

SpinalTracking: Um aplicativo para rastreamento de patologias na coluna vertebral

Estephane M. Nascimento¹, João Dallyson S. de Almeida¹, Ana Sophia J. de C. Almeida¹,
Raul Franklim de C. Almeida¹, Anselmo C. de Paiva²,
Aristófanis C. Silva², Geraldo B. Junior²

¹Núcleo de Computação Aplicada – Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
São Luís – MA – Brasil

estephane.mn@discente.ufma.br, {jdallyson, geraldo, paiva, ari}@nca.ufma.br,
{sophiaalmeida2005, dr.raulalmeida}@gmail.com

Abstract. *The emergence of postural deviations that occur mainly in preference over 65 years and affect between 32 % and 68 % of this population, represents a public health problem with a profound impact on society. With this in mind, the present work is the development of the application called SpinalTracking, created to assist in the calculation of the Cobb angle, performed by a healthcare professional. This angle can be used to measure the degree of deviation of the spinal curvature, for deformities such as lordosis, kyphosis and scoliosis. The app achieved promising results, implemented a difference of at most 5° between the analyzes performed with the traditional method and those carried out with the app on X-ray images of the spine.*

Resumo. *O surgimento de desvios posturais que ocorrem principalmente em indivíduos com mais de 65 anos e afeta entre 32% e 68% desta população, representam um problema de saúde pública com profundo impacto na sociedade. Tendo isso em vista, o presente trabalho descreve o desenvolvimento do aplicativo denominado SpinalTracking, criado para auxiliar profissionais da saúde no cálculo do ângulo de Cobb. Tal ângulo pode ser utilizado para medir o grau de desvio da curvatura da coluna vertebral, para deformidades como lordose, cifose e escoliose. O aplicativo alcançou resultados promissores, apresentando uma diferença de no máximo 5° entre as análises feitas com o método tradicional e as realizadas com o aplicativo em imagens de Raio-X da coluna vertebral.*

1. Introdução

A coluna vertebral é formada por um conjunto de ossos que são chamados de vértebras, esse agrupamento garante a sustentação do peso do corpo, movimentação e proteção da medula espinal. O crescimento desregular da estrutura espinal proporciona o desenvolvimento de deformidades, que podem ocorrer em qualquer faixa etária. Dentre os tipos de malformações estão a escoliose, cifose e lordose. A SRS (Scoliosis Research Society) define escoliose como o desvio lateral da coluna medindo mais de 11° no plano coronal na radiografia em pé, [Pérez 2005]. Enquanto que a cifose possui como característica a projeção para frente dos ombros, pescoço e cabeça [Fabry 2002]. A lordose é caracterizada por um aumento na curvatura da coluna lombar e um incremento tanto na inclinação

anterior da pelve quanto na flexão do quadril[Prentice 2009]. Tendo em vista as deformidades citadas, é importante salientar a necessidade do acompanhamento postural como forma de prevenção do desenvolvimento de transtornos vertebrais mais graves. Logo, o presente trabalho tem como enfoque apresentar um aplicativo desenvolvido para auxiliar profissionais da saúde no rastreamento de deformidades na coluna vertebral.

Como métrica para realizar o acompanhamento da deformidade apresentada pelo paciente, foi utilizado o cálculo do ângulo de Cobb que é o ângulo formado pelas linhas paralelas às plaquetas superiores da vértebra limite superior e ao platô inferior da vértebra limite inferior. No entanto, e para conveniência da medição, é determinado medindo a complementaridade do ângulo formado pelas perpendiculares a essas duas linhas. Geralmente, há mais de uma curva, cada uma das quais deve ser medida e relatada. As vértebras limitantes são comparadas com as curvas adjacentes. Essa medida foi descrita por Cobb em 1948 e é o método universalmente aceito para quantificar o desvio no plano coronal[Pérez 2005].

Com o crescimento da utilização de *smartphones*, e com o avanço tecnológico, tornou-se possível criar novas ferramentas de suporte ao cálculo do ângulo de Cobb. Tal perspectiva, pode ser observada por meio da produção de aplicativos que possibilitam a realização dessa medição com o uso do celular. Tais aplicações serão apresentadas na seção 2.

O SpinalTracking, em sua primeira versão, diferencia-se de outros aplicativos, por unir tanto a funcionalidade do cálculo do ângulo de Cobb pelo uso do acelerômetro, quanto pela mensuração através do posicionamento de linhas em imagens de raio-x da coluna do paciente. Ademais, pode ser realizado o cadastro do profissional que irá utilizar a aplicação, para que esse possa introduzir os pacientes que serão acompanhados.

O aplicativo contribuirá para a facilitação do processo do cálculo do ângulo de Cobb pelo profissional da saúde. Dessa forma, com a utilização do SpinalTracking poderá ser feita a mensuração do grau de cada deformidade, necessitando apenas da aplicação instalada no celular e do raio-x das costas do paciente, isso poderá acelerar a obtenção dos resultados no cotidiano clínico. Somado a isso, como é possível salvar os resultados das medições realizadas, o profissional poderá ter todo o histórico dos pacientes de modo prático e acessível. O aplicativo também colabora na área computacional, devido ser a expressão da construção de um produto tecnológico, com base no desenvolvimento de software.

Além dessa seção o artigo está organizado em mais 4 seções. Na seção 2 são apresentados alguns trabalhos relacionados. A seção 3 contém a metodologia utilizada na construção do aplicativo. A seção 4 compreende os resultados e discussões. Por fim, a seção 5 abrange as conclusões e trabalhos futuros.

2. Trabalhos relacionados

Para realizar a verificação de trabalhos e produtos disponíveis, foram feitas pesquisas em bases como SciELO, Google Acadêmico e PubMed para encontrar artigos que possuíam a mesma linha de estudo, e também buscas em lojas de aplicativos como a Apple Store e a Play Store.

Por meio das pesquisas analisadas foi possível encontrar e selecionar os seguintes

trabalhos publicados, e aplicativos disponíveis:

1. Scodiac: Aplicativo para medição de deformidades da coluna vertebral e tronco, para calcular o ângulo de Cobb, rotação vertebral, rotação pélvica e outros. Os exames são realizados com linhas marcadas na imagem de raio-x da coluna vertebral fornecida pelo usuário. Este app é disponibilizado gratuitamente para aparelhos com android;
2. CobbMeter: Aplicativo desenvolvido para medir o ângulo de Cobb, o ângulo de cifose e a inclinação sacral em radiografias da coluna vertebral. Este aplicativo está disponível na Apple Store por R\$ 49,90 atualmente. Possui como funcionalidade a realização do cálculo do ângulo de Cobb através dos valores fornecidos pelo acelerômetro do iphone. O desenvolvimento do trabalho está exposto no artigo [Jacquot et al. 2012]. Esse aplicativo foi analisado também por [Mazzuia et al. 2015];
3. Scolioauge: É um aplicativo disponibilizado na loja de aplicativos da Apple; esse aplicativo foi exposto no artigo [Franko et al. 2012], estudo que objetivou validar o aplicativo scolioauge comparando os resultados para leituras simultâneas de um escoliómetro padrão;
4. Tiltmeter: É um aplicativo para IOS, que coleta a inclinação do aparelho através do acelerômetro e está disponível por R\$ 12,94, atualmente. Esse aplicativo foi analisado por [Shaw et al. 2012].

Tendo em vista os trabalhos citados, observou-se que os aplicativos analisados que estão disponíveis na Apple Store (Tiltmeter, Scolioauge e CobbMeter) são pagos e não possuem forma de armazenar as medições realizadas diretamente no *app*. O Scodiac também não possibilita o armazenamento dos exames. No entanto, todos os aplicativos e trabalhos estudados apresentam bons resultados no objetivo que cada um propõe alcançar.

O SpinalTracking diferencia-se justamente por possuir um módulo de armazenamento datado dos exames realizados por paciente, ou seja é possível ver todas as medições realizadas para cada paciente adicionado à aplicação, o que proporciona acompanhamento histórico do tratamento do paciente. Além disso, na versão atual, o aplicativo engloba tanto a funcionalidade de marcação de linhas no raio-x da coluna vertebral, oferecida pelo Scodiac, quanto a medição com o acelerômetro feita pelo CobbMeter.

3. Metodologia

Para o desenvolvimento do aplicativo foram consideradas três etapas, sendo elas a análise e delimitação das funcionalidades que o *app* deveria apresentar, seguido pela produção do aplicativo, e por fim os testes. Para a primeira etapa, foram realizadas reuniões com um médico ortopedista, com o objetivo de conhecer quais as necessidades que o aplicativo precisaria englobar. Por conseguinte, realizou-se a implementação do aplicativo, com a utilização do *Framework* Flutter e outras ferramentas. Quanto a validação, foram feitos testes pela equipe do aplicativo.

3.1. Levantamento dos Requisitos

O aplicativo foi criado com o intuito de auxiliar os profissionais da saúde relacionados a análise e acompanhamento de desvios da coluna vertebral, tendo isso em vista, tem-se que

o público alvo são os especialistas pertencentes a área citada. Com base nessa delimitação do grupo de usuários foram levantados os requisitos.

Para a construção do aplicativo foram realizadas reuniões com um médico ortopedista para analisar quais deformidades seriam o objeto de estudo e as funcionalidades da aplicação. Obteve-se como funcionalidades necessárias a criação de um módulo para cadastro do usuário realizado internamente na aplicação ou por meio da conta do Google. Além disso, deveria ser disponibilizado em dois idiomas inglês ou português, dependendo do idioma usado no celular. O acompanhamento dos pacientes, deveria ser feito através da realização e armazenamento datado de cada exame, por fim as funcionalidades principais, disponíveis na versão 1.0, são as duas formas de realizar a medição do ângulo de Cobb, por meio da obtenção da inclinação do *smartphone*, posicionado na vértebra analisada no raio-x, usando o acelerômetro e da marcação de linhas na imagem de raio-x adquirida.

3.2. Produção do Aplicativo

Após definir quais funcionalidades a aplicação deveria possuir, fez-se indispensável a busca por mecanismos que auxiliassem na construção do aplicativo.

3.2.1. Ferramentas Utilizadas

Optou-se pela utilização do *Framework* Flutter que usa a linguagem Dart, ele foi criado pelo Google para desenvolvimento *mobile*, *desktop* e *web*. Para realizar a codificação foi utilizada a *IDE* Visual Studio Code, editor de código no qual foi realizada a integração com o SDK (kit de desenvolvimento de software) do Flutter.

Além das ferramentas citadas, para o armazenamento de dados foram utilizadas o Firebase e o SQLite. O Firebase é um (*Backend as a Service*) que foi desenvolvido para auxiliar na construção de aplicativos mais eficientes, em relação a aplicação ele foi utilizado para armazenar os dados em nuvem usando a funcionalidade do Cloud firestore (Banco *NoSQL*) dentro do Firebase. Para armazenar os dados internamente utilizou-se o SQLite que é um mecanismo de banco de dados SQL embutido.

3.2.2. Estrutura do Aplicativo

Para a construção do aplicativo foram utilizados *widgets* do Flutter para a criação da interface, sendo que esta foi relacionada com o restante do programa através da adoção do Padrão BLoC (Business Logic Component), que tem como característica a separação da interface das regras de negócio. Para realizar a persistência dos dados foram utilizados o SQLite e o Cloud Firestore. Tal estruturação pode ser observada na Figura 1.

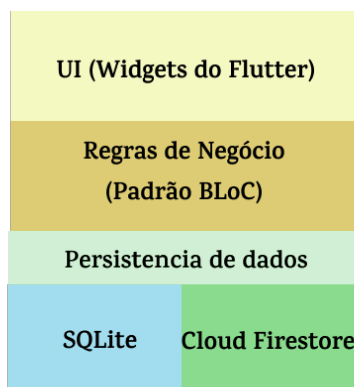


Figura 1. Arquitetura do aplicativo

3.2.3. Funcionalidades

A versão atual da aplicação foi desenvolvida tendo como principal objetivo a construção de dois módulos para cálculo do ângulo de Cobb. Para possibilitar o acesso e o armazenamento consistente dos dados fornecidos à aplicação, também foram implementadas as funções de cadastro e persistência dos exames realizados, juntamente com seus resultados.

Para utilizar a aplicação é necessário primeiramente realizar um cadastro. No *app* existem duas formas de realiza-lo, através do cadastro interno, ou pela conta do Google. Ao aceitar os termos de uso e concluir o cadastro, o profissional poderá adicionar pacientes, começar a realizar exames e monitorar o desenvolvimento da deformidade apresentada por cada paciente. A tela inicial, de login e cadastro interno estão respectivamente na Figura 2, enquanto que o menu, a tela para adição de pacientes e a tela para realização e verificação dos exames realizados são apresentadas na Figura 3.



Figura 2. Telas iniciais

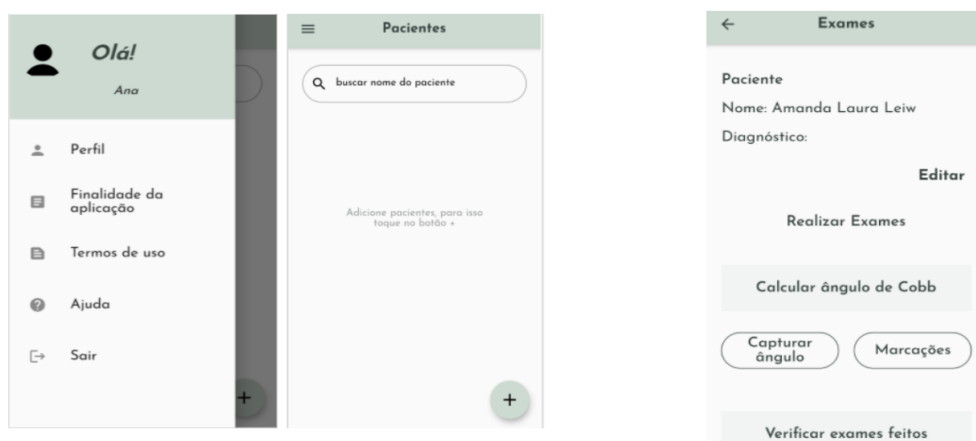


Figura 3. Telas Gerais

A primeira forma de realizar a medição do grau de deformidade da coluna é denominada de "Medição". O cálculo consiste no uso do acelerômetro do celular que fornece dados sobre a angulação do aparelho. Esses dados passam por transformações matemáticas para serem entendidos como ângulos e depois calculados com base no método de Cobb. Tendo em vista o modo de utilização, o profissional deverá posicionar primeiramente o smartphone na vértebra superior que deseja medir e selecioná-lo como primeiro ângulo, em seguida, realizar o mesmo procedimento para a vértebra inferior que será medida, selecionando-a como segundo ângulo. Após verificar o resultado, caso deseje, pode salva-lo. O profissional poderá visualizar os exames realizados posteriormente. A tela de aferir o ângulo de Cobb e visualização de exames estão respectivamente na Figura 4.



Figura 4. Funcionalidade Medição.

A segunda funcionalidade foi nomeada de "Marcação de Linhas", através dela é possível posicionar duas linhas na imagem de raio-x da coluna vertebral do paciente ou imagem das costas do paciente. O especialista carrega a imagem da galeria ou adquire a imagem utilizando a câmera do dispositivo, então ela será mostrada na tela de marcações. Após esse processo, deve-se posicionar as linhas nas vértebras superior e inferior, então o aplicativo calculará o ângulo de Cobb, o exame poderá ser salvo, e um novo exame pode ser feito. As funções de obter imagem da galeria, tirar uma foto, salvar o exame e criar um novo, ficam dispostas em uma barra inferior. Também é possível verificar o exame com as linhas marcadas na tela construída para vê-los. A tela de realização do exame está ilustrada na Figura 5.

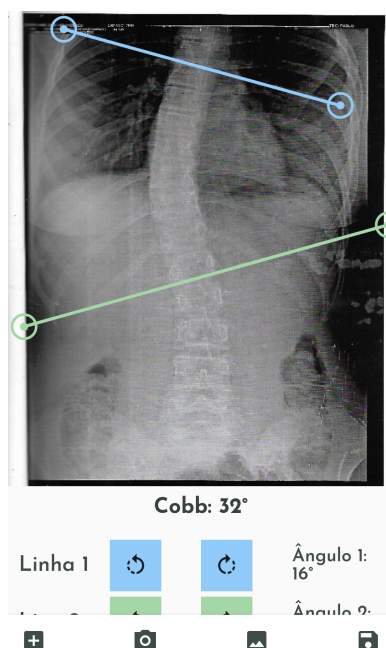


Figura 5. Funcionalidade Marcação de Linhas.

3.3. Realização dos testes

Para a realização dos testes foi utilizado um conjunto de imagens composto por 6 imagens. As radiografias usadas foram do tipo anteroposterior (AP), e já possuíam as marcações de cada vértebra que deveria ser analisada, sendo necessário somente utilizar o aplicativo para obter as medições e compara-las com o ângulo fornecido como correto. Para a funcionalidade de medições é necessário posicionar o *smartphone* no exame de raio-x, na primeira vértebra marcada pelo especialista, registrar o ângulo e realizar o mesmo procedimento para a vértebra inferior selecionada, ao final da medição o resultado foi salvo. Quanto a segunda funcionalidade, foi preciso fornecer a imagem de raio-x das costas do paciente e realizar as marcações com as linhas contidas no aplicativo, após as marcações os resultados foram salvos. É importante salientar que as mesmas imagens foram usadas para teste de ambas as funcionalidades.

4. Resultados e Discussões

Esta seção apresenta e discute os resultados obtidos através dos testes realizados com as duas funcionalidades exploradas.

4.1. Resultados da funcionalidade Medição

Após a realização dos testes para a funcionalidade de Medição, foi feita a comparação entre as medidas obtidas com o goniômetro (instrumento que mede um ângulo ou permite que um objeto seja girado para uma posição angular precisa), feitas com o método tradicional do cálculo do ângulo de Cobb e as realizadas com o celular. Os resultados alcançados estão expostos na Tabela 1, sendo que na segunda coluna encontram-se os resultados das medições realizadas tradicionalmente com o goniômetro e na terceira coluna as medições feitas pelo SpinalTracking utilizando os dados do acelerômetro.

Tabela 1. Resultados das medições em imagens de raio-x com o uso do goniômetro e da funcionalidade medições.

| Imagens | Goniômetro | Medições no aplicativo |
|---------|------------|------------------------|
| A | 35° | 39° |
| B | 30° | 30° |
| C | 80° | 82° |
| D | 70° | 74° |
| E | 32° | 32° |
| F | 48° | 52° |

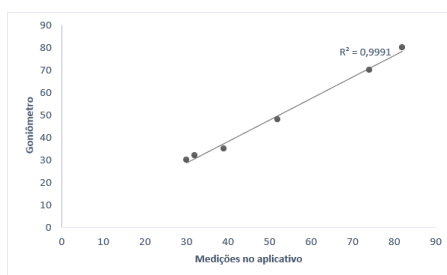


Figura 6. Gráfico de dispersão com a comparação entre as medições feitas com o goniômetro e com a funcionalidade medições.

Através das medições é possível verificar que entre o método tradicional e a utilização do SpinalTracking houve pouca variação no grau do ângulo calculado, visto que, estão entre 0° e 4°, configurando-se como um intervalo aceitável, considerando que existe diferença entre medição entre especialistas [Godinho et al. 2011]. Essa variação está expressa na Figura 6 que também demonstra pouca diferença entre os resultados das medições com os dois métodos analisados.

4.2. Resultados da funcionalidade Marcação de linhas

Através dos testes realizados, foi possível obter resultados promissores para a funcionalidade de marcação de linhas, tais dados podem ser observados na Tabela 2, na qual a segunda coluna apresenta os ângulos obtidos com o goniômetro e a terceira coluna apresenta as medições através da marcação de linhas no aplicativo.

Tabela 2. Resultados das marcações em imagens de raio-x com uso do goniômetro e da funcionalidade marcação de linhas

| Imagens | Goniômetro | Marcações com linhas no aplicativo |
|---------|------------|------------------------------------|
| A | 35° | 30° |
| B | 30° | 30° |
| C | 80° | 80° |
| D | 70° | 66° |
| E | 32° | 28° |
| F | 48° | 52° |

Como pode ser observado na Tabela 2, as imagens possuem pouca variação em relação a medição com o aplicativo e o método tradicional. Tal constatação pode ser

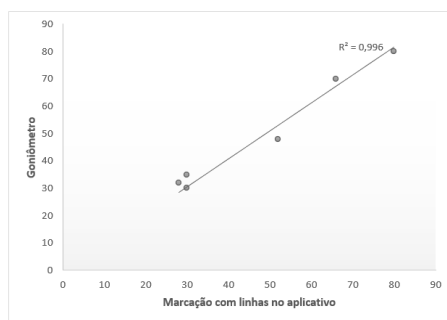


Figura 7. Gráfico de dispersão com a comparação entre as medições feitas com o goniômetro e com a funcionalidade marcações de linhas.

observada também na Figura 7, na qual é possível observar um bom grau de correlação entre as medições.

Para ampliar os resultados ainda é preciso fazer mais testes e realizar a análise não somente das funcionalidades evidenciadas como também do aplicativo de modo geral.

Tendo em vista os trabalhos relacionados apresentados na Seção 2 pode-se inferir que em comparação ao uso do aplicativo Scodiac e a funcionalidade de marcação de linhas do SpinalTracking, este último possui medidas compatíveis com o Scodiac. Quanto a funcionalidade de medições, não foi possível compará-la com nenhum dos *apps* análogos mencionados na Seção 2, visto que, não foi possível ter acesso aos aplicativos. No entanto, os resultados obtidos com ambas funções são promissores, indicando que o aplicativo desenvolvido pode auxiliar os especialistas na detecção e no acompanhamento do tratamento de deformidades da coluna vertebral.

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

Este trabalho teve como objetivo apresentar o aplicativo SpinalTracking, desenvolvido para auxiliar no cálculo do ângulo de Cobb e possibilitar através dos exames feitos no *app*, a realização do acompanhamento da deformidade de cada paciente, pelo profissional que conduz o tratamento.

O aplicativo conseguiu unir funcionalidades existentes em outras aplicações, mas que são oferecidas separadamente, além disso, acrescentou a função de acompanhamento da deformidade para auxiliar os profissionais no tratamento dos pacientes.

Para este projeto pretende-se, ainda, como forma de trabalho futuro, desenvolver a funcionalidade de detecção e medição automática das anomalias da coluna vertebral, com base em técnicas de processamento de imagem e aprendizado de máquina, além disso, pretende-se realizar mais testes e verificar a utilização do aplicativo pelos profissionais, relacionados ao tratamento de deformidades na coluna vertebral, para validar a utilização do aplicativo.

6. Agradecimentos

Os autores desejam expressar seus agradecimentos ao apoio financeiro concedido pela CAPES (Finance code 001), CNPQ e FAPEMA para o desenvolvimento desta pesquisa.

Referências

- Fabry, G. (2002). *Leerboek kinderorthopedie*. Garant.
- Franko, O. I., Bray, C., and Newton, P. O. (2012). Validation of a scoliometer smartphone app to assess scoliosis. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 32(8):e72–e75.
- Godinho, R. R. d. S., Ueta, R. H. S., Curto, D. D., Martins, D. E., Wajchenberg, M., and Puertas, E. B. (2011). Mensuração da curva escoliótica pela técnica de cobb intraobservadores e interobservadores e sua importância clínica. *Coluna/Columna*, 10:216–220.
- Jacquot, F., Charpentier, A., Khelifi, S., Gastambide, D., Rigal, R., and Sautet, A. (2012). Measuring the cobb angle with the iphone in kyphoses: a reliability study. *International orthopaedics*, 36(8):1655–1660.
- Mazzuia, A. R. d. O., Machado, D. R., Fukumothi, D. K., Nunes, L. F. B., Tucci Neto, C., Jorge, H. M. d. H., Ortiz, R. T., and Mattos, C. A. d. (2015). Uso de aplicativo de iphone para ângulo de cobb na escoliose idiopática do adolescente: É aplicável? *Coluna/Columna*, 14(2):101–104.
- Pérez, F. G. (2005). Monografía seram. radiología ortopédica y radiología dental: una guía práctica, fm tardáguila montero, jl del cura rodríguez, ed. médica panamericana sa, madrid (2005), 136 págs.
- Prentice, W. E. (2009). *Fisioterapia na prática esportiva*. AMGH Editora.
- Shaw, M., Adam, C. J., Izatt, M. T., Licina, P., and Askin, G. N. (2012). Use of the iphone for cobb angle measurement in scoliosis. *European Spine Journal*, 21(6):1062–1068.