para baixo.
Sim, fácil utilidade.	Pos.: Facilidade.
Sim.	Pos.: Facilidade e praticidade Neg.: Não ter reprodutibilidade.
Sim.	Neg.: Precisão no ponto do aplicativo para fixar referencias.
Sim, pois possui praticidade e precisão.	Pos.: Praticidade. Negativo.: Nada. Sug.: Apresentar conceitos e situações sobre diferentes casos para utilização de prótese, além de apresentar as diferenças entre as próteses existentes.
Sim.	Pos.: Fácil utilização e praticidade.
Sim.	Pos.: Praticidade e facilidade. Neg.: A bolinha marcador muito grande. Sug.: Diminuir a bolinha.
Sim, pois permite planejamento em diversos momentos do dia a dia.	Neg.: Relação entre a monografia e angulação em que a foto é tirada. Sug.: Inserir algum método que *** a angulação e o posicionamento da câmera em relação ao raio x.
Sim, praticidade e Intuitividade.	Pos.: Praticidade Neg.: Ponto de marcação deveria ser menor.
Sim. Menor tempo para execução do planejamento	Pos.: Facilidade, menor tempo e praticidade. Sug.: Tive que voltar do início após erro, deveria poder voltar apenas um passo
Sim.	Pos.: Execução do app.
Sim. Medida mais rápida.	Pos.: Medida rápida Sug.: Zoom na imagem, contraste e Upload de imagens.
Sim, praticidade.	Pos.: Rapidez de planejamento. Neg.: Diminuir o tamanho do marcador da "bolinha".

## ANEXO B – GRÁFICOS DAS QUESTÕES

## QUESTÃO 13



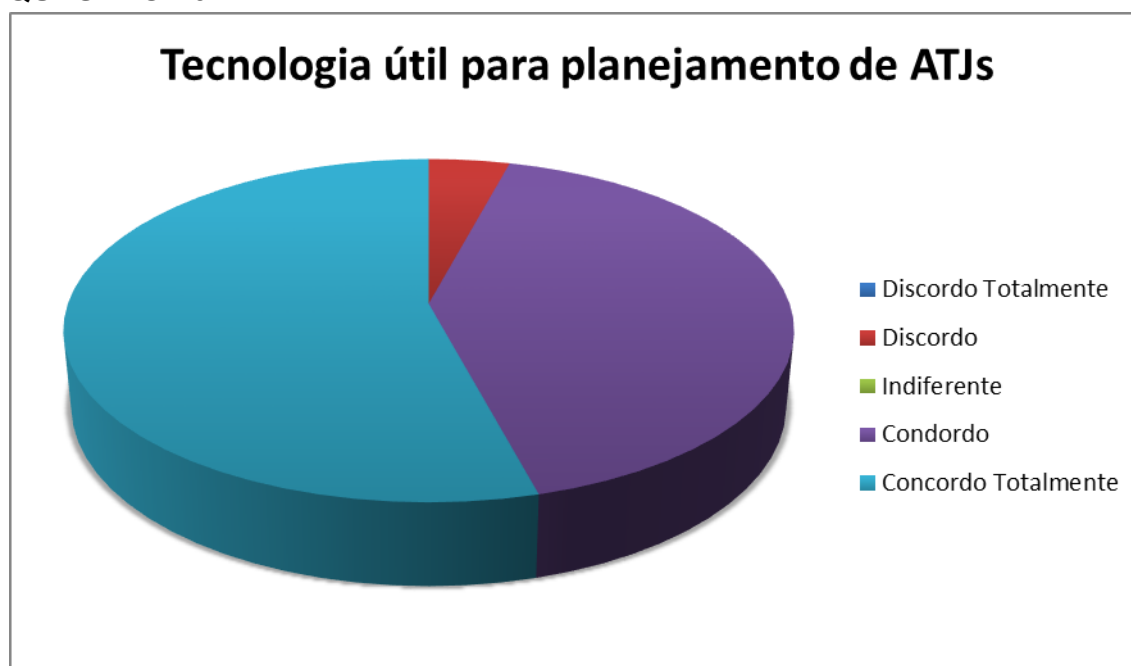
## QUESTÃO 14



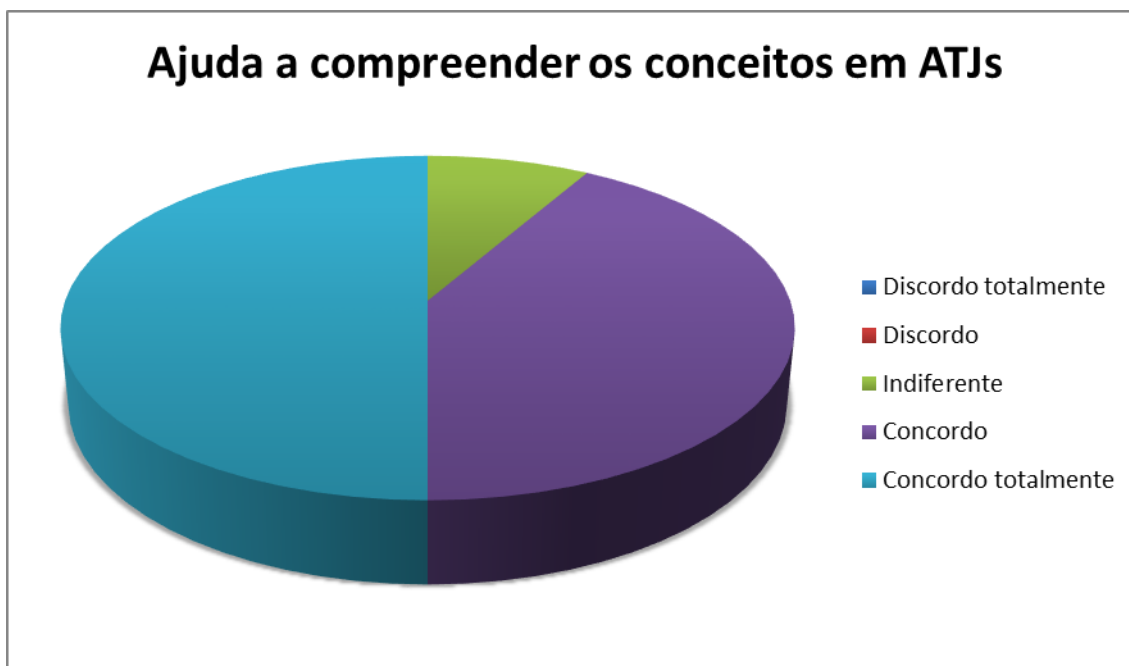
## QUESTÃO 15



## QUESTÃO 16



## QUESTÃO 17





## ANEXO C - APROVAÇÃO DO CONSELHO DE ÉTICA

CENTRO UNIVERSITÁRIO  
CHRISTUS - UNICHRISTUS



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** USO DE APLICATIVO NO PLANEJAMENTO DE ARTROPLASTIAS TOTAIS DE

**Pesquisador:** Abrahão Cavalcante Gomes de Souza Carvalho

**Área Temática:**

**Versão:** 4

**CAAE:** 59771816.8.0000.5049

**Instituição Proponente:** Instituto para o Desenvolvimento da Educação Ltda-IPADE/Faculdade

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 1.764.812

#### Apresentação do Projeto:

As doenças degenerativas do joelho têm-se tornado cada vez mais prevalentes, acompanhando, proporcionalmente, o aumento da expectativa de vida da população. O desenvolvimento de implantes mais resistentes e mais adaptados à anatomia humana, além do aperfeiçoamento da técnica cirúrgica e de adequações de técnicas de esterelização e de acondicionamento de materiais cirúrgicos têm tornado a artroplastia total do joelho (ATJ) uma das cirurgias mais realizadas no meio ortopédico (DONALDSON; JOYNER; TUDOR, 2015).

A ATJ tem muitos objetivos, estando entre os mais importantes: a restauração da mobilidade articular e a diminuição de dor (WIDMER; ZICH, 2015). Para a realização de uma ATJ bem sucedida é fundamental um planejamento cirúrgico pré-operatório adequado (FRCS; MRCS, 2003). A menor duração do procedimento cirúrgico e um maior tempo de sobrevida dos implantes tendem a ser favorecidos por um planejamento pré-operatório satisfatório (HOWCROFT et al., 2006) (MILLER; PURTILL, 2012).

A principal causa de insucesso em ATJs continua sendo, ao longo dos anos, o mau alinhamento dos componentes protéticos junto aos eixos mecânicos dos ossos do fêmur e da tibia (MOLICNIK; NARANDA; DOLINAR, 2015). Ele pode ser definido por uma variação maior do que três graus em relação ao ângulo formado entre o centro da cabeça femoral, o centro do joelho e o centro do tornozelo, o qual deve ser, idealmente, neutro (zero graus) (DANIILIDIS; TIBESKU, 2013) (DEAKIN;

**Endereço:** Rua João Adolfo Gurgel, 133

**Bairro:** xxx

**CEP:** 60.190-060

**UF:** CE

**Município:** FORTALEZA

**Telefone:** (85)3265-6668

**Fax:** (85)3265-6668

**E-mail:** fc@fchristus.com.br

Continuação do Parecer: 1.764.812

SARUNGI, 2014) (JEFFERY; MORRIS; DENHAM, 1991). O mau alinhamento em ATJ também leva a uma distribuição de força médio-lateral não fisiológica, causando sobrecarga sobre a superfície implante-osso e sobre o próprio osso, levando a osteólise e soltura precoce. (KUTZNER, 2012).

Existem vários métodos de estimativa do alinhamento ósseo, que incluem exame clínico, uso de tomografia computadorizada (TC), uso de ressonância magnética (RM), uso de radiografias convencionais de joelho (RCJ), uso de fluoroscopia intra-operatória e uso de navegação intra-operatória. O uso de radiografia panorâmica de membros inferiores (RPMI) é um método consagrado para a medição do alinhamento ósseo. (BABAZADEH et al., 2013).

Em um planejamento pré-operatório de uma ATJ comumente calcula-se o alinhamento anatômico e mecânico dos ossos do fêmur e da tíbia, a partir de exames de RPMI (CHERIAN et al., 2014). Dessa forma, para um planejamento cirúrgico seguro necessitamos identificar referências anatômicas, que servem como parâmetros para a estimativa do alinhamento anatômico e mecânico dos ossos do fêmur e da tíbia. Utilizam-se, rotineiramente, durante o planejamento manual pré-operatório, um lápis, uma régua, um transferidor e um negatoscópio, além do filme impresso de RPMI, para aferição desses parâmetros. Apesar disso, sabe-se que nem todos os Serviços especializados em Ortopedia e em cirurgia do joelho adotam uma metodologia padronizada de planejamento pré-operatório de ATJs e, muitas vezes, não utilizam em sua rotina exames RPMI com essa finalidade. Além disso, muitos cirurgiões não costumam ter a sua disposição todas as ferramentas adequadas para um planejamento cirúrgico, como réguas e transferidores, em ambientes como o centro cirúrgico e, até mesmo, no consultório médico.

Considerando-se os atuais recursos computacionais utilizados como ferramentas de suporte às práticas médicas, destaca-se o paradigma conhecido como mHealth, que consiste no uso dos recursos da computação móvel nas áreas da saúde (KAY; SANTOS; TAKANE, 2011). Quando aplicadas para favorecer os processos de ensino e aprendizagem, as tecnologias móveis proporcionam inúmeros benefícios, tais como: o incremento dos recursos para o aprendizado do aluno, a possibilidade de acesso aos conteúdos didáticos em qualquer lugar e a qualquer momento e o fornecimento de meios para o desenvolvimento de métodos inovadores de ensino (MARÇAL; ANDRADE; RIOS, 2005). Ao facilitar a integração entre o mundo real e o digital, a aprendizagem auxiliada por computação móvel (Mobile Learning ou m-learning) tem criado oportunidades para o desenvolvimento de novas estratégias de ensino em diferentes áreas (HWANG; LAI; WANG, 2015; MARÇAL et al., 2014; HWANG; WU, 2016).

**Endereço:** Rua João Adolfo Gurgel, 133

**Bairro:** xxx

**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: 1.764.812

**Objetivo da Pesquisa:**

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

Desenvolver uma metodologia padronizada, através de uma aplicação móvel, para o treinamento e planejamento de cirurgias de ATJ.

2.2 ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos desse trabalho de mestrado são:

- Padronizar uma forma de planejamento pré-operatório de ATJs, baseada no alinhamento mecânico neutro dos componentes protéticos, no plano frontal, a partir do uso de RPMI;
- Diminuir o tempo de planejamento de cirurgias ATJ, direcionando o cirurgião a uma metodologia reconhecidamente pré-definida;
- Propor um modelo sistematizado de treinamento em processos cirúrgicos de ATJ através de um método guiado;
- Testar o sistema móvel proposto com usuários reais e avaliar as vantagens e desvantagens do uso dessa tecnologia como ferramenta de suporte à prática e à educação médica.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

sem riscos e com benefícios

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

pesquisa interessante do ponto de vista prático e excelente para publicação

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

todos presentes

**Recomendações:**

sem recomendações

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

sem pendencias

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

**Endereço:** Rua João Adolfo Gurgel, 133

**Bairro:** XXX

**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: 1.764.812

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_753469.pdf	23/09/2016 09:01:19		Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	01/09/2016 08:48:40	Abrahão Cavalcante Gomes de Souza Carvalho	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_17_06_16.docx	09/08/2016 00:22:19	Abrahão Cavalcante Gomes de Souza Carvalho	Aceito
Brochura Pesquisa	PROJETO_17_06_16BOSCO.doc	09/08/2016 00:21:19	Abrahão Cavalcante Gomes de Souza Carvalho	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.doc	09/08/2016 00:16:24	Abrahão Cavalcante Gomes de Souza Carvalho	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

FORTALEZA, 28 de Setembro de 2016

---

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

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

CEP INSTITUTO PARA DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO LTDA IPADE  
CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS



Of. No. 120/16

Protocolo do CEP: 59771816.8.0000.5049

Pesquisador Responsável: Prof. Abrahão Cavalcante Gomes de Souza Carvalho

Título do Projeto: USO DE APLICATIVO NO PLANEJAMENTO DE ARTROPLASTIAS TOTAIS DE JOELHO

Levamos ao conhecimento de V. Sa que o Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto para Desenvolvimento da Educação LTDA – IPADE dentro das normas que regulamentam a pesquisa em seres humanos, do Conselho Nacional de Saúde – Ministério da Saúde, Resolução Nº 196 de 10 de outubro de 1996 e Resolução Nº 251 de 07 de agosto de 1997, publicadas no Diário Oficial, em 16 de outubro de 1996 e 23 de setembro de 1997, respectivamente, considerou **APROVADO** o projeto supracitado na reunião do dia 28 (vinte e oito) de setembro de 2016.

Outrossim, gostaríamos de relembrar que:

1. O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado.
2. O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP/Instituto para Desenvolvimento da Educação LTDA - IPADE, aguardando seu parecer, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de regime oferecido a um dos grupos da pesquisa que requeiram ação imediata.
3. O CEP/Instituto para Desenvolvimento da Educação LTDA - IPADE deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo.
4. Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP/Instituto para Desenvolvimento da Educação LTDA - IPADE de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificado e suas justificativas.
5. Relatórios parciais e finais devem ser apresentados ao CEP/Instituto para Desenvolvimento da Educação LTDA - IPADE ao término do estudo, período máximo 28/09/2017.

Fortaleza, 28 de setembro de 2016.

Olga Vale Oliveira Machado  
Coordenadora

CEP/Instituto para Desenvolvimento da Educação LTDA - IPADE

Campus Benfica  
Rua Pernambuco, 1920  
60315-051 - Fortaleza/CE  
Fone: 85.3214.3270 - Fax: 85.3214.8771

Campus Diniz Torres  
Rua Otávio Augusto, 630  
60735-460 - Fortaleza/CE  
Fone: 85.3257.2920 - Fax: 85.3257.1762

Campus D. Luis  
Av. Dom Luis, 91  
62160-210 - Fortaleza/CE  
Fone: 85.3457.5203 - Fax: 85.3457.5374

Campus Parque Ecológico  
Rua João Augusto Gomes, 183  
60742-195 - Fortaleza/CE  
Fone: 85.3265.8100 - Fax: 85.3265.8110