



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro Biomédico

Faculdade de Ciências Médicas

Michelline Joana Tenório Albuquerque Madruga Mesquita

Método computacional para detecção automatizada do estrabismo

Rio de Janeiro

2018

Michelline Joana Tenório Albuquerque Madruga Mesquita

Método computacional para detecção automatizada do estrabismo

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Mac Cord Medina

Coorientador: Prof. Dr. Jorge Antônio Meireles Teixeira

Rio de Janeiro

2018

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CB-A

M582 Mesquita, Michelline Joana Tenório Albuquerque Madruga.

Método computacional para detecção automatizada do estrabismo / Michelline Joana Tenório Albuquerque Madruga Mesquita. – 2018.

72 f.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Mac Cord Medina

Coorientador: Prof. Dr. Jorge Antônio Meireles Teixeira

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Ciências Médicas. Pós-graduação em Ciências Médicas.

1. Estrabismo – Teses. 2. Oftalmologia – Tese. 3. Ambliopia. 4. Músculos oculares. 5. Diagnóstico por computador. 6. Software - Teses. I. Medina, Flávio Mac Cord. II. Teixeira, Jorge Antônio Meireles. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Ciências Médicas. IV. Título.

CDU 617.758.11

Bibliotecária: Thais Ferreira Vieira – CRB7/5302

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Michelline Joana Tenório Albuquerque Madruga Mesquita

Método computacional para detecção automatizada do estrabismo

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 18 de Junho de 2018.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Mac Cord Medina

Faculdade de Ciências Médicas - UERJ

Coorientador: Prof. Dr. Jorge Antônio Meireles Teixeira

Universidade Federal do Maranhão

Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Luiz Muniz Bandeira Duarte

Faculdade de Ciências Médicas - UERJ

Prof. Dr. Luiz Fernando Regis- Pacheco

Faculdade de Ciências Médicas - UERJ

Prof. Dr. João Dallyson Sousa de Almeida

Universidade Federal do Maranhão

Rio de Janeiro

2018

DEDICATÓRIA

A Deus, que sempre esteve ao meu lado nesta jornada, me trazendo paz e perseverança nos momentos difíceis. Aos meus pais, Joberlita e José Wagner, por tudo que fizeram por mim ao longo da vida, que sempre me apoiaram e estimularam na minha formação. Ao meu querido irmão, Wagner, que sempre me dá forças para vencer as dificuldades da vida. Aos presentes de Deus em minha vida, meus filhos, Joana e Jorge Wagner, que souberam compreender as minhas ausências. Ao meu esposo Jorge, pela paciência e apoio em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar meu caminho e me dar forças para seguir sempre em frente.

Aos meus pais pela educação base para minha vida e apoio nos meus estudos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Flávio Mac Cord Medina por sua dedicação, paciência, sensibilidade e apoio ao longo desta jornada.

Ao meu coorientador e esposo Prof. Dr. Jorge Antônio Meireles Teixeira, agradeço pelo apoio nos momentos difíceis e pela confiança depositada em todos os momentos, sempre me fazendo acreditar que chegaria ao final desta difícil etapa.

A Profa. Rita Carvalhal, agradeço pelo apoio incansável e paciente em todas as etapas vencidas.

A todos os pacientes que participaram espontaneamente deste trabalho. Por causa deles é que esta dissertação se concretizou.

A todos os docentes, pela sabedoria compartilhada nas disciplinas obrigatórias e eletivas.

Aos amigos do Mestrado, pelos momentos divididos juntos de angústias e alegrias. Foi bom contar com vocês.

E a todos aqueles que de alguma forma contribuiriam para esta dissertação tornar-se realidade, o meu MUITO OBRIGADO.

Todas as vitórias ocultam uma abdicação.

Simone de Beauvoir

RESUMO

MESQUITA, Michelline Joana Tenório Albuquerque Madruga. *Método computacional para detecção automatizada do estrabismo*. 2018. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Médicas) – Faculdade de Ciências Médicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

O Estrabismo caracteriza-se pelo desvio do alinhamento binocular, referenciado na literatura como a principal causa de ambliopia e uma das alterações oculares mais comuns na infância. A ambliopia é um problema de saúde pública, ao aumentar o risco de cegueira ao longo da vida, influenciar no bem-estar, aprendizagem e autoconfiança do paciente, além de acarretar uma diminuição da produtividade e aumento dos custos no tratamento com o passar dos anos. Também é a principal causa de baixa de acuidade visual na infância e a terceira mais comum em adultos. O estrabismo é a maior causa de ambliopia e o diagnóstico e tratamento precoce dele é um dos fatores para melhoria da baixa da acuidade visual unilateral nos indivíduos adultos. No entanto, a carência mundial de médicos especialista em estrabismo, é um dos fatores para persistência de pacientes sem diagnóstico, tratamento e manutenção da baixa de visão na vida adulta. Estudou-se a concordância do diagnóstico de estrabismo por um software desenvolvido para este fim com a do oftalmologista especialista na área. Para tanto foi realizado rastreamento em duzentas e vinte e quatro crianças e adolescentes na faixa etária de 5 a 15 anos, com a tomada e análise de uma fotografia dos olhos do paciente, utilizando para tanto o software desenvolvido para dispositivo móvel com sistema Android. Para fins comparativos do diagnóstico, todos os referidos pacientes foram submetidos à avaliação clínica do oftalmologista, através da análise dos desvios oculares pelo método de cover simples e prisma e cover alternado. Para a avaliação dos resultados foram utilizadas medidas fracionadas, dois pontos de corte de 5,9 e 10,9 dioptrias prismáticas (DP). Os resultados foram comparados quanto as suas concordâncias, no ponto de corte de 5,9 DP foi considerado regular, com Kappa igual a 0,44 (IC95%= [0,32; 0,56]) e estatisticamente significativa ($p < 0,0001$). No ponto de corte de 10,9DP resultado semelhante com Kappa igual a 0,48 (IC 95%= [0,35; 0,61]), e também estatisticamente significativa ($p < 0,042$). Foi evidenciado o ponto de corte de 5,9 DP como opção de escolha para triagem por este software, visto que neste corte só houve a perda de dois pacientes estrábitos, enquanto no de 10,9 DP a perda foi de cinco pacientes no universo de duzentos e vinte e quatro. Estes resultados mostram-se promissores para utilizar este software como método de rastreamento de pacientes com estrabismo.

Palavras-chave: Prevenção Primária. Rastreamento. Diagnóstico. Estrabismo. Software.

ABSTRACT

MESQUITA, Michelline Joana Tenório Albuquerque Madruga. *Computational Method for Automated Detection of Strabismus*. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Médicas) – Faculdade de Ciências Médicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

Strabismus is characterized by the deviation of binocular alignment, which is referred to in the literature as the main cause of amblyopia, and one of the most common ocular changes in childhood. Amblyopia is a public health problem that enhances the risk of blindness throughout life and influences the patient's well-being, learning capacity and self-confidence, as well as reducing productivity, and increasing treatment costs over the years. Amblyopia is also the main cause of low visual acuity in childhood, and the third most common in adults. Strabismus is the major cause of amblyopia. Early diagnosis and treatment of strabismus is one of the measures that improve unilateral visual acuity in adults. That said, the lack of strabologists worldwide is one of the factors that prevent patients from correctly diagnosing and treating the condition, with a consequent risk of low eyesight quality in adult life. This study analysis the statistical concordance of the strabismus diagnosis between a software developed for this purpose and a strabologist. Two hundred and twenty-four children and teenagers, ranging from 5 to 15 years old, were screened via a picture of the eye, and analyzed for the presence strabismus using a software developed for multifunctional mobile device running android system. For comparison purposes of the diagnosis, all the subject patients underwent a clinical evaluation by an ophthalmologist via the analysis of the ocular deviations through the method of simple cover, and alternated prism and cover. Fractional measurements were utilized to evaluate the results with two cut-off points at 5.9 and 10.9 prism diopters (DP). They were compared on the basis of their statistical concordances, being considered regular Kappa when equal to 0.44 (95% CI = 0.32, 0.56); statistically significant ($p < 0.0001$) at the cut-off point of 5.9 DP; and Kappa equal to 0.48 (95% CI = 0.35, 0.61) and statistically significant ($p < 0.042$) at 10.9 DP. The cut-off point of 5.9 SD was chosen as gold standard for software screening, as at this cut-off point only two patients with strabismus were misdiagnosed; while at the 10.9 PD cut-off point the misdiagnose of patients was five amongst two hundred and twenty-four patients. These results support the use of the discussed software as a screening method for patients with strabismus.

Key words: Primary Prevention, Mass Screening, Diagnosis, Strabismus, Software

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Imagem real.....	27
Figura 2 - Imagem trabalhada pelo método de Canny, em três momentos	27
Figura 3 - Imagem trabalhada pelo software com a Transformada de Hough sendo utilizada para localizar o limbo. (a) Mapa de bordas gerado após a aplicação do método de Canny. (b) Localização do círculo utilizando a transformada de Hough. (c) Localização do limbo.....	28
Figura 4 - Metodologia usada pelo software	29
Foto 1 -(A) Teste de Cobertura Simples (Cover Simples); (B) Teste de Prisma e Cobertura Alternada (Teste de Prisma e Cover Alternado)	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Medidas descritivas e análise de significância* dos desvios horizontais e verticais do globo ocular de escolares e pacientes do ambulatório de motilidade ocular de 5 a 15 anos de idade (n=224) com e sem estrabismo segundo rastreamento realizado por oftalmologista e software®, de acordo com o ponto de corte, São Luís, Maranhão, Brasil, em 2017.....	36
Tabela 2 - Frequência de estrabismo entre escolares e pacientes do ambulatório de motilidade ocular de 5 a 15 anos de idade (n=224) segundo rastreamento realizado por oftalmologista e software, de acordo com ponto de corte, São Luís, Maranhão, Brasil, em 2017.....	37
Tabela 3 - Análise de concordância da frequência de estrabismo entre escolares e pacientes do ambulatório de motilidade ocular de 0 a 15 anos de idade (n=224) entre o rastreamento realizado por oftalmologista e software® com o ponto de corte de 5,9 DP, São Luís, Maranhão, Brasil, em 2017.....	37
Tabela 4 - Análise de concordância da frequência de estrabismo entre escolares e pacientes do ambulatório de motilidade ocular de 0 a 15 anos de idade (n=224) entre o rastreamento realizado por oftalmologista e software® com o ponto de corte de 10,9 DP, São Luís, Maranhão, Brasil, em 2017.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAP	Academia Americana de Pediatria
AAPOS	Associação Americana de Oftalmologia Pediátrica e Estrabismos
ACS	Agentes Comunitários de Saúde
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CAD	Detecção Assistida por Computador
CADx	Diagnóstico Assistido por Computador
CBO	Conselho Brasileiro de Oftalmologia
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CNS	Conselho Nacional de Saúde
DH	Limbo Horizontal
DP	Dioptrias Prismáticas
DV	Limbo Vertical
ET	Esotropias
HT	Hipertropias
HUUFMA	Hospital Universitário da Universidade Federal do Maranhão
IAPB	Agência Internacional para Prevenção da Cegueira
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia Estatística
K	Índice Kappa
MEC	Ministério da Educação
MS	Ministério da Saúde
OD	Olho Direito
OE	Olho Esquerdo
OMS	Organização Mundial de Saúde
PBA	Programa Brasil Alfabetizado
PNS	Pesquisa Nacional de Saúde
POB	Projeto Olhar Brasil
PSE	Programa Saúde na Escola
ROP	Retinopatia de Prematuridade
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
XT	Exotropias

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	12
1	OBJETIVOS	23
1.1	Geral	23
1.2	Específicos	23
2	MÉTODOS	24
2.1	Tipo de estudo	24
2.2	Local e período	24
2.3	População de estudo	24
2.4	Tamanho amostral	24
2.5	Metodologia para coleta dos dados	25
2.5.1	<u>Metodologia usada pelo software</u>	25
2.5.2	<u>Metodologia usada pelo oftalmologista especialista em estrabismo</u>	31
2.5.3	<u>Metodologia de execução do trabalho</u>	32
2.5.4	<u>Critérios de inclusão e exclusão</u>	33
2.6	Análise estatística	33
2.7	Aspectos éticos	34
3	RESULTADOS	35
4	DISCUSSÃO	39
	CONCLUSÃO	42
	REFERÊNCIAS	43
	APÊNDICE A - Ficha de Triagem e Avaliação do Paciente	50
	APÊNDICE B - Formato Final do Artigo Científico	52
	ANEXO A - Parecer Consubstanciado do CEP	63
	ANEXO B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	68
	ANEXO C - Termo de Csentimento do Menor (5-11 anos)	70
	ANEXO D - Termo de Csentimento do Menor (12-15 anos)	71
	ANEXO E - Comprovação de Submissão do Artigo Científico	72

INTRODUÇÃO

O olho humano é o órgão responsável pela visão, é fotossensível e apresenta um alto grau de evolução. Ocupa cerca de um terço da cavidade orbital, sendo formado por três túnicas concêntricas: Túnica externa (fibrosa), constituída pela córnea e esclera; túnica uveal (túnica média, vascular ou pigmentar), formada pela coroide, corpo ciliar e íris; túnica interna (neural) constituída pela retina e neuroepitélios pigmentar e não pigmentar, que se comunica com o cérebro pelo nervo óptico. Possui três compartimentos: câmara anterior, localizada entre a córnea e a íris; câmara posterior, situada entre a íris e o cristalino; e câmara vítrea (espaço vítreo), situada entre o cristalino e a retina. As câmaras anterior e posterior estão preenchidas pelo humor aquoso e o espaço vítreo pelo humor vítreo.^{1,2}

A movimentação dos globos oculares é responsabilidade de seis pares de músculos oculares extrínsecos: reto medial, reto lateral, reto superior, reto inferior, oblíquo superior, oblíquo inferior. São inervados por três nervos cranianos: abducente (reto lateral), troclear (oblíquo superior) e oculomotor (reto medial, reto superior, reto inferior e oblíquo inferior).¹

Uma das grandes preocupações do século XXI no campo da oftalmologia, deve-se ao número crescente de pessoas com baixa da acuidade visual e até mesmo cegas. A Organização Mundial de Saúde (OMS) define cegueira como a incapacidade de contar dedos a uma distância de 3 metros. Apresenta uma prevalência maior em países em desenvolvimento, podendo chegar a 90% dos casos estimados. Em 1975, encorajou os países membros a elaborar programas nacionais de prevenção da cegueira e em 1978 surgiu o Programa da OMS de Prevenção de Cegueira, que nas suas estatísticas mostrou que em 1975 existiam 28 milhões de pessoas cegas e previa para o ano de 2020 um aumento para 75 milhões, considerando que três quartos desta perda de visão poderia ser evitada ou tratada.^{3,4}

O impacto econômico mundial, devido à perda de produtividade individual por cegueira ou baixa de visão no ano de 2000 fora de 42 bilhões de dólares e existe uma estimativa de um aumento para 110 bilhões de dólares por ano até 2020.³

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE), pela Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) no ano 2013, mostrou que dentre as deficiências físicas encontradas, a deficiência visual foi a mais prevalente, acometendo 3,6% da população estudada e as duas regiões brasileiras com maior prevalência de deficiência visual, foram as regiões Sul (5,9%) e Nordeste (3,4%).⁵

Estudos realizados pela OMS no ano de 1998, mostram que um terço da cegueira mundial é representada pela cegueira em crianças e que 60% delas morrem no ano seguinte ao terem perdido a visão. Sendo as principais causas de cegueira evitáveis deficiência de vitamina A, sarampo e oftalmia neonatal. Os casos evitáveis incluem retinopatia de prematuridade (ROP), catarata e glaucoma.³

Baseado nesses estudos, a OMS em conjunto com a Agência Internacional para Prevenção da Cegueira (IAPB), lançou em 1999 o programa Visão 2020, que teria a finalidade de oferecer suporte técnico e promover a saúde visual, eliminando as principais causas de cegueira evitáveis no mundo até o ano de 2020, sendo para tanto necessário que os países membros estabelecessem um sistema sustentável de cuidados oftalmológicos.³

Dentre os objetivos do projeto VISÃO 2020, está a obtenção de recursos para a realização da prevenção, diagnóstico precoce e tratamento em tempo hábil da cegueira evitável e desenvolvimento de recursos humanos devidamente formados para exercer esta função.³

A OMS preconiza em país em desenvolvimento, a relação de um oftalmologista para cada 30.000 habitantes. No censo oftalmológico de 2014, realizado pelo Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO), foi realizado o levantamento do número de oftalmologista por habitantes por região do Brasil, observando-se uma relação de um oftalmologista para 12.000 habitantes, mas devido a distribuição irregular deste especialista nas diversas regiões do país, temos regiões que alcançaram e até ultrapassaram o preconizado pela OMS, apresentando uma saturação de oftalmologistas, como a região Sul, Sudeste e Centro-oeste, mas ainda temos regiões com carência como a região Norte, ressaltando na região nordeste, o estado do Maranhão, apresentando uma a relação de um oftalmologista para 45.000 habitantes.⁶

Dentre os aspectos avaliados no Censo de 2014, foi feito o levantamento de municípios com mais de 40 mil habitantes que não possuíam atendimento regular de oftalmologista, encontrando-se 235 municípios em todo o país. Dos dez com maior população, dois estão localizados no estado do Maranhão, Timon e São José de Ribamar.⁶

Pensando em estratégias para diminuir os casos de cegueira evitáveis, precisamos enfatizar que os primeiros anos da vida de uma criança, principalmente nos 6 primeiros, são fundamentais para o desenvolvimento de uma boa acuidade visual, visto que nesta fase da vida ocorre a maturação neurológica e o desenvolvimento da acuidade visual, este período é denominado de plasticidade sensorial.^{1,7} O cérebro deve receber informações visuais iguais de ambos os olhos, para aprender a ver. Quando este recebe informações visuais descontraídas, ou seja, turvas, conflitantes, ele irá eleger a melhor imagem e assim irá estimular a visão de um

olho em detrimento do outro, isso acarretará na diminuição da acuidade visual no olho com pior visão-ambliopia.⁷⁻¹⁰

Na literatura mundial a ambliopia aparece como a principal causa de baixa acuidade visual na infância e uma das três mais comuns no adulto apresentando uma prevalência que varia de 1 a 5% da população, em crianças em idade pré-escolar de 3 a 4% e de 2 a 7% em idade escolar, caracterizando-se por ser a patologia visual mais frequente, chegando a ser 10 vezes mais comum que traumatismos oculares e outras enfermidades, sendo ainda a principal causa de deficiência visual monocular, em qualquer faixa etária.^{1,7,11-15}

A ambliopia é na verdade consequência de um fenômeno cerebral, resultado de uma experiência visual anormal durante o período de plasticidade sensorial, por um defeito de captação da imagem na estrutura ocular, sendo assim resultante de outras patologias oculares, como: ametropia alta, anisometropia, catarata congênita e estrabismos, devendo-se sempre fazer o diagnóstico diferencial com alguma lesão orgânica do nervo óptico ou da retina, sendo uma das causas de déficit visual preveníveis na população, mas se não for tratado no período adequado (plasticidade sensorial), torna-se incurável.^{1,9,10,16}

A ambliopia é reconhecida como um problema de saúde pública, ao aumentar o risco de cegueira ao longo da vida, influenciar no bem-estar, aprendizagem e autoconfiança do paciente, além de acarretar uma diminuição da produtividade e aumento dos custos no tratamento com o passar dos anos.^{17,18} O paciente portador de ambliopia apresenta a longo prazo um risco aumentado de evoluir para cegueira bilateral, nos adultos jovens resultado de lesões oculares traumáticas e nas pessoas idosas devido a degeneração macular. Apresenta grande impacto na qualidade de vida deste indivíduo, ao aumentar risco de vida e a morbidez, principalmente devido ao risco aumentado de fratura do quadril após queda e levando ao isolamento social. Possui ainda um impacto socioeconômico importante, pois muitos dos portadores de ambliopia terão a perda dos seus empregos durante a vida, devido a piora da visão, além da necessidade de tratamento oftalmológico.^{19,20} Estudos têm demonstrado que o diagnóstico e tratamento precoce resultam em importante impacto socioeconômico, ao diminuírem a prevalência e a gravidade da ambliopia, levando a importantes ganhos sociais e individuais.^{17,18}

O estrabismo é referenciado como a principal causa de ambliopia e uma das alterações oculares mais comuns na infância.¹ O Pediatric Eye Disease Investigator Group²¹, em um estudo que avaliou 409 crianças ambliopes, encontrou o estrabismo junto com os erros refrativos como responsáveis por 99% das causas de ambliopia, sendo o estrabismo isolado responsável por 38%, anisometropia por 37% e associação de ambos de 24%.^{1,9,10}

A ambliopia estrabísmica será sempre unilateral, pois o uso frequente de apenas um dos olhos para fixar, em uma criança em fase de desenvolvimento do sistema visual, leva a inibição ativa dos impulsos elétricos provenientes da via retinocortical do olho desviado, determinando que parte das vias ópticas do olho não fixador prive-se de correta estimulação nervosa, isto ocorre particularmente nas camadas do corpo geniculado lateral e córtex óptico (lobo occipital).⁸

Em estudos realizados na população mundial, o estrabismo apresenta uma prevalência de 2 a 5 % na população de crianças na idade pré-escolar e escolar.²²⁻²⁴ Garcia et al.²⁵ em seu estudo, que analisou a prevalência de estrabismos na cidade de Natal, Brasil, encontrou um resultado semelhante ao da literatura mundial, com uma prevalência de 2,9% de estrábicos nos estudantes avaliados. Shimauti et al.²⁶ realizaram um estudo entre os anos 2004 e 2005 em 11 cidades da região centro-oeste do estado de São Paulo, onde foram analisados 10.994 indivíduos, encontrando-se uma prevalência de 1,4% de estrábicos, sem diferenças com relação ao sexo.

O estrabismo define-se como desvio do alinhamento binocular, temos assim, um olho que fixa o objeto que está sendo visibilizado (olho fixador) e o outro olho está focando em outra imagem (olho desviado).^{1,27}

O estrabismo pode possuir um componente essencial ou ser adquirido. O estrabismo adquirido normalmente acomete adultos sendo resultado na maioria das vezes de trauma craniano ou problemas vasculares, acarretando o desenvolvimento de visão dupla (diplopia) neste paciente. Já na infância temos um predomínio do estrabismo essencial, levando se não tratado, o paciente a desenvolver ambliopia. Na literatura podemos observar que o estrabismo possui um componente hereditário, visto que notamos incidência aumentada de casos na mesma família, destacando-se alguns fatores transmitidos geneticamente que favorecem o aparecimento do estrabismo: estrutura óssea facial e orbitária, ametropias altas, anisometropias e má formações.²⁸

Pathai et al.²⁹ mostram em seu estudo que pode ocorrer aumento da prevalência de estrabismos quando temos crianças com baixo peso ao nascer, prematuros e partos assistidos (fórceps ou cesariana), e o aumento da ocorrência do estrabismo de neuro desenvolvimento nos casos de uso de álcool e tabagismos nos últimos meses da gestação, doenças durante a gestação e baixo peso ao nascer para a idade gestacional.

De uma maneira geral, pode-se dizer que o componente motor do estrabismo, o aspecto estético do desvio, pode ser tratado em qualquer época da vida, porém os distúrbios sensoriais apresentam um período mais curto para serem tratados, fase de plasticidade do sistema visual,

que dura por volta de 6 a 8 anos de idade.⁹ Como já visto que a principal complicação sensorial de um desvio é a ambliopia estrabísmica, deve-se implementar o seu tratamento tão logo um estrabismo com características ambliogênicas seja detectado.^{17,30,31}

Na literatura temos descritos vários tipos de estrabismos e várias formas de classificação, uma delas seria quanto a sua manifestação, onde teremos o estrabismo manifesto (heterotropia) e estrabismo latente (heteroforia). O estrabismo manifesto (heterotropia) é aquele que é presente a qualquer momento, portanto dependendo da sua magnitude pode ser percebido até por não médicos. No estrabismo latente (heteroforia), só se manifesta quando existe a quebra da fusão, ou seja, quando se oclui um dos olhos. Existindo um terceiro tipo denominado estrabismo intermitente, onde o paciente vai apresentar em alguns momentos estrabismo manifesto e em outros latente.³²

O estrabismo manifesto apresenta uma prevalência maior que o latente, sendo foco do nosso estudo. Na literatura tem destaque a classificação que se baseia na direção do desvio em relação ao objeto de fixação, categorizando-se em:^{1,27,33}

- a) Esotropia: desvio ocular convergente;
- b) Exotropia: presença do desvio ocular divergente;
- c) Hipertropia: desvio vertical com o olho desviado mais alto;
- d) Hipotropia: desvio vertical com o olho desviado mais baixo.

Devemos ressaltar a existência de falsos desvio devido a presença do ângulo Kappa, que se caracteriza pela diferença existente entre o eixo anatômico e visual, sendo assim quando o eixo anatômico encontra-se temporal ao visual, diz-se que o ângulo Kappa é positivo e poderia simular uma exotropia, a depender do seu tamanho. O inverso, quando o eixo anatômico está nasalmente ao visual é chamado de ângulo Kappa negativo e, de forma equivalente, poderia simular uma esotropia.^{28,34}

O diagnóstico do estrabismo é realizado através do exame físico e testes oftalmológicos, quando presentes grandes desvio é de fácil diagnóstico, mas quando temos desvios pequenos, mesmo em crianças colaborativas, há necessidade do emprego de métodos e manobras especiais para diagnosticá-los, necessitando muitas das vezes de um exame não só com o oftalmologista geral, mas sim com um especialista em estrabismo. Dentre os testes oftalmológico para diagnóstico de estrabismo destacamos:^{1,27,28}

- a) Teste de Hirschberg: utiliza o reflexo luminoso na superfície anterior da córnea para a classificação do desvio, se o reflexo estiver no centro da córnea haverá ortotropia, e em cada milímetro de deslocamento do reflexo corneal, teremos um ângulo de rotação do olho de 7° ou 12 dioptrias prismática (DP),

assim sendo, caso o reflexo luminoso esteja desviado até a borda da pupila, afere-se um desvio aproximado de 15⁰ ou 30 DP, se estiver no centro do estroma iriano, teremos um desvio de 30⁰ ou 60 DP, e se for encontrado no limbo, o desvio será de 45⁰ ou 90 DP. Este método é subjetivo, e passivo de erros, por basear-se apenas na observação feita pelo olho do examinador.^{1,27,28}

b) Teste de Krimsky: utiliza o reflexo luminoso na córnea como o teste de Hirschberg, mas a quantificação do desvio se faz usando prisma sobre o olho desviado ou fixador para simetrizar os reflexos luminosos, e a partir do valor do prisma necessário utilizado será calculado o desvio. É uma forma de se dar mais objetividade ao teste de Hirschberg, sendo indicado para mensurar heterotropias de pacientes não cooperativos ou que não tenham acuidade visual suficiente para realizar os teste de cobertura.^{1,27,28}

c) Exame de Cobertura ou Cover Test

Este teste é considerado o mais importante da semiologia oculomotora, sendo referenciado como o padrão-ouro. Consiste em ocluir um dos olhos do paciente, utilizando para tanto um oclisor ou a mão espalmada e observar o movimento ocular do outro olho. Para ser realizado de maneira adequada necessitam de alguns requisitos a serem considerados:¹⁰

- Colaboração por parte do paciente, onde ele deverá fixar firmemente o olhar a um objeto que lhe é apresentado;
- Fixação central e acuidade visual mínima de 0,5 na tabela de Snellen: o fator básico do “cover test” é o reflexo de fixação, para tanto o paciente não pode sofrer de ambliopia muito profunda e deve ter fixação monocular foveal;
- Controle de acomodação: durante o “cover test” deve-se conhecer o estado de acomodação, para tanto precisa-se atentar para a qualidade refrativa do paciente e correção óptica que ele está usando durante o teste e a qualidade e distância do objeto de fixação.

Existem várias formas de realização do “Cover Test” e cada uma terá o objetivo de determinar uma característica do estrabismo.

a) Teste de Cobertura Simples

Este teste fundamenta-se na observação da motilidade ocular, na tentativa de refixação após a oclusão do olho fixador, é de fundamental importância no diagnóstico do estrabismo manifesto (heterotropias).³⁵

Inicia-se com o paciente fixando um objeto e o examinador ocluindo um dos olhos, em seguida ele é desocluido e aguarda-se alguns segundos até se ocluir o outro olho, para que o paciente possa restabelecer a fusão. Observa-se se há movimento de refixação quando se move a pá de cover de um olho para outro. Caso não haja, o paciente é ortotrópico e se houver movimento de refixação ele será diagnosticado com estrabismo manifesto.^{10,36}

b) Teste de Cobertura Alternada

Utilizado para realização do diagnóstico de desvios latentes (heteroforias). Baseia-se na oclusão alternada dos olhos, sem permitir que o paciente possa refundir na transição do oclisor de um olho para o outro. Se houver desvio, haverá movimento de refixação dos olhos ao se alternar a pá de cover de um olho para outro. Se não houver, há ortoforia. Este exame deve ser feito em seguida do Cover Simples, quando não houver diagnóstico de heterotropias e nunca isoladamente; do contrário, não se poderá concluir se há heterotropia ou heteroforia.^{10,36}

c) Teste de Prisma e Cover

Este método é utilizado para a quantificação dos desvios, após estes já terem sido diagnosticados como heteroforia ou heterotropia, para tanto existem duas modalidades de realização do teste:^{10,30}

- Teste de Prisma e Cover Alternado

Utilizado para quantificar o desvio total do paciente, ou seja, o somatório de heterotropia e heteroforia, para tanto interpõe-se prismas a um dos olhos, de valores crescentes, até que não se perceba mais o desvio ao movimento da pá de cover.^{10,30}

- Teste de Prisma e Cover Simultâneo

Utilizado para quantificar as heterotropias. Caracteriza-se pelo uso simultâneo da pá de cover no olho fixador e de prismas de valores crescentes à frente do olho não fixador, até que não haja movimento.^{10,30}

Como já visto, há necessidade da presença do estrabólogo para a confirmação do diagnóstico em alguns casos de estrabismo, no entanto, há estudos que comprovam a carência de estrabólogos no mundo, devido a falta de interesse dos oftalmologistas em se subespecializarem nesta área, tornando-se difícil encontrar médicos com esta subespecialidade fora dos grandes centros, dificultando o diagnóstico precoce de muitos casos de estrabismo.³⁷ Muitas regiões do Brasil, como as regiões Norte e Nordeste, se quer dispõem da relação ideal de um oftalmologista por 17.000 a 18.000 habitantes como preconizado pela OMS, sendo assim, nos dias atuais a triagem oftalmológica apresenta-se como um importante parceiro no diagnóstico de doenças oculares.^{6,37}

A triagem auxilia no diagnóstico precoce de patologias potencialmente tratáveis, como anormalidades na retina, catarata, glaucoma, retinoblastoma, estrabismo e distúrbios neurológicos, e a implementação do tratamento no momento correto, favorecerá o salvamento da visão desta criança e até mesmo a vida, evitando casos de cegueira na vida adulta.^{38,39}

Estudos realizados nos Estados Unidos e em outros países do mundo, demonstram que a utilização da triagem para o diagnóstico de ambliopia e suas causas, apresenta um custo-benefício favorável. As Academias Americanas de Pediatria e de Oftalmologia, tanto quanto o governo federal americano vem estimulando cada vez mais a realização do rastreio, para detecção de alterações visuais em pré-escolares no seu país.^{40,41}

A Academia Americana de Pediatria (AAP) em consonância com a Associação Americana de Oftalmologia Pediátrica e Estrabismos (AAPOS) preconizam que o primeiro exame oftalmológico deva ser realizado no período neonatal, passando por todas as consultas da puericultura, sendo indicado que o primeiro teste para avaliação da acuidade visual seja realizado o mais precoce possível, com a orientação da realização deste, por volta dos 3 anos.³⁸

No Brasil, o Ministério da Saúde (MS), detectou que distúrbios da visão são responsáveis, por repetência e evasão escolar, além de contribuir na vida adulta com desajustes de atividades laborais e limitação da qualidade de vida dos indivíduos, neste sentido, algumas campanhas nacionais como a de cirurgia de catarata e retinopatia diabética, vem conseguindo devolver a visão a esta população. Levando em consideração o êxito nessas campanhas e tendo conhecimento que no Brasil temos um alto índice de problemas visuais causados por erro de refração, onde 30% das crianças em idade escolar e 100% dos adultos com mais de 40 anos apresentam problemas de refração, o MS vem reestruturando o modelo de atenção à saúde Ocular.^{42,43}

No ano de 2008 o MS em parceria com o Ministério da Educação (MEC) lançaram o Projeto Olhar Brasil, que tinha como objetivo a realização de triagem da visão entre os alunos do ensino fundamental das escolas públicas, jovens de 15 anos ou mais e adultos que fizeram parte do Programa Brasil Alfabetizado (PBA) e na população com idade igual ou superior a 60 anos, capacitando para tanto os professores, alfabetizadores e os agentes comunitários de saúde (ACS) para realização da triagem e encaminhamento para consulta oftalmológica quando necessário.^{42,43} Em 2012 o projeto foi repensado e seu público alvo passou a ser de estudantes de escolas vinculadas ao Programa Saúde na Escola (PSE), gerido pelos MS e MEC e alfabetizando cadastrados PBA, gerido pelo Ministério da Educação.⁴⁴

Dalia et al.⁴⁵, em estudo realizado em um Hospital Oftalmológico em Goiânia, responsável por receber pacientes triados pelo Projeto Olhar Brasil (POB), que tinha como

objetivo avaliar o referido projeto, observar a prevalência de pacientes encaminhados para consulta oftalmológica pós-triagem que apresentassem erro de refração, concluiu que o projeto tem grande relevância social, ao diminuir a evasão escolar e melhorar a qualidade de vida dos beneficiários, mas devidos aos altos índices de pacientes que não precisaram de lentes corretivas (57,8%), fica claro a necessidade do aperfeiçoamento e melhor treinamento dos profissionais responsáveis pela triagem para melhor implementação e sucesso do Projeto.

Ao analisarmos a dificuldade de implementação de projetos de Triagem, resultado semelhante foi observado por Wall et al.⁴⁶, em estudo realizado entre pediatras da atenção básica dos Estados Unidos, que tinha como objetivo descrever as práticas de rastreio da visão nas consultas com pediatras americanos da atenção básica e compará-las ao preconizado pela AAP, concluiu que muitos pediatras não seguiam as orientações da AAP, apresentando razões multifatoriais para tanto, a primeira razão poderia ser a conveniência, ou seja, a triagem da visão em crianças menores de 3 anos requer tempo e paciência, a segunda causa seria a falta de conhecimento e habilidade para realização dos testes oftalmológicos e por fim poderiam estar preocupadas com as taxas de falsos-positivos conferido pelas que as técnicas atuais utilizadas.

As técnicas tradicionais mais empregadas para a avaliação da função visual de crianças durante a triagem, normalmente envolvem a leitura de optotipos (*ALLEN SYMBOLS, LEA FIGURES, HOTV LETTERS AND SNELLEN ACUITY*), possuem como vantagem a aferição direta da função visual, no entanto existe a necessidade de uma maior colaboração da criança avaliada, tendo maior efetividade em crianças com idade mais avançadas e mais cooperativas, mas deixando à margem bebês, crianças pré-verbais e crianças com atraso no desenvolvimento.^{47,48} Ressaltamos que, os resultados desses testes é operador dependente, ou seja, o profissional que irá aplicá-lo deverá ter habilidade e experiência com o exame, sendo que não há na literatura, estudos prospectivos que validem estas técnicas, quando utilizada durante a realização da triagem por pessoas leigas ou não oftalmologistas.⁴⁷

Pensando em auxiliar o rastreio e diagnóstico precoce, novas tecnologias vem sendo desenvolvidas na a área da saúde nas últimas décadas, com o propósito de facilitar a detecção automática de alterações morfofuncionais que possam está associadas a patologias, utilizando para tanto o processamento e análise de imagem, algumas delas receberam a denominação de sistemas de Detecção Assistida por Computador (CAD) - *Computer-Aided Detection* ou sistemas de Diagnóstico Assistido por Computador (CADx) - *Computer Aided Diagnosis*, vindo auxiliar os especialistas na identificação, diagnóstico e tratamento precoce de várias patologias, como o câncer de mama, nódulos pulmonares, retinopatia diabética.^{49,50-52}

Na oftalmologia algumas tecnologias estão sendo desenvolvidas para auxiliar no diagnóstico automatizado das doenças oculares, na triagem de pacientes vem sendo utilizado o Photoscreening, que se caracteriza pela utilização de uma câmera especial, em condições de iluminação adequadas sendo retirada uma foto que é capaz de detectar o reflexo de luz vermelho na pupila e a partir daí essa imagem poderá ser avaliada por técnico treinado para este exame ou por um software incorporado ao equipamento.^{38,39,53} Realizada corretamente é rápida, eficiente, reproduzível e altamente confiável, não substitui a aferição precisa da acuidade visual, mas pode fornecer informações importantes de patologias que possam está afetando a visão de uma criança, como estrabismo, erros de refração, catarata, retinoblastoma.^{38,39} Como desvantagens observa-se que a análise da foto não é instantânea, é operador dependente e apresenta custos mais elevados que os métodos tradicionais, devido ao custo da câmera, do filme e da interpretação da fotografia.⁵⁴⁻⁵⁶

No estrabismo, Helveston et al.⁵⁷ desenvolveram uma consultoria oftalmológica usando a telemedicina, onde eram realizadas fotografias em 9 posições do olhar do paciente, a seguir estas, em conjunto com informações clínicas do paciente como idade, sexo, refração e histórico médico, eram enviadas via e-mail para um consultor oftalmologista especialista em estrabismo, para avaliação, discussão e tomada de conduta em conjunto com o oftalmologista presencial, tendo um prazo máximo de máximo 7 dias para a resposta.

Almeida et al.⁵⁸ desenvolveu um programa para diagnóstico automático do estrabismo, onde era utilizado para tanto uma máquina fotográfica de 8.1 megapixels para tomada da imagem ocular, a seguir a foto era transferida para um computador, onde era analisada por um software desenvolvido para análise da imagem fotográfica do olho do paciente, confirmando ou não o diagnóstico do estrabismo. Apresentava como desvantagens os custos com a aquisição da câmera e computador, e a não realização da análise instantânea da foto.

Weber et al.⁵⁹ publicaram um estudo relatando bons resultados em uma metodologia que usava óculos de vídeo infravermelho adaptados a um projetor a LASER e persiana de cristal líquido nas lentes, para avaliação do alinhamento ocular em estrábico e normais. Apresentando mais uma vez como desvantagem o auto custo do projeto.

Ao termos conhecimento de que quanto mais tardios forem o diagnóstico e tratamento das afecções visuais na infância, mais comuns e graves serão as sequelas, observam-se que ações de prevenção apresentam um grande impacto na área da saúde coletiva, ao reduzir o índice mundial de “cegueira evitável”.⁶⁰

No Brasil, a porta de entrada aos serviços de saúde está alicerçada na atenção básica de saúde, ao sabermos que a triagem em pré-escolares tem se mostrado como forte aliado na

prevenção das cegueiras evitáveis e tem recebido maior atenção e interesse dos governantes, ressaltando à carência de oftalmologista no Brasil e reforçando a importância da utilização de novas tecnologias artificiais para o rastreamento de pacientes, pela rapidez e facilidade de execução. Nesse sentido este projeto avalia a concordância do diagnóstico de estrabismo entre um aplicativo para celular multifuncional testado em escolares e pacientes do ambulatório de motilidade ocular extrínseca do serviço de oftalmologia do Hospital Universitário da Universidade Federal do Maranhão (HUUFMA), e o oftalmologista especialista em estrabismo. O software utilizado nesse aplicativo foi desenvolvido em 2012 por Almeida et al e neste projeto foi adaptado para funcionar como aplicativo de um celular que possua sistema Android. É capaz de fazer o diagnóstico do estrabismo, através da análise matemática automatizada de fotos digitais, tomadas com alguns cuidados técnicos mínimos, pela câmara fotográfica digital comum de um celular multifuncional.⁵⁸ Favorecerá a triagem precoce dos pacientes e possibilitará o encaminhamento para tratamento com o especialista na área, contribuindo assim, nas práticas diárias da atenção básica de saúde, ao disponibilizar um software economicamente exequível, contribuirá na prevenção de adultos amblíopes por estrabismo, gerando ganhos sociais e individuais e acarretando importante impacto socioeconômico na sociedade.

1 OBJETIVOS

1.1 Geral

Avaliar a concordância do diagnóstico de estrabismo entre o oftalmologista especialista em estrabismo e um software desenvolvido para este fim (aplicativo para celular multifuncional, para o sistema Android).

1.2 Específicos

- a) Determinar a frequência do estrabismo considerando o diagnóstico do software e especialista;
- b) Comparar a concordância do diagnóstico do software e do especialista considerando diferentes pontos de corte para a classificação do estrabismo.

2 MÉTODOS

2.1 Tipo de estudo

Trata-se de um estudo transversal baseado em dados de avaliação da presença de estrabismo entre crianças e adolescentes de 5 a 15 anos de um serviço de referência ambulatorial de oftalmologia e de escolares de São Luís - MA.

2.2 Local e período

A pesquisa ocorreu em dois locais do município de São Luís - MA. Foram avaliadas crianças do ambulatório de motilidade ocular extrínseca do serviço referência de oftalmologia do HUUFMA e de escolas públicas das redes municipal e estadual, no período de 2015 a 2017.

2.3 População de estudo

O diagnóstico automatizado do estrabismo foi realizado em pacientes, crianças e adolescentes na faixa etária de 5 a 15 anos, que compuseram amostra de conveniência do ambulatório de motilidade ocular extrínseca do serviço de oftalmologia do HUUFMA e de demanda espontânea de estudantes das redes públicas de ensino Municipal e Estadual.

2.4 Tamanho amostral

O tamanho da amostra foi calculado utilizando-se o programa estatístico *Epi Info*[®], versão 7.2, desenvolvido pelo *Centers for Disease Control and Prevention- Atlanta*, de acordo

com Dean et al.⁶¹ e considerando os seguintes parâmetros: prevalência de estrabismo de 2%, de acordo com Robaei, Kifley e Mitchell²³ e Williams et al.²⁴, poder do teste de 80% para detectar uma diferença de pelo menos 5% e uma concordância esperada entre os métodos de 40%, totalizando em cento e oitenta e duas crianças. Considerando possíveis perdas, foi acrescido de 10% ao tamanho amostral. Ao final da pesquisa foram selecionados para participar da pesquisa duzentas e vinte e quatro crianças e adolescentes entre 5 a 15 anos de idade. Destas, vinte e duas foram do serviço ambulatorial de referência e as outras duzentas e duas foram provenientes das escolas públicas locais.

2.5 Metodologia para coleta dos dados

Para a coleta dos dados com intuito de realizar o diagnóstico do estrabismo, foram implementadas duas metodologias. Uma foi baseada na aplicação de um *software* através da tomada e análise de uma fotografia dos olhos do paciente e a segunda foi baseada na avaliação clínica do oftalmologista, pela análise dos desvios oculares pelo método de cover simples e prisma e cover alternado.

2.5.1 Metodologia usada pelo software

O software foi desenvolvido para realizar o diagnóstico do estrabismo, utilizando a análise computacional de fotografias. Ele faz uso do método de Hirschberg para detecção dos desvios, utilizando para tanto as técnicas de processamento de imagens e inteligência computacional Transformada de Hough e o Método de Canny.⁵⁸

A transformada de Hough é um método padrão para detecção de formas que são facilmente parametrizadas (linhas, círculos, elipses, etc.) em imagens digitalizadas. Realiza a análise de cada pixel constituinte da imagem no espaço de parâmetros (plano bidimensional em que a imagem está contida) e os converte em uma equação capaz de ser trabalhada matematicamente. Uma das limitações da transformada de Hough para o uso em imagens reais ao invés de sintéticas, é que a detecção dos seus contornos pode gerar sombras

ou ruídos, que serão interpretados como círculos de raio pequeno, constituintes da imagem real. No entanto, pode-se contornar este problema com uma calibragem mais exata dos parâmetros (limiares), tomando-se o cuidado para que também não se perca a detecção de círculos reais, por causa de um limiar muito alto. A transformada de Hough foi usada após a aplicação do método de Canny para detecção de bordas.^{62,63}

O processo de detecção de bordas de Canny, constitui-se de um algoritmo capaz de identificar, nas imagens, as regiões de transição de contrastes, ou seja, de uma região de maior para outra de menor intensidade de luz e vice-versa.⁶⁴

Quando se fala em visão computacional, a detecção de bordas, ou seja, de áreas que definem os contornos das imagens, é uma ferramenta fundamental, pois permite conseguir-se o mesmo resultado final, porém com muito menos dados e cálculos a serem processados do que se teria, se se fosse analisar a imagem como um todo. Dentre os algoritmos de detecção de bordas, o de Canny é o que melhor executa esta tarefa.

Do ponto de vista físico, uma borda de uma dada imagem no plano bidimensional de uma fotografia representa uma área de transição da refletividade da luz que incide sobre aquela figura. Pode-se, portanto, fazer-se uma varredura de toda a imagem, a fim de se identificar estas áreas de transição. No entanto, a simples detecção e amplificação destes contrastes também aumentaria o ruído de cena, que seria representado pela amplificação conjunta de contrastes mais tênues, causando, por conseguinte, o borramento da imagem processada, inviabilizando-a. Para superar esta dificuldade a maioria dos processadores de bordas utiliza alguma espécie de atenuador deste contrastes de menor intensidade, que no caso do algoritmo de Canny, é uma derivada gaussiana, que, convoluída com a imagem, filtra os ruídos (ou seja, elimina pixels que não representem bordas verdadeiras), antes de se iniciar o processo de detecção e amplificação das bordas.⁶⁵

Nas Figuras 1, 2 e 3 há exemplos de fotografias e como elas ficam após serem trabalhada pelo método de Canny e transformada de Hough.^{63,66}

Figura 1 - Imagem real



Fonte: WANG⁶³

Figura 2 - Imagem trabalhada pelo método de Canny, em três configurações de parâmetros distintas



Fonte: WANG⁶³

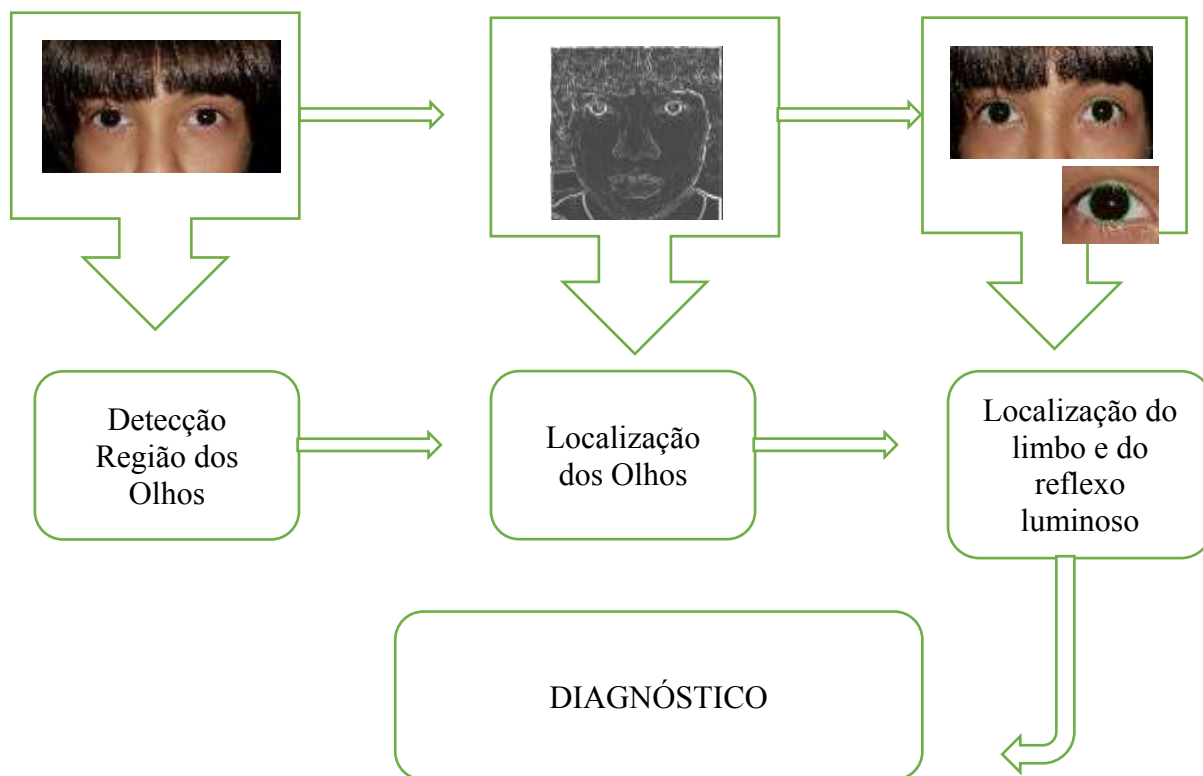
Figura 3 - Imagem trabalha pelo software com a Transformada de Hough sendo utilizada para localizar o limbo. (a) Mapa de bordas gerado após a aplicação do método de Canny. (b) Localização do círculo utilizando a transformada de Hough. (c) Localização do limbo.



Fonte: VALENTE⁶⁵

O software faz o diagnóstico do estrabismo a partir da avaliação do reflexo luminoso corneal (primeira imagem de Purkinje) e sua distância no eixo vertical – sentido superior – e horizontal – sentido centro nasal até o limbo, em cada um dos olhos, da seguinte forma (Figura 4):

Figura 4 - Metodologia usada pelo software



Fonte: Modificada a partir de ALMEIDA⁵⁸

- a) Inicialmente a imagem é localizada, pelo computador, em cada um dos olhos;
- b) Após, mede-se a distância do reflexo para o limbo horizontal (DH) e vertical (DV);
- c) Avalia-se também o diâmetro corneal a 180° e compara-se com o do outro olho;
- d) Se não houver diferença nos diâmetros, faz-se a comparação pura e simples das DH e DV dos olhos;
- e) Se houver diferença nos diâmetros corneal, calcula-se a proporção da descentração do reflexo no olho não-fixador, em relação ao posicionamento do reflexo no olho fixador, com base na diferença de diâmetro das duas córneas, conforme explicado em seguida:
- f) Supondo-se que o diâmetro da córnea do olho direito (OD) seja 11,0mm e do olho esquerdo (OE) 11,5mm. Então 1,0mm de reta traçada na córnea do OD será igual a “Xmm” no OE. Aplicando-se uma regra de três, tem-se:

$$11,0_{\text{mm}} \text{ — } 11,5_{\text{mm}}$$

$$1,0_{\text{mm}} \text{ — } X_{\text{mm}}$$

$$\text{Logo, } X = (11,5 \cdot 1,0) / 11,0 \rightarrow X = 1,045\text{mm}$$

Ou seja: cada $1,0_{\text{mm}}$ de deslocamento em linha reta, considerado na córnea do OD, equivale a $1,045_{\text{mm}}$ do mesmo deslocamento na córnea do OE. Então, as DH e DV do OE deverão ser multiplicadas por 1,045 (constante de proporcionalidade corneal OE/OD), antes de serem comparadas com as respectivas distâncias tomadas no OD.

Assim, consegue mensurar o posicionamento da primeira imagem de Purkinje, comparando-se com a do outro olho, levando-se em consideração diferenças no tamanho da córnea dos dois olhos. Passa-se a se considerar, inclusive, diferenças de erros refracionais (anisometropias) dispensando-se o uso de lentes de contato, quando do registro fotográfico de anisométricos. Isto porque, qualquer incremento ou diminuição no tamanho da córnea, dado artificialmente por uma lente corretora de equivalente esférico elevado, será descontado ao se calcular a constante de proporcionalidade corneal entre os olhos, para aquela imagem captada sob a influência do poder dióptrico das lentes corretoras em uso.

Como o maior problema na avaliação destes pacientes pelo método proposto é a anisometropia, já que diferenças de tamanho ou curvatura de córnea, ou do comprimento axial não são tão significativas na maioria dos estrábicos, resolvendo-se este problema, pode-se pretender que o método proposto seja aplicável à maioria dos pacientes em questão.

Para a medida do estrabismo foram usadas na análise do resultado dois pontos de corte 5 dioptrias prismáticas (DP) e 10 DP, sendo que para o software esse valor ficou em 5.9 DP e 10.9 DP, pois esse possuía a capacidade de mensurar valores fracionados, já o especialista usa o instrumento (caixa de prisma) que só trabalha com valores inteiros.

Estes pontos de cortes foram considerados porque na literatura desvios abaixo de 5 a 10^0 , que em DP seria aproximadamente de 8 DP a 18 DP, são classificados como um tipo especial de estrabismo, conhecido como microtropia, que não são passíveis de serem detectados por foto, ou pelo método de prisma e cover alternado utilizado pelo oftalmologista especialista.^{30,67} Então, foi padronizado pelo estudo o valor de 5,9 DP, por estar a abaixo do valor mínimo referenciado pela literatura, e o valor de 10,9 DP, por está contido no intervalo, foi usado para análise comparativa com a medida padrão de 5,9 DP para a classificação de desvio não micro, e para avaliarmos quais das medidas teriam menor perda de pacientes com diagnóstico de estrabismo.

Para facilitar a análise dos resultados, foi padronizado que as esotropias (ET) seriam registradas com sinal positivo (+) precedendo o seu valor numérico e as exotropias (XT) com sinal negativo (-), da mesma forma nas hipertropias (HT) quando o olho direito estava mais elevado que o esquerdo o registro foi feito com o sinal positivo (+) e o sinal negativo (-) quando o olho esquerdo estava mais elevado, para que os dados pudessem ser analisados matematicamente e comparados os valores dos desvios entre si.

2.5.2 Metodologia usada pelo oftalmologista especialista em estrabismo

O oftalmologista especializado em estrabismo utilizou inicialmente para a triagem dos pacientes o Teste de Cobertura Simples (Cover Simples) e na presença de desvios (estrabismo) este foi mensurado pelo Teste de Prisma e Cobertura Alternada (Teste de Prisma e Cover Alternado) (foto 1).

Foto 1 - (A) Teste de Cobertura Simples (Cover Simples); (B) Teste de Prisma e Cobertura Alternada (Teste de Prisma e Cover Alternado)



Fonte: A autora, 2017.

2.5.3 Metodologia de execução do trabalho

Foram avaliadas crianças e adolescentes alfabetizadas e na faixa etária de 5 a 15 anos, que concordaram em participar do estudo, após os pais ou responsáveis terem lido, compreendido e assinado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO B) e as crianças e adolescentes o termo de assentimento (ANEXO C e D). Foram examinadas utilizando software, por médico não especialista em oftalmologia e ratificado por médico oftalmologista especializado em estrabismo que compareceram para consulta oftalmológica no ambulatório de motilidade ocular extrínseca do serviço de oftalmologia do HUUFMA, e em escolas públicas das redes municipal e estadual. Durante a avaliação foram preenchidas fichas de atendimento (APÊNDICE A), que continham a avaliação do especialista em estrabismo e do software, para posterior comparação dos resultados.

O software utilizado para a tomada das fotografias neste projeto, foi desenvolvido a partir de uma parceria entre os docentes do curso de Medicina e Ciências da Computação da Universidade Federal do Maranhão, este ainda não encontrasse disponível para uso público quer seja de forma gratuita ou paga.

O exame do paciente foi iniciado com a tomada da acuidade visual de cada olho separadamente, com a melhor correção visual, por meio de uma tabela de optotipos de Snellen localizada a 6 metros de distância. Aqueles que atingiram pelo menos 0,8 de visão em ambos os olhos passaram em avaliação pelo médico não oftalmologista que fez a tomada das fotos, usando celular multifuncional que com o aplicativo instalado desenvolvido para o diagnóstico automatizado do estrabismo, seguindo para o exame oftalmológico com o médico oftalmologista especialista em estrabismo.

Durante a tomada da foto fazia-se necessário observar alguns cuidados técnicos: a) O pesquisador deveria estar posicionado à frente do paciente, ambos sentados em uma cadeira da mesma altura e com sala apresentando boa iluminação; b) O rosto do paciente deveria estar centralizado sendo solicitado que este olhasse para a objetiva da câmera fotográfica do celular e a tomada da fotografia foi realizada com a objetiva do celular a cerca de 40-50cm de distância, medido através de uma régua milimetrada, com o *flash* e a função macro ativadas, e o zoom digital ajustado entre 2,7 a 2,8x de aumento; c) O celular era posicionado de maneira que seu maior eixo ficasse na horizontal e a função rotação automática de tela estivesse ativada. Tendo-se o cuidado de não enquadrar todo o rosto do paciente, por questões éticas.

O celular utilizado foi um modelo galaxy S6 com câmera de 13 megapixels de resolução de imagem com *zoom* digital de 3x, ajustada para o modo de captura de imagens com mais detalhes e nitidez possíveis (4128x3096).

2.5.4 Crêterios de inclusão e exclusão

Após a realiza o da acuidade visual em cada olho separadamente, com a melhor corre o por meio de uma tabela de optotipos de Snellen localizada a 6 metros de distância, utilizou-se como critério de não inclusão:

- a) Incapacidade de atingir 0,8 / 0,8 de visão com a melhor corre o visual ou de informar a acuidade visual;
- b) Qualquer assimetria entre as pupilas, c rneas, globos oculares, fendas palpebrais;
- c) Nistagmo manifesto;
- d) Paciente não cooperativo com o exame.

2.6 Análise estatística

Os dados foram avaliados pelo programa *Stata 14*[®].⁶⁸ Inicialmente, estimou-se a frequência de estrabismo segundo a avalia o realizada pelo oftalmologista e pelo software com dois pontos de cortes. Em seguida, foram apresentadas medidas descritivas (média, desvio-padrão, percentil 25, 50 e 75) e análise de significância dos desvios horizontais e verticais do globo ocular de sujeitos da pesquisa com e sem estrabismo segundo rastreo realizado por oftalmologista e software. Os desvios horizontais positivos representam esotropias e os negativos exotropias e em rela o aos verticais o positivo representa o olho direito mais elevado e o negativo o olho direito mais baixo.

A análise de significância foi realizada por meio do Teste dos postos com sinais Wilcoxon para comparar o nível significância entre os tipos de desvios do globo ocular. Foram consideradas estatisticamente significante valores de $p < 0,05$.⁶⁹

Para mensuração do nível de concordância da prevalência de estrabismo entre os métodos (oftalmologista x software) com dois pontos de corte, foi calculado o Índice Kappa (K). O Índice Kappa é um indicador de concordância ajustado que varia de -1 a +1, quanto mais próximo de 1 melhor o nível de concordância entre os métodos. Sua distribuição e os respectivos níveis de interpretação são: < 0,00= ruim; 0,00 a 0,20= fraco; 0,21 a 0,40= sofrível; 0,41 a 0,60= regular; 0,61 a 0,80= bom; 0,81 a 0,99= ótimo; 1,00 =perfeito.⁷⁰ Todos os resultados foram apresentados em tabelas de frequência.

2.7 Aspectos éticos

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do HUUFMA, em atendimento à Resolução 466/12, do Conselho Nacional de Saúde (CNS)/MS e suas complementares pelo Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE): 48524915.2.0000.5086, no ano 2015, sob o número: 1.242.814 (ANEXO A). Os participantes foram informados sobre os objetivos da pesquisa e, após a assinatura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e do Termo de Assentimento do Menor, foram incluídos no estudo (ANEXOS B a D).

3 RESULTADOS

Após a tomada das medidas dos desvios oculares realizadas pelo software e pelo oftalmologista especialista de estrabismo, foi obtido os resultados expressados nas tabelas a seguir, tendo-se considerado duas medidas como ponto de corte na avaliação dos resultados: menor que 5,9 DP e menor que 10,9 DP.

Na Tabela 1 são apresentadas as medidas descritivas dos desvios horizontal e vertical das crianças em estudo avaliadas quanto a presença ou não do estrabismo pelo oftalmologista especialista em estrabismo e pelo software em dois pontos de corte. Considerando-se o ponto de corte 5,9 DP foi obtido pelo oftalmologista no desvio horizontal uma média de 12,8 e um desvio padrão de 30,0, já o software apresentou média de -1,4 e desvio padrão 18,5. No desvio vertical, o oftalmologista encontrou média de 0,9 e desvio padrão 3,0 e o software média 2,0 e desvio padrão 6,8. No ponto de corte de 10,9 DP, o oftalmologista observou desvio horizontal com média de 16,7 e desvio padrão 31,0, já o software apresentou média 1,4 e desvio padrão 24,3. No desvio vertical, o oftalmologista teve uma média de 1,1 e desvio padrão 3,3 e o software média de 2,6 e desvio padrão 8,2.

Tabela 1 - Medidas descritivas e análise de significância* dos desvios horizontais e verticais do globo ocular de escolares e pacientes do ambulatório de motilidade ocular de 5 a 15 anos de idade (n=224) com e sem estrabismo segundo rastreamento realizado por oftalmologista e software®, de acordo com o ponto de corte, São Luís, Maranhão, Brasil, em 2017

Rastreamento	Ponto de Corte	Estrabismo	Eixo do Desvio	N	Média	Desvio Padrão	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75	P valor *
Oftalmologista	5,9 DP	Sim	Horizontal ¹	19	12,8	30,0	-15,0	12,0	40,0	p≤0,18
			Vertical ³	19	0,9	3,0	0,0	0,0	0,0	p=0,54
		Não	Horizontal ²	205	-0,03	0,2	0,0	0,0	0,0	p<0,0001
			Vertical ⁴	205	-0,01	0,1	0,0	0,0	0,0	p<0,0001
Software®	5,9 DP	Sim	Horizontal ¹	48	-1,4	18,5	-10,6	-6,8	2,2	p≤0,18
			Vertical ³	48	2,0	6,8	0,0	0,9	5,2	p=0,54
		Não	Horizontal ²	176	-2,3	3,6	-3,4	-1,8	-0,3	p<0,0001
			Vertical ⁴	176	0,93	2,9	0,0	0,07	2,05	p<0,0001
Oftalmologista	10,9DP	Sim	Horizontal ⁵	16	16,7	31,0	-15,0	13,5	45,0	p≤0,11
			Vertical ⁷	16	1,1	3,3	0	0	0	p=1,0
		Não	Horizontal ⁶	208	-0,2	1,1	0,0	0,0	0,0	p<0,0001
			Vertical ⁸	208	-0,01	0,1	0,0	0,0	0,0	p<0,0001
Software®	10,9DP	Sim	Horizontal ⁵	26	1,4	24,3	-14,3	-5,8	16,8	p≤0,11
			Vertical ⁷	26	2,6	8,2	0	0,2	7,7	p=1,0
		Não	Horizontal ⁶	198	-2,6	4,0	-3,6	-1,9	-0,3	p<0,0001
			Vertical ⁸	198	1,0	3,2	0	0,2	2,4	p<0,0001

Notas: *Teste Wilcoxon para comparar o nível significância entre os tipos de desvios do globo ocular.

Fonte: A autora, 2017.

A frequência de estrabismo diferiu segundo rastreio realizado por oftalmologista e software com dois pontos de cortes, sendo o percentual sempre maior estimado pelo software. No ponto de corte de 5,9 DP, o software indicou 21,4% de prevalência de estrabismo e o oftalmologista 8,5%, já com o ponto de corte de 10,9 DP, observou-se 7,1% de estrabismo na avaliação do oftalmologista contra 11,6% do software (tabela 2).

Tabela 2 - Frequência de estrabismo entre escolares e pacientes do ambulatório de motilidade ocular de 5 a 15 anos de idade (n=224) segundo rastreio realizado por oftalmologista e software, de acordo com ponto de corte, São Luís, Maranhão, Brasil, em 2017

Pontos de corte (Margem de erro)	Oftalmologista		software®	
	n	%	n	%
≤ 5,9 DP	19	8,5	48	21,4
≤10,9 DP	16	7,1	26	11,6

Fonte: A autora, 2017.

Na análise da concordância dos métodos usados nesse estudo, considerando o ponto de corte de 5,9 DP, mostrou coeficiente de Kappa igual a 0,44 (IC95%= [0,32; 0,56]), sendo essa concordância considerada regular e estatisticamente significativa ($p < 0,0001$) (tabela 3).

Tabela 3 - Análise de concordância da frequência de estrabismo entre escolares e pacientes do ambulatório de motilidade ocular de 0 a 15 anos de idade (n=224) entre o rastreio realizado por oftalmologista e software® com o ponto de corte de 5,9 DP, São Luís, Maranhão, Brasil, em 2017

		Oftalmologista		Total
		Sim	Não	
Software®	Sim	17	31	48
	Não	2	174	176
Total		19	205	224

Fonte: A autora, 2017.

Observou-se que apenas duas crianças foram classificadas como não estrábicas pelo software enquanto o especialista as classificou como estrábicas. Por outro lado, trinta e uma

crianças foram diagnosticadas como estrábicas pelo software e não foram classificadas pelo especialista.

Ao analisarmos a concordância dos métodos usados nesse estudo, considerando o ponto de corte de 10,9 DP, obteve-se coeficiente de Kappa igual a 0,48 (IC 95% = [0,35; 0,61]), sendo essa concordância regular e estatisticamente significativa ($p < 0,0001$) (tabela 4).

Tabela 4 - Análise de concordância da frequência de estrabismo entre escolares e pacientes do ambulatório de motilidade ocular de 0 a 15 anos de idade (n=224) entre o rastreamento realizado por oftalmologista e software[®] com o ponto de corte de 10,9 DP, São Luís, Maranhão, Brasil, em 2017

		Oftalmologista		Total
		Sim	Não	
Software [®]	Sim	11	15	26
	Não	5	193	198
Total		16	208	

Fonte: A autora, 2017.

Observa-se que apenas cinco crianças foram classificadas como não estrábicas pelo software enquanto o especialista as classificou como estrábicas. Por outro lado, quinze crianças foram diagnosticadas como estrábicas pelo software, discordando do especialista.

4 DISCUSSÃO

A inserção cada vez maior das tecnologias digitais na área da saúde vem trazendo transformações rápidas e importantes, possibilitando a transição do diagnóstico de doenças já em graus avançados para uma saúde cada vez mais preventiva, auxiliando o médico na realização de diagnósticos mais precisos, favorecendo a prevenção, controle e tratamento mais precoce das doenças.

Este trabalho traz a possibilidade do diagnóstico precoce do estrabismo, por meio de software adaptado para celulares multifuncionais que possuam sistema Android, de modo financeiramente exequível, sem a necessidade da presença do oftalmologista. O diagnóstico precoce do estrabismo traz a possibilidade de tratamento imediato e da redução de adultos ambliopes acarretando em ganhos sociais e individuais.

O software foi idealizado para ser utilizado por qualquer profissional da área da saúde ou até mesmo membros da comunidade, em especial pelos agentes de saúde que estão em contato direto com a comunidade, que possuam um celular multifuncional com sistema Android de uma maneira barata sem acréscimos de custo a rede de saúde. Esta facilidade de utilização diferencia este dos outros trabalhos desenvolvidos para triagem oftalmológica, que necessitam de equipamentos especiais, muitas das vezes de alto custo, com maior dispêndio de logística para seu deslocamento e uso e em alguns casos não possibilitando o diagnóstico instantâneo. Estas foram limitações dos trabalhos de Magalhães⁷¹, Rajavi et al.⁷², Athur et al.⁷³, onde era realizada a triagem de crianças com risco de possuírem ambliopia e avaliado o erro refracional em ambos olhos, utilizando a técnica de fotorrastreio, que necessita de um equipamento especial o *PlusoptiX A09 photoscreenet*. No estudo de Weber et al, utilizou-se para a triagem de estrabismo, um óculos com projetor laser e tela de cristal líquido, com boa concordância entre o aparelho e o especialista porém pelo grau de tecnologia empregada, apresenta alto custo. Encontramos no estudo de Almeida et al⁵⁸ um software desenvolvido para o rastreo e diagnóstico do estrabismo, mas que necessitava para a tomada da foto uma câmera fotográfica SonyR Cyber-shot com 8.1 megapixels e um computador onde estava instalado o software que analisava esta fotografia, não sendo realizada a avaliação instantânea da foto. Semelhança foi encontrada no trabalho de Yang et al.⁷⁴, que desenvolveram um programa de computador para analisar de fotografias (3D Strabismus Photo Analyzer) tomadas por uma câmara digital (EOS20D, Canon Inc). Já no estudo de Franceschetti et al.³⁷ e Helveston et al.⁵¹ foi utilizado a tele consultoria eletrônica para o diagnóstico do estrabismo, se fazia necessário uma máquina

fotográfica, computador, disquete, internet, para enviar as fotos tomadas a distância para um oftalmologista especialista em estrabismo, que as analisava. As desvantagens dos trabalhos anteriores comparados a este estudo, seria os custos dos equipamentos necessários para a realização da triagem dos pacientes e nos trabalhos de Franceschetti et al.³⁷, Helveston et al.⁵⁷, Almeida et al.⁵⁸ e Yang et al.⁷⁴ a demora no resultado do diagnóstico.

Nos resultados foram observados que o tipo de desvio mais frequente era o horizontal tanto pelo software quanto pelo especialista, quer no ponto de corte de 5,9 DP quer de 10,9 DP, corroborado pelos estudos de prevalência de Garcia et al.²⁵, Shimauti et al.²⁶ e Garvey⁷⁵. Ao ser avaliado a significância das medidas dos desvios do estrabismo pelo software e oftalmologista observamos que, na ausência de estrabismo houve concordância estatisticamente significativa entre eles ($p < 0,0001$), no entanto quando avaliado os casos de estrabismo houve uma diferença importante entre as medidas dos desvios horizontais e verticais dos olhos aferidas pelo software e pelo oftalmologista ($p \leq 0,11$ a $p = 1,0$), justificada pela forma como o software analisa as imagens, pois o olho que tem desvio está sendo observado tangencialmente a câmera do software e não em ângulo reto como analisado pelo oftalmologista. Isso resulta na incongruência entre os valores encontrados e ela será tanto maior quanto maior for o desvio, o que não invalida o software para triagem, já que o objetivo deste estudo não é a comparação de medidas, mas sim o diagnóstico precoce e comunitário do estrabismo independentemente do valor do desvio. Ressalta-se que, se em desvio grandes aumenta a chance de erro do software, estes podem ser percebidos até mesmo por leigos.

Ao ser avaliada a frequência de estrabismo, foi observado tanto no ponto de corte de 5,9DP quanto no de 10,9 DP um percentual maior de suspeita de estrabismo pelo software quando comparado com oftalmologista. Ressaltando-se que no ponto de corte de 5,9DP tivemos a maior diferença do número de casos suspeitos para estrabismo, trinta e um pacientes a mais de diagnóstico de estrábicos pelo software em relação ao especialista, no universo de duzentos e vinte e quatro pacientes avaliados. No trabalho de Franceschetti et al.³⁷ valores semelhantes foram observados, com vinte e seis mais casos de estrábicos diagnosticado pelo método por ele avaliado de um total de noventa e cinco pacientes por eles atendidos. No estudo de Almeida et al.⁵⁸ observamos discordância semelhante, com quatro casos de estrábicos considerado pelo método, que foram classificados como normais pelo especialista, em um universo de quarenta pacientes avaliados.

Para o objetivo principal do estudo, em que o software foi desenvolvido para aplicação na triagem comunitária de pacientes, quando apresenta nos seus resultados considerando a ponto de corte de 5,9 DP, a não confirmação do diagnóstico de apenas dois pacientes

classificados como estrábicos pelo oftalmologista em um universo de duzentos e vinte e quatro pessoas avaliadas. Mesmo apresentando um número maior de casos de suspeita de estrabismo em discordância com o oftalmologista que os classificou como normais, trinta e um pacientes no total, isto não invalida o método, se pensarmos que em uma triagem real esses pacientes seriam encaminhados para consulta oftalmológica, ou seja, o fato de inicialmente terem equivocado diagnóstico de estrabismo pelo software, não lhes traria prejuízo. O que leva a classificar a concordância do diagnóstico do software com o especialista como regular (Kappa igual a 0,44) e estatisticamente significativa ($p < 0,0001$).⁷⁰ Quando se compara o estudo atual ao realizado por Almeida et al.⁵⁸, onde foram analisados quarenta participantes com suspeita de estrabismo, observamos discordância do diagnóstico entre o software e o especialista, em nove resultados, sendo que destes, cinco o especialista informa a presença de estrabismo e o software a ausência, o que perfaz um valor mais alto do que o encontrado neste estudo. No trabalho de Helveston et al.⁵¹ foram observados dois casos em que a telemedicina os considerou como não estrábicos e o especialista estrábicos, no entanto só foram avaliados neste estudo quinze pacientes. No estudo de Franceschetti et al.³⁷ que trabalharam com uma população de noventa e cinco pacientes não houve discordância quanto ao diagnóstico de normalidade. No estudo de Yang et al.⁷⁴ observou-se uma correlação forte entre o diagnóstico do software e do especialista, no entanto o oftalmologista avaliou o desvio ocular pelo método de Krimisky (menos preciso), quando se sabe que o padrão-ouro para aferição de estrabismo é o método de prisma e cover, adotado pelo nosso estudo. Esta pouca precisão do método de Krimisky foi ressaltada no referido trabalho, quando ele relata que mesmo os estrabólogos mais experientes ao usarem este método apresentam discordância entre si de 5 a 10 DP.

Ao utilizarmos para a comparação da concordância entre o software e o oftalmologista a ponto de corte de 10,9 DP (tabela 4), observamos um aumento do número de diagnóstico de não estrábico pelo software quando comparado ao oftalmologista, passando de dois para cinco pacientes, apesar de ter sido classificado como uma concordância regular (Kappa igual a 0,48) e estatisticamente significativa ($p < 0,0001$), semelhante ao ponto de corte de 5,9 DP, isto se deve a diminuição do número de diagnóstico de estrábicos considerados pelo software e não pelo oftalmologista, passando de trinta e um para quinze pacientes.

Mas, consideramos o ponto de corte de 5,9 DP como opção de escolha, visto que, priorizamos um software para triagem e a perda de um número maior de verdadeiros estrábicos seria mais prejudicial a este objetivo, deixando-se de se encaminhar para o oftalmologista quem verdadeiramente precisa dos seus cuidados.

CONCLUSÃO

No presente estudo, foi evidenciada a concordância entre dois métodos de exame (oftalmologista e software) de estrabismo entre escolares e pacientes, para fins de rastreio populacional. O método mostrou-se de baixo custo em relação aos descritos na literatura, sendo de fácil manejo, não invasivo, requer cooperação mínima do paciente e usa apenas na prática um celular multifuncional com o sistema Android.

O software mostrou concordância regular quando comparado ao especialista, levando em consideração dois pontos de corte 5,9 DP e 10,9 DP. Foi evidenciado o ponto de corte de 5,9 DP como opção de escolha para triagem por este software, visto que neste corte só houve a perda de dois pacientes estrábicos, enquanto no de 10,9 DP a perda foi de cinco pacientes no universo de 224.

Visto que a concordância regular entre o oftalmologista e o software no ponto de corte de 5,9 DP se deu principalmente pelo número maior de suspeita de estrábicos e não pela perda de verdadeiro estrábicos, isto reforça a utilidade do método como instrumento importante para uso em triagem de pacientes.

Devido ao software só trabalhar com a análise de fotografias, tem se como limitação a possibilidade de diagnóstico apenas de desvios manifestos (Tropias) e nunca os latentes (Forias), além do mais as fotos só foram tomadas na posição primária do olhar a cerca de 40 cm do paciente, o que poderia não diagnosticar desvios incomitantes longe/perto, ou em posições secundárias ou terciárias do olhar.

Já no intuito de aperfeiçoamento do método em estudo, trabalha-se na nova a versão do software, que analisa filmes e não fotografias em posições primárias e secundárias do olhar, transpondo a limitação do diagnóstico apenas de tropias e somente na posição primária do olhar. Já existe um estudo piloto de 15 pacientes, com resultados promissores.

REFERÊNCIAS

1. NEHEMY, M.; PASSOS, E. **Oftalmologia na prática clínica**. Belo Horizonte: Folium, 2015.
2. JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 12 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.
3. THE INTERNATIONAL AGENCY FOR THE PREVENCIÓN OF BLINDNESS. **Vision 2020**. London, 2017. Disponível em: <<https://www.iapb.org/vision-2020/>>. Acesso em: 20 set. 2017.
4. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Strategies for the prevention of blindness in national programmes**. 2th ed. Geneva, 1997. Disponível em: <<http://www.who.int/blindness/publications/strategies/en/>>. Acesso em: 27 jun. 2017.
5. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saúde 2013**: percepção do estado de saúde, estilos de vida e doenças crônicas: Brasil, grandes regiões e unidades da federação. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<ftp://ftp.ibge.gov.br/PNS/2013/pns2013.pdf>>. Acesso em: 2 jun. 2017.
6. CONSELHO BRASILEIRO DE OFTALMOLOGIA. **Censo 2014**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.cbo.net.br/novo/publicacoes/CensoCBO2014.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2017.
7. BIART, O. C. et al. Frecuencia de la ambliopía en escolares. **Revista Cubana de Pediatría**, Ciudad de la Habana, v. 83, n. 9, p. 372-381, 2011. Disponível em: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75312011000400005>. Acesso em: 25 maio 2017.
8. NOGUEIRA, R. D. M.; FERREIRA, B. F. A.; PINTO, H. S. R. **Ambliopia**. 2013. Disponível em: <http://www.ligadeoftalmo.ufc.br/arquivos/ed_-_ambliopia.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2017.
9. MARTIN, R. M.; SUSTACHA, B. A. J.; CUCÒ, C. A. Cribado visual em atención primaria. Cómo se realiza?. **Pediatría Atención Primaria**, Madrid, v. 15, n. 59, p. 221-227, 2013. Disponível em: <http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-76322013000400004>. Acesso em: 20 maio 2017.
10. SOUZA-DIAS, C.; GOLDCHMIT, M. **Os estrabismos**: teoria e casos comentados. Rio de Janeiro: Guanabara, 2011.
11. PRESLAM, M. W. Baltimore vision screening project. **Ophthalmology**, Rochester, v. 103, n. 1, p. 150-153, 1998.

12. WEBBER, A. L.; WOOD, J. Amblyopia: prevalence, natural history, functional effects and treatment. **Clinical & Experimental Optometry**, Richmond, v. 88, n. 6, p. 365-375, Nov. 2005.
13. LOUIS, B. **Basic and clinical science course: pediatric ophthalmology and strabismus**. San Francisco: American Academic of Ophthalmology, 2005
14. SNOWDON, S. K.; STEWART-BROWN, S. Preschool vision screening. **Health Technology Assessment**, Southampton, v. 1, n. 8, p. 1-83, 1997.
15. FLYNN, J. T.; CASSADY, J. C. Current trends in amblyopia therapy. **Ophthalmology**, Rochester , v. 85, n. 5, p. 428-450, 1978.
16. ELFIEIN, H. M. et al. The prevalence of ambliopia in Germany. **Deutsches Ärzteblatt international**, Cologne, v. 112, n. 19, p. 338-344, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Heike_Elflein/publication/277779898_The_Prevalence_of_Amblyopia_in_Germany_Data_From_the_Pro prospective_Population-Based_Gutenberg_Health_Study/links/5744613708aea45ee850c66b.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2017.
17. CHUA, B.; MITCHEL, P. Consequences of amblyopia on education, occupation, and long term vision loss. **The British Journal of Ophthalmology**, Londo, v. 88, n. 9, p. 1119-1121, Sep. 2004. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1772316/>>. Acesso em: 30 abr. 2017.
18. CARLTON, J.; KALTENTHALER, E. Amblyopia and quality of life: a systematic review. **Eye**, London, v. 25, n. 4, p. 403-413, 2011.
19. RAHI, J. et al. Risk, causes, and outcomes of visual impairment after loss of vision in the non-amblyopic eye: a population-based study. **The Lancet**, London, v. 360, n. 9333, p. 597-602, 2002.
20. TOMMILA, V.; TARKKANEN, A. Incidence of loss of vision in the healthy eye in amblyopia. **The British Journal of Ophthalmology**, London, v. 65, n. 8, p. 575-577, Aug. 1981.
21. PEDIATRIC EYE DISEASE INVESTIGATOR GROUP. The clinical profile of moderate amblyopia in children younger than 7 years. **Archives of Ophthalmology**, Chicago, v. 120, n. 3, p. 281-287, Mar. 2002.
22. GRAHAM, P. A. Epidemiology of strabismus. **The British Journal of Ophthalmology**, London, v. 58, n. 3, p. 224-231, 1974.
23. ROBAEI, D.; KIFLEY, A.; MITCHELL, P. Factors associated with a previous diagnosis of strabismus in a population based sample 12-year-old Australian children. **American Journal of Ophthalmology**, Chicago, v. 142, n. 6, p. 1085-1087, 2006.
24. WILLIAMS, C. et al. Prevalence and risk factors for common vision problems in children: data from the ALSPAC study. **The British Journal of Ophthalmology**,

- London, v. 92, n. 7, p. 959-964, 2008. Disponível em:
<<http://bjournal.bmj.com.ez14.periodicos.capes.gov.br/content/bjophthalmol/92/7/959.full.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2017.
25. GARCIA, C. A. A. et al. Prevalência de estrabismo nos estudantes de Natal/RN-Brasil. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, São Paulo, v. 6, n. 5, p. 791-794, set./out. 2004. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S000427492004000500018&script=sci_arttext&lng=pt>. Acesso em: 15 jun. 2017.
26. SHIMAUTI, A. T. et al. Estrabismo: detecção em uma amostra populacional e fatores demográficos associados. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, São Paulo, v. 75, n. 2, p. 92-96, 2012. Disponível em:
<<https://doaj.org/article/f8020270b3b344478ed7fe10075b987b>>. Acesso em: 20 jun. 2017.
27. HELVESTON, E. M. Understanding, detecting and managing strabismus. **Community Eye Health**, London, v. 23, n. 72, p. 12-14, Mar. 2010.
28. SOUZA-DIAS, C. R.; HENDERSON, C. A. **Estrabismo**. São Paulo: Roca, 1993.
29. PATHAI, S. et al. Prevalence of and early-life influences on childhood strabismus. **Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine**, Chicago, v. 164, n. 3, p. 250-257, mar. 2010. Disponível em:
<<http://jamanetwork.com/journals/jamapediatrics/fullarticle/382883>>. Acesso em: 15 jun. 2017.
30. VON NOORDEN, G. K. **Binocular vision and ocular motility: theory and management of strabismus**. 6. ed. St. Louis: Mosby, 2001.
31. PIETRO-DIAZ, J.; SOUZA-DIAS, C. **Strabismus**. 4th ed. Woburn: Massachusetts, 2000.
32. SILVA, J. V.; FERREIRA, B. F. A.; PINTO, H. S. R. **Distúrbio da visão binocular: estrabismo e heteroforia**. 2012. Disponível em:
<http://www.ligadeoftalmo.ufc.br/arquivos/ed_-_estrabismos.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2017.
33. SPALTON, D. J.; HITCHINGS, R. A.; HUNTER, P. A. **Atlas de oftalmologia clínica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
34. BROWLING, B. K. **Oftalmologia clínica: uma abordagem sistemática**. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.
35. ROMANO, P. E.; VON NOORDEN, G. K. Limitations of cover test in detecting strabismus. **American Journal of Ophthalmology**, Chicago, v. 30, n. 72, p. 10-12, 1971. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0002939471915856>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

36. BARNARD, N. A. S.; THOMSON, W. D. A quantitative analysis of eye movements during the cover test: a preliminary report. **Ophthalmic & Physiological Optics**, Oxford, v. 15, n. 5, p. 413-419, 1995.
37. FRANCESCHETTI, A. et al. Early detection of strabismus with the help of digital pictures. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF OPHTHALMOLOGY, 1966, Basel. **Annals...** São Paulo: Clade, 2006. p. 195-199.
38. COMMITTEE ON PRACTICE AND AMBULATORY MEDICINE AND SECTION ON OPHTHALMOLOGY. American Academy of Pediatrics. Eye Examination in infants, children, and young adults by pediatricians. **Pediatrics**, Springfield, v. 11, n. 4, p. 902-907, Apr. 2003.
39. AMERICAN ASSOCIATION FOR PEDIATRIC OPHTHALMOLOGY AND STRABISMUS. **Photoscreening**. 2017. Disponível em: <<https://aapos.org/terms/terms/140>>. Acesso em: 23 ago. 2017.
40. DONAHUE, S. P. The relationship between anisometropia, patient age, and the development of amblyopia. **Transactions of the American Ophthalmological Society**, San Francisco, v. 103, p. 313-336, Dec. 2005.
41. KVARNSTRÖM, G.; JAKOBSSON, P.; LENNERSTRAND, G. Screening for visual and ocular disorders in children, evaluation of the system in Sweden. **Acta Paediatrica**, Oslo, v. 87, n. 11, p. 1173-1179, Nov. 1998.
42. BRASIL. Ministério da Saúde. **Projeto Olhar Brasil**: triagem de acuidade visual: manual de orientação. Brasília, DF, 2008. (Normas e Manuais Técnicos, A). Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000015497.pdf>>. Acesso em: 6 set. 2017.
43. BRASIL. Ministério da Saúde. Ministério da Educação. **Projeto Olhar Brasil**. Brasília, DF, 2007. Disponível em: <http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/projeto_olhar_brasil.pdf>. Acesso em: 6 set. 2017.
44. CONSELHO NACIONAL DE SECRETÁRIOS DE SAÚDE. Nota Técnica nº 23, de 26 de julho 2012. Saúde Ocular: Redefinição do “Projeto Olhar Brasil”. Minuta de portaria interministerial que redefine o Projeto Olhar Brasil. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <<http://www.conass.org.br/biblioteca/wp-content/uploads/2012/01/NT-23-2012-OLHAR-BRASIL-.pdf>>. Acesso em: 6 set. 2017.
45. DALIA, E. R. C. et al. Análise da prevalência dos pacientes que necessitam de óculos em um Hospital Oftalmológico em Goiânia, Goiás, Brasil. Projeto Olhar Brasil. **Revista Brasileira de Oftalmologia**, Rio de Janeiro, v. 76, n. 2, p. 57-60, 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbof/v76n2/0034-7280-rbof-76-02-0057.pdf>>. Acesso em: 6 set. 2017.
46. WALL, T. C. et al. Compliance with vision-screening guidelines among a National Sample of Pediatricians. **Ambulatory Pediatrics**, v. 2, n. 6, p. 449-455, 2002.

Disponível em: <http://ac-els-cdn-com.ez14.periodicos.capes.gov.br/S1530156705601487/1-s2.0-S1530156705601487-main.pdf?_tid=2c9ee4f0-8cb7-11e7-8dfd-00000aab0f26&acdnat=1504010581_d9352a7bb3b538c25dcf43b0a202fd51>. Acesso em: 6 set. 2017.

47. DONAHUE, S. P.; ROBERT, W.A.; JAMES, B.R. Preschool vision screening: what should we be detecting and how should we report it? uniform guidelines for reporting results of preschool vision screening studies. **Journal of AAPOS**, St. Louis, v. 7, n. 5, p. 314-316, Oct. 2003. Disponível em: <[http://www.jaapos.org/article/S1091-8531\(03\)00182-4/pdf](http://www.jaapos.org/article/S1091-8531(03)00182-4/pdf)>. Acesso em: 20 maio 2017.
48. COMMITTEE ON PRACTICE AND AMBULATORY MEDICINE AND SECTION ON OPHTHALMOLOGY. American Academy of Pediatrics. Use of photoscreening for children's vision screening. **Pediatrics**, Springfield, v. 109, n. 3, p. 524-525, 2002.
49. JIANG, Y et al. Improving breast cancer diagnosis with computer-aided diagnosis. **Academic Radiology**, Reston, v. 6, n. 1, p. 22-33, Jan. 1999.
50. FREER, T. W.; ULISSEY, M. J. Screening mammography with computer-aided detection: prospective study of 12,860 patients in a community breast center. **Radiology**, Easton, v. 220, n. 3, p. 781-786, Sep. 2001.
51. WAY, T. W. et al. Computer-aided diagnosis of pulmonary nodules on CT scans: segmentation and classification using 3D active contours. **Medical Physics**, v. 33, n. 7, p. 2323-2337, July. 2006.
52. OLOUMI, F.; RANGAYYAN, R. M.; ELLS, A. L. Computer-aided diagnosis of proliferative diabetic retinopathy. In: ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY, 34., 2012, Hilton. **Annals...** Hilton, 2012. p. 1438-1441. Disponível em: <<http://sci-hub.io/10.1109/EMBC.2012.6346210#>>. Acesso em: 22 ago. 2017.
53. EMILIO, C. C.; ORCIUOLO, M.; SCHIAVI, C. A new automatic computerized deviometer. **International Ophthalmology**, Dordrecht, v. 13, n. 4, p. 291-295, 1989.
54. SALCIDO, A.A; BRADLEY, J; DONAHUE, S.P. Predictive value of photoscreening and traditional screening of preschool children. **Journal of AAPOS**, St. Louis, v. 9, n. 2, p. 114-120, Apr. 2005. Disponível em: <<https://sci-hub.cc/10.1016/j.jaapos.2003.10.011#>>. Acesso em: 28 jun. 2017.
55. TONG, P. Y. et al. Screening for Amblyopia in Preverbal Children with Photoscreening Photographs. **Ophthalmology**, v. 105, n. 5, p. 856-863, 1998. Disponível em: <https://ac-els-cdn-com.ez14.periodicos.capes.gov.br/S0161642098950266/1-s2.0-S0161642098950266-main.pdf?_tid=8cd400c4-a064-11e7-89e5-00000aab0f01&acdnat=1506174118_24a0d1e36a1680888655fe398324d661>. Acesso em: 22 set. 2017.

56. SIMONS, K. Preschool methodology vision screening: rationale, methodology and outcome. **Survey of ophthalmology**, New York, v. 41, n. 1, p. 3-30, Jul./Ago. 1996. Disponível em: <https://ac-els-cdn-com.ez14.periodicos.capes.gov.br/S003962579781990X/1-s2.0-S003962579781990X-main.pdf?_tid=e4706d10-a062-11e7-abe0-00000aab0f6c&acdnat=1506173406_ee4ee97e1ce2be5501b41a897dda2109>. Acesso em: 22 set. 2017.
57. HELVESTON, M. E. et al. Telemedicine: strabismus e-consultation. **Journal of AAPOS**, St. Louis, v. 5, n. 5, p. 291-296, 2001. Disponível em: <https://ac-els-cdn-com.ez14.periodicos.capes.gov.br/S1091853101700146/1-s2.0-S1091853101700146-main.pdf?_tid=3f9248f8-a068-11e7-a514-00000aacb35f&acdnat=1506175706_d143cf913c3057e19ce5d9c98773197d>. Acesso em: 22 set. 2017.
58. ALMEIDA, J. D. S. et al. Computational methodology for automatic detection of strabismus in digital images through Hirschberg test. **Computers in Biology and Medicine**, New York, v. 42, n. 1, p. 135-134, 2012) 135–146.
59. WEBER K. P. et al. Strabismus measurements with novel video Goggles. **Ophthalmology**, Rochester, v. 124, n. 12, p. 1849-1856, 2017. Disponível em: <https://ac.els-cdn.com/S0161642017311430/1-s2.0-S0161642017311430-main.pdf?_tid=4a988f1a-f607-11e7-9d0b-00000aab0f27&acdnat=1515589863_e79181d28afd7bc153e0d75fd12f71f9>. Acesso em: 9 jan. 2017.
60. FOSTER, A.; GILBERT, C. Epidemiology of childhood blindness. **Eye**, London, v. 6, p. 173-176, 1992. Disponível em: <<https://sci-hub.cc/10.1038/eye.1992.34>>. Acesso em: 27 jun. 2017.
61. DEAN, A. G. et al. **Epiinfo™ versão 7.2**: a database and statistic program for public health professionals. Atlanta: Centers of Disease Control na Prevention, 2017. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/epiinfo/index.html>>. Acesso em: 2 nov. 2017.
62. DORINI, L. E. B.; ROCH, A. R. **Deteção de círculos em imagens através da transformada de Hough**. 2004. Disponível em: <http://www.ic.unicamp.br/~rocha/msc/ipdi/deteccao_formas_circulares.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2014.
63. WANG, R. **Canny edge detection**. 2013. Disponível em: <<http://fourier.eng.hmc.edu/e161/lectures/canny/node1.html>>. Acesso em: 25 jul. 2014.
64. CANNY, J. A. A computational approach to edge detection. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machines Intelligence**, Toronto, v. 8, n. 6, p. 679-698, 1986.
65. VALENTE, T. L. A. **Metodologia computacional para detecção e diagnóstico automáticos de estrabismo em vídeos digitais utilizando o cover test**. 2017. 78 f. Dissertação (Mestrado em engenharia Elétrica da UFMA) - Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2017.

66. VALE, G. M.; POZ, A. O. Processo de detecção de bordas de canny. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 67-78, 2002.
67. ALVES, M. R. et al. **Série oftalmologia brasileira: oftalmologia pediátrica e estrabismo**. 4. ed. Rio de Janeiro: Cultura Médica, 2017. v. 2.
68. STATA CORP. **Stata Statistical Software**: release 14. College Station: StataCorp LP, 2015. Disponível em: <<https://www.stata.com/support/faqs/resources/citing-software-documentation-faqs/>>. Acesso em: 18 nov. 2017.
69. PAGANO, M.; GAUVREAU, K. **Princípios de bioestatística**. São Paulo: Thomson, 2004.
70. PEREIRA, M.G. **Epidemiologia: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995.
71. MAGALHÃES, A. A. A ambliopia: um problema de saúde pública. Projecto de Rastreio Nacional de saúde visual da Infância. **Oftalmologia**, Lisboa, v. 40, n. 2, p. 97-106, 2016.
72. RAJAVI, Z. et al. Is noncycloplegic photorefractive applicable for screening refractive amblyopia risk factors? **Journal of Ophthalmic & Vision Research**, Tehran, v. 7, n. 1, p. 3-9, Jan. 2012.
73. ARTHUR, B. W. et al. Field Testing of the plusoptix S04 photoscreener. **American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus**, St. Louis, v. 13, n. 1, p. 51-57, 2009.
74. YANG, H. K. et al. Assessment of binocular alignment using the three-dimensional Strabismus Photo Analyzer. **The British Journal of Ophthalmology**, v. 96, n. 1, p. 78-82, 2012. Disponível em: <<https://wenku.baidu.com/view/694e7f64905f804d2b160b4e767f5acfa1c78388.html?re=view>>.
75. GARVEY, K. A. Prevalence of strabismus, among preschool, kindergarten, and first-grade Tohono O'odham children. **Optometry**, St. Louis, v. 81, n. 4, p. 194-199, 2010.

APÊNDICE A - Ficha de Triagem e Avaliação do Paciente**FICHA:1 FICHA PARA INCLUSÃO DO PACIENTE NO ESTUDO**

N_____

NOME: _____

IDADE? _____ SEXO: _____

RAÇA: _____ ESCOLARIDADE: _____

ENDEREÇO: _____

TELEFONE: _____

CRITÉRIOS PARA INCLUSÃO NO ESTUDO

- () Capacidade de atingir 1,0 / 1,0 de visão com a melhor correção visual e informar a acuidade visual de maneira confiável;
- () Ausência de quaisquer assimetrias entre as pupilas, córneas, globos oculares, fendas palpebrais
- () Ausência de nistagmo manifesto

RESULTADO OBTIDO PELO SOFTWARE**MEDIDA:**

São Luís, _____ / _____ / _____

FICHA 2: AVALIAÇÃO OFTALMOLÓGICA PELO ESTRABÓLOGO

N: _____

NOME: _____

TESTE DE COBERTURA (COVER) SIMPLES E ALTERNADA: **ORTOTRÓPICO** **ESTRÁBICO****MEDIDA :**

São Luís, _____ / _____ / _____

APÊNDICE B - Formato Final do Artigo Científico

Número do Manuscrito: 059

Original Article

COMPUTATIONAL METHOD FOR AUTOMATED DETECTION OF STRABISMUS.

Michelline Joana Tenório Albuquerque Madruga, **MESQUITA**¹, Jorge Antônio Meireles, **TEIXEIRA**², Flávio Mac Cord, **MEDINA**³, João Dallyson Sousa de, **ALMEIDA**⁴, Alcione Miranda dos, **SANTOS**⁵, Bruno Luciano Carneiro Alves de, **OLIVEIRA**⁶

¹ Professor of Federal University of Maranhão-UFMA-Specialist, ² Professor of Federal University of Maranhão-UFMA- MD, ³ Professor of State University of Rio de Janeiro-UERJ-MD, ⁴ Professor of Federal University of Maranhão-UFMA-PHD, ⁵ Professor of Federal University of Maranhão- UFMA- PHD

Corresponding author: Michelline Joana Tenório Albuquerque Madruga Mesquita. Tel: + 55 98 981246777. email:michelline09@gmail.com. Address for correspondence: Av. Holandeses, n.09, apt.1201, ed. Amsterdam, Calhau, 65071380, São Luís, MA, Brazil.

ABSTRACT

Amblyopia is a public health problem and strabismus is its main cause. **Objective:** To evaluate the concordance of the diagnosis of strabismus between strabismus expert ophthalmologist and software developed for this purpose (multifunctional cell phone application with Android. **Methods:** The concordance of the diagnosis of strabismus between the expert ophthalmologist and the software was evaluated by screening two hundred twenty-four children and adolescents in the 5-15 years age group, with snapshots of patients' eyes and their analysis thereof, using the software developed for multifunctional cell phone with Android and the ophthalmologist's clinical evaluation by analyzing the ocular deviations by the method of simple cover and prism and alternate cover. **Results:** Fraction measurements were used with two cutoff points of 5.9 and 10.9 prismatic diopters (PD). Results were compared according to their concordances, with a fair Kappa equal to 0.44 (95%CI = [0.32; 0.56]), which was statistically significant ($p < 0.0001$) at the cutoff point of 5.9 PD and Kappa equal to 0.48 (95% CI = [0.35; 0.61]), which was statistically significant ($p < 0.042$) in the cutoff point of 10.9 PD. **Conclusion:** The cutoff point of 5.9 PD was chosen for screening by this software, since it caused the loss of only two patients with strabismus, whereas in the case of 10.9 PD, the loss was five patients in the universe of two hundred and twenty-four. These results are promising for the use of this software as a screening method for patients with strabismus.

Keywords: Primary prevention. Mass screening. Diagnosis. Strabismus. Software.

INTRODUCTION

In world literature, amblyopia is recognized as a public health problem and appears as the main cause of low visual acuity in childhood and is one of the three most common in adults, with a prevalence ranging from 1 to 5% of the population¹⁻⁸. Strabismus is the main cause of amblyopia and one of the most common ocular changes in childhood^{5,9}. Strabismus is diagnosed through physical examination and ophthalmologic tests, and special methods and maneuvers are required, and more often than not, an examination not only with the general ophthalmologist, but also with a strabismus expert^{5,9,10}. However, some studies evidence the lack of strabismus professionals in the world¹¹.

The screening technique for detecting visual changes in preschoolers has been shown to be cost-effective^{12,13}. New technologies have been developed in the health area in the last decades, with the purpose of facilitating the automatic detection of morphofunctional changes that may be associated with pathologies, using both image processing and analysis¹⁴⁻¹⁷.

In ophthalmology, the screening of patients has been performed by the Photoscreening technique¹⁸⁻²⁰. When correctly performed, it is fast, efficient, reproducible and highly reliable. It does not replace accurate measurement of visual acuity, but can provide important information about pathologies that may be affecting a child's vision, such as strabismus, refractive errors, cataract and retinoblastoma^{18,19}. The main drawbacks are that photographic analysis is not instantaneous; it is operator-dependent and has higher costs than traditional method, due to the cost of the camera, the film and the interpretation of the photograph²¹⁻²³.

As seen in preschoolers' screening, it has been shown to be a strong ally in the prevention of avoidable blindness, and new artificial technologies are a good option for speed and ease of execution and they collaborate in the diagnosis in regions that lack ophthalmologists. This project evaluates the concordance of the diagnosis of strabismus between a multifunctional mobile application tested in schoolchildren and patients of the extrinsic ocular motility clinic of the ophthalmology department of the University Hospital of the Federal University of Maranhão (HUUFMA) and the strabismus expert ophthalmologist.

PATIENTS AND METHODS

This is a cross-sectional study based on data on the evidence of strabismus among children and adolescents aged 5-15 years of the strabismus outpatient clinic of the University Hospital of the Federal University of Maranhão (HUUFMA) and public schools in the municipality of São Luís, Brazil, in the period of 2015-2017. The Research Ethics Committee of the University Hospital of the Federal University of Maranhão-CEP/HUUFMA approved the study (CAAE: 48524915.2.0000.5086, 2015, N°1.242.814).

The sample size was calculated using the statistical program Epi Info® 7.2 and considering the following parameters: prevalence of strabismus of 2%, test power of 80% to detect a difference of at least 5% and an expected concordance between the methods of 40%, totaling 182 children²⁴⁻²⁶. Sample size was adjusted by 10% to cater for possible losses. At the end of the research, two hundred and twenty-four children and adolescents in the 5-15 years age group were selected to participate in the study.

Data was collected based on the application of a software through snapshot and analysis of a photograph of the patient's eyes and the clinical evaluation of the ophthalmologist, applying the simple cover and prism and alternate cover methods.

The software was designed to diagnose strabismus, using the computational analysis of photographs. It uses the Hirschberg method to detect deviations, through the Hough Transform and Canny Method²⁷. From the evaluation of the corneal light reflex (first Purkinje image) and its distance in the vertical – upward – and horizontal axis – nasal center up to the limbus, in each of the eyes, we have the following:

- Initially, the image is located by the computer in each eye
- Then, the distance from the reflex to the horizontal (DH) and vertical (DV) limbus is measured
- The corneal diameter is also evaluated at 180° and is compared with that of the other eye
- If there is no difference in diameters, the pure and simple comparison of eyes' DH and DV is made
- Any difference in corneal diameters entails the calculation of the proportion of decentration of the reflex in the non-fixating eye in relation to the positioning of the reflex in the fixating eye, based on the difference in diameter of the two corneas, as explained below:
- Assuming that the diameter of the cornea of the OD is 11.0_{mm} and that of the OE 11.5_{mm}. Then, 1.0_{mm} straight line drawn on the cornea of the OD will be equal to “X_{mm}” in the OE. Applying a rule of three, one has:

$$\begin{array}{r} 11.0_{\text{mm}} \text{ ——— } 11.5_{\text{mm}} \\ 1.0_{\text{mm}} \text{ ——— } X_{\text{mm}} \end{array}$$

$$\text{Therefore, } X = (11.5 \cdot 1.0) / 11.0 \rightarrow X = 1.045_{\text{mm}}$$

That is, every 1.0_{mm} of straight-line displacement, considered in the cornea of the OD is equivalent to 1.045_{mm} of the same displacement in the cornea of the OE. Then, the DH and DV of the OE should be multiplied by 1.045 (corneal proportionality constant OE/OD), before being compared with the respective distances taken in the OD.

Thus, it can measure the positioning of the first Purkinje image, comparing it with that of the other eye, considering differences in the size of the cornea of both eyes. It is also possible to consider refractive error (anisometropia) differences, waiving the use of contact lenses when photographing anisometropes. This is because any increase or decrease in corneal size, artificially given by a high spherical equivalent corrector lens will be discounted by calculating the corneal proportionality constant between the eyes for that image captured under the influence of the dioptric power of the corrective lens in use.

As the major problem in the evaluation of these patients by the proposed method is anisometropia, since differences in corneal size or curvature or axial length are not so significant in most of people with strabismus, by solving this problem, one can expect that the proposed method would be applicable to most of the patients in question.

For the evaluation of the results, we used fractional measures, two cutoff points of 5.9 and 10.9 prismatic diopters (PD), even knowing that experts are not able to measure this way, since the tool (prism box) they use only works with integer values. However, the software is able to measure with decimal numbers.

In order to facilitate the mathematical analysis of the results, the standard procedure is that esotropias (ET) would be registered with a positive sign (+) preceding their numerical value and exotropias (XT) with negative sign (-), same as in hypertropias (HT) when the right eye

was higher than the left, the record was made with the positive sign (+) and the negative sign (-) when the left eye was higher.

For the screening of patients, the strabologist initially used the simple cover and, in the presence of deviations, this was measured by the prism and alternate cover test.



(A)



(B)

Picture 1: (A) Simple cover test; (B) Prism and alternate cover test.

Source: AUTHOR

Data sheets completed during the evaluation and included measurements of the strabologist's ocular alignment and software, for further comparison of the results.

The patient's examination was started by taking the visual acuity of each eye separately, with the best visual correction, by means of a Snellen's optotypes chart. Those who achieved at least 20/25 vision in both eyes (OU) were evaluated by the non-ophthalmologist professional who took the photos, using a multifunctional cell phone that ran a software developed for the automated diagnosis of strabismus, and then went for examination by the strabismus expert ophthalmologist. We excluded patients who were unable to achieve 20/25 (OU) with the best visual correction or to report visual acuity; any asymmetry between pupils, corneas, eyeballs, palpebral slits; manifest nystagmus; and non-cooperative patients in the examination.

Some technical care was required during photo taking: 1-The researcher should be positioned in front of the patient, both sitting in a chair of the same height and with room showing good lighting; 2 - The patient's face should be centered and asked to look at the camera lens of the cell phone and the photograph was taken with the lens of the cell phone at about 40-50cm distance, measured through a millimeter ruler, with the flash and macro function turned on, and digital zoom adjusted from 2.7 to 2.8x magnification. 3- The cell phone was positioned so that its largest axis was horizontal and the automatic screen rotation function was activated. Care was taken in order not to frame the patient's entire face for ethical reasons.

The cell phone used was a Galaxy S6 model with 13-megapixel camera image resolution with 3x digital zoom, set to the image capture mode in as much detail and sharpness as possible (4128x3096).

Data were evaluated by the Stata 14® program (2015). Initially, the frequency of strabismus was estimated according to the evaluation by the ophthalmologist and the software with two cutoff points. Descriptive measures (mean, standard deviation, 25th, 50th and 75th percentile) and analysis of the significance of horizontal and vertical deviations of the eyeball of subjects with and without strabismus according to screening by ophthalmologist and software were then shown.

The significance analysis was performed using the Wilcoxon Sign Test to compare the significance level between the types of eyeball deviations. Values of $p < 0.05^{28}$ were considered statistically significant.

The Kappa Index (K) was calculated to measure the concordance level of the prevalence of strabismus between methods (ophthalmologist vs. software) with two cutoff points.

RESULTS

After measuring the ocular deviations by the software and by the strabismus expert ophthalmologist, the results were obtained in the following tables, considering two measures as cutoff points in the evaluation of results: less than 5.9 prismatic diopters (PD) and less than 10.9 PD.

Table 1 shows the descriptive measures of the horizontal and vertical deviations of the children under study evaluated in the presence or absence of strabismus by the strabismus expert ophthalmologist and by the software in two cutoff points. Considering the cutoff point of 5.9 PD, the ophthalmologist obtained a mean horizontal deviation of 12.8 and a standard deviation of 30.0, whereas the software found a mean of -1.4 and a standard deviation of 18.5. In the vertical deviation, the ophthalmologist found a mean of 0.9 and standard deviation of 3.0, whereas the software found a mean of 2.0 and a standard deviation of 6.8. At the cutoff point of 10.9 PD, the ophthalmologist observed a mean horizontal deviation of 16.7 and a standard deviation of 31.0, whereas the software showed a mean of 1.4 and a standard deviation of 24.3. In the vertical deviation, the ophthalmologist had a mean of 1.1 and a standard deviation 3.3, whereas the software had a mean of 2.6 and a standard deviation of 8.2.

Table 1: Descriptive measures and analysis of significance* of the horizontal and vertical deviations of the ocular globe from students and patients from the ocular motility outpatient clinic aged 5-15 years (n = 224) with and without strabismus according to screening performed by ophthalmologist and software®, according to the cutoff point, São Luís, Maranhão, Brazil, in 2017

Screening	Cutoff point	Strabismus	Deviation axis	N	Mean	Standard Deviation	25 th Percentile	50 th Percentile	75 th Percentile	P-value*
Ophthalmologist	5.9 PD	Yes	Horizontal ¹	19	12.8	30.0	-15.0	12.0	40.0	p≤0.18
			Vertical ³	19	0.9	3.0	0.0	0.0	0.0	p=0.54
		No	Horizontal ²	205	-0.03	0.2	0.0	0.0	0.0	p<0.0001
			Vertical ⁴	205	-0.01	0.1	0.0	0.0	0.0	p<0.0001
Software®	5.9 PD	Yes	Horizontal ¹	48	-1.4	18.5	-10.6	-6.8	2.2	p≤0.18
			Vertical ³	48	2.0	6.8	0.0	0.9	5.2	p=0.54
		No	Horizontal ²	176	-2.3	3.6	-3.4	-1.8	-0.3	p<0.0001
			Vertical ⁴	176	0.93	2.9	0.0	0.07	2.05	p<0.0001
Ophthalmologist	10.9 PD	Yes	Horizontal ⁵	16	16.7	31.0	-15.0	13.5	45.0	p≤0.11
			Vertical ⁷	16	1.1	3.3	0	0	0	p=1.0
		No	Horizontal ⁶	208	-0.2	1.1	0.0	0.0	0.0	p<0.0001
			Vertical ⁸	208	-0.01	0.1	0.0	0.0	0.0	p<0.0001
Software®	10.9 PD	Yes	Horizontal ⁵	26	1.4	24.3	-14.3	-5.8	16.8	p≤0.11
			Vertical ⁷	26	2.6	8.2	0	0.2	7.7	p=1.0
		No	Horizontal ⁶	198	-2.6	4.0	-3.6	-1.9	-0.3	p<0.0001
			Vertical ⁸	198	1.0	3.2	0	0.2	2.4	p<0.0001

Notes: * Wilcoxon test to compare the level significance between types of deviations of the eyeball

Table 2: Frequency of strabismus among students and patients of the outpatient ocular motility clinic aged 5-15 years (n=224) according to screening performed by ophthalmologist and software, according to cutoff point, São Luís, Maranhão, Brazil, in 2017

Cutoff points (Error margin)	Ophthalmologist		Software®	
	n	%	n	%
≤ 5.9 PD	19	8.5	48	21.4
≤10.9 PD	16	7.1	26	11.6

The frequency of strabismus differed according to screening performed by ophthalmologist and software with two cutoff points, and the software estimated the highest percentage. At the cutoff point of 5.9 PD, the software indicated a 21.4% prevalence of strabismus and the ophthalmologist 8.5%. At the cutoff point of 10.9 PD, the ophthalmologist evaluated 7.1% of strabismus versus 11.6% of the software.

Table 3: Concordance analysis of the frequency of strabismus among students and patients of the outpatient ocular motility clinic aged 0-15 years (n = 224) between the screening performed by ophthalmologist and software® with the cutoff point of 5.9 PD, São Luís, Maranhão, Brazil, in 2017

		Ophthalmologist		Total
		Yes	No	
Software®	Yes	17	31	48
	No	2	174	176
Total		19	205	224

In the analysis of the concordance of the methods used in this study, considering the cutoff point of 5.9 PD, Kappa coefficient was equal to 0.44 (95% CI = [0.32; 0.56]), which was considered fair and statistically significant (p<0.0001).

We verified that only two children were classified as non-strabismic by the software, while the expert classified them as strabismic. On the other hand, thirty-one children were diagnosed as strabismic by the software and were not classified as such by the expert.

Table 4: Concordance analysis of the frequency of strabismus among students and patients of the outpatient ocular motility clinic aged 0-15 years (n = 224) between the screening performed by ophthalmologist and software® with the cutoff point of 10.9 PD, São Luís, Maranhão, Brazil, in 2017

		Ophthalmologist		Total
		Yes	No	
Software®	Yes	11	15	26
	No	5	193	198
Total		16	208	

Source: Author, 2017

When analyzing the concordance of the methods used in this study, considering the cutoff point of 10.9 PD, a Kappa coefficient of 0.48 (95% CI = [0.35; 0.61]) was obtained, which was statistically significant (p<0.042).

We verified that only five children were classified as non-strabismic by the software while the expert classified them as strabismic. On the other hand, 15 children were diagnosed as strabismic by the software, disagreeing with the expert.

DISCUSSION

The increasing introduction of digital technologies in the health area has brought about rapid and important transformations, enabling the transition from the diagnosis of diseases in advanced stages to an increasingly preventive health, assisting the physician in the provision of more accurate diagnoses, favoring prevention, control and early treatment of diseases.

This work brings the possibility of early diagnosis of strabismus by means of a software adapted for multifunctional cell phones with Android in a financially feasible way, without the need for an ophthalmologist. Early diagnosis of strabismus leads to the possibility of immediate treatment and reduced amblyopic adults, ensuing social and individual gains.

The software is designed to be used by any healthcare professional or even members of the community, especially health workers who are in direct contact with the community, who have a multifunctional cell phone with Android in inexpensive fashion at no extra cost to the health network. This ease of use differentiates it from the other works developed for ophthalmologic screening, which require special and often very expensive equipment, with greater expenditure of logistics for its circulation and use and, in some cases, not allowing instant diagnosis. These were the limitations of the works by Magalhães, 2016, Rajavi et al., 2012 and Athur et al., 2008, where screening of children at risk of having amblyopia was performed and the refractive error was evaluated in both eyes using the photoscreening technique, which requires a special equipment, namely, the *PlusOptiX A09 photoscreener*²⁹⁻³¹. In the study by Almeida et al., 2012 we found a software developed for the screening and diagnosis of strabismus, but needed to take a photo of a Sony R Cybershot 8.1-megapixel camera and a computer where the software that analyzed this photography was installed, and the instant photo evaluation is not performed²⁷. Similarity was found in the work by Yang et al., 2012, who developed a computer program to analyze photographs (3D Strabismus Photo Analyzer) taken by a digital camera (EOS20D, Canon Inc)³². In the study by Franceschetti et al., 2006, and Helveston et al., 2001, electronic teleconsulting was used to diagnose strabismus, which required a camera, computer, floppy disk and internet to send photos taken remotely to a strabismus expert ophthalmologist who analyzed them^{11,33}. The drawbacks of previous studies compared to this study would be the costs of equipment required to perform patient screening and, the disadvantage of works by Almeida et al., 2012, Yang et al., 2012, Franceschetti et al., 2006 and Helveston (2001) would be the delayed diagnosis results^{11,27,32,33}.

In the results, we observed that the most frequent type of deviation was horizontal both by the software and the expert, at both cutoff points of 5.9 PD or 10.9 PD, corroborated by the prevalence studies of Shimauti et al., 2012, Garvey et al., 2010 and Garcia et al., 2004³⁴⁻³⁶.

When evaluating the significance of strabismus deviations' measurements by software and the ophthalmologist, we observed that, in the absence of strabismus, there was a statistically significant concordance between them ($p < 0.0001$). However, when evaluating strabismus cases, an important difference was found between the measurements of the horizontal and vertical deviations of the eyes verified by the software and the ophthalmologist ($p \leq 0.11$ ap=1.0), justified by the way the software analyzes the images, since the eye with a deviation is being observed tangentially to the camera of the software and not at the right angle as analyzed by the ophthalmologist. This results in the incongruity among values found and it will be greater the greater the deviation, which does not invalidate the software for screening, since this study does not aim to compare measures, but rather the early and community diagnosis of

strabismus regardless of the deviation value. It is emphasized that if large deviations increase the probability of software error, even lay people can perceive them.

When evaluating the frequency of strabismus, a higher percentage of suspected strabismus was observed in the software, when compared with ophthalmologist, in both 5.9 PD and 10.9 PD cutoff points. It should be noted that in the 5.9 PD cut-off point, we had the largest difference in the number of suspected strabismus cases, twenty-nine more patients with strabismus diagnosed by the software compared to the expert in the universe of two hundred and twenty-four patients evaluated. In Franceschetti et al., 2006, similar values were observed, with twenty-six more cases of strabismus diagnosed by the method evaluated from a total of ninety-five patients attended¹¹. In the study by Almeida et al., 2012, we observed similar discordance, with four cases of strabismus considered by the method, which were classified as normal by the expert, in a universe of forty evaluated patients²⁷.

For the main objective of the study, in which the software was developed for application in the community screening of patients, in its results, considering a cutoff point of 5.9 PD, it shows a non-confirmation of the diagnosis of only two patients classified as strabismic by the ophthalmologist in a universe of two hundred twenty-four people evaluated. Even showing a greater number of cases of suspected strabismus in disagreement with the ophthalmologist who classified them as normal, thirty-one patients in total, this does not invalidate the method if we think that, in a real screening, these patients would be referred for ophthalmological consultation, that is, the fact that they initially misdiagnosed strabismus by the software would not cause them any harm.

This leads us to classify the concordance of the software diagnosis with the expert as fair (Kappa equals 0.44) and statistically significant ($p < 0.0001$)³⁷. When comparing the current study to that performed by Almeida et al., 2012, where forty participants with suspected strabismus were analyzed, we observed a discordance between the software and the expert in nine results, in which five strabismus was reported by the expert against none by the software, which is a higher value than that found in this study²⁷.

In the study by Helveston et al., 2001, two cases were observed in which telemedicine considered them as non-strabismic and the expert as strabismic; nevertheless, only fifteen patients were evaluated in this study³³. In the study by Franceschetti et al., 2006, who worked with a population of ninety-five patients, there was no discordance regarding the diagnosis of normality¹¹. In the study by Yang et al., 2012, a strong correlation was observed between the software and expert diagnosis; however, the ophthalmologist evaluated ocular deviation by the Krimsky method (less precise) when it is known that the golden standard to measure strabismus is the prism and cover method, adopted by our study³². This poor accuracy of the Krimsky method was emphasized in the mentioned work, when he reports that even the most experienced strabologists when using this method show 5 to 10 PD discordance among themselves.

When comparing the concordance between the software and the ophthalmologist to a cutoff point of 10.9 PD (Table 4), we observed an increased number of non-strabismic diagnosis by software when compared to the ophthalmologist, from two to five patients, although it was classified as a fair concordance (Kappa = 0.48) and was statistically significant ($p < 0.0001$), similar to the cutoff point of 5.9 PD. This is due to decreased number of strabismic diagnoses considered by the software and not by the ophthalmologist, from thirty-one to fifteen patients.

However, we considered a cutoff point of 5.9 PD as a choice, since we prioritized a software for screening, and the loss of a greater number of true strabismic would be more detrimental to this goal, not referring to ophthalmologists who truly need their care.

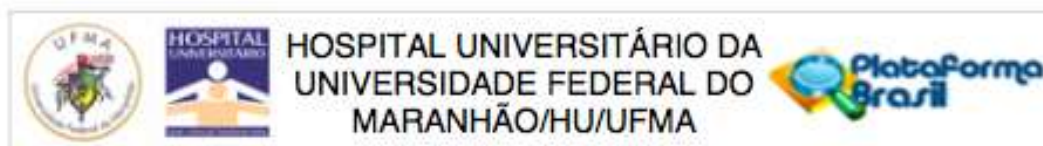
Since the software only works with the analysis of photographs, a limitation is the possibility of diagnosis only of manifest (tropias) and never the latent (phorias) deviations. Besides, photos were only taken in the eye's primary position at about 40 cm from the patient, which could not diagnose incomitant far/near deviations, or in the eye's secondary or tertiary positions. A new version of the software is being developed, which analyzes films in the eye's primary and secondary positions.

REFERENCES

1. Chua B, Mitchell P. Consequences of amblyopia on education, occupation, and long term vision loss *Br J Ophthalmol*. 2004 Sep;88(9):1119-21.
2. Carlton J, Kaltenthaler E. Amblyopia and quality of life: a systematic review. *Eye (Lond)*. 2011 Apr;25(4):403-13.
3. Preslan MW1 Novak A. Baltimore Vision Screening Project. *Ophthalmology*. 1998 Jan;105(1):150-3.
4. Weber KP, Rappoport D, Dysli M, Schmückle Meier T, Marks GB, Bockisch CJ, et al. Strabismus measurements with novel video Goggles. *Ophthalmology*. 2017 Dec;124(12):1849-1856.
5. Nehemy M, Passos E. *Oftalmologia na prática clínica*. Belo Horizonte: Folium; 2015.
6. Louis B. Basic and clinical Science course: pediatric ophthalmology and strabismus. San Francisco: American Academic of Ophthalmology; 2005.
7. Snowdon SK, Stewart-Brown SL. Preschool vision screening. *Health Technol Assess*. 1997;1(8):i-iv, 1-83.
8. Flynn JT, Cassady JC. Current Trends in Amblyopia Therapy. *Ophthalmology*. 1978 May;85(5):428-50.
9. Helveston EM. Understanding, detecting and managing strabismus. *Community Eye Health*. 2010 Mar; 23(72): 12-4.
10. Souza-Dias CR, Henderson CA. *Estrabismo*. São Paulo: Roca; 1993.
11. Franceschetti A, Mawas LJ, Vital-Durand F, Diraison MC, Leplat F. Early detection of strabismus with the help of digital pictures. In: *Annals of International Congress of Ophthalmology*, 1966. São Paulo: Clade, 2006. p. 195-9.
12. Donahue SP. The relationship between anisometropia, patient age, and the development of amblyopia. *Trans Am Ophthalmol Soc*. 2005 Dec; 103: 313-36.
13. Kvarnström G, Jakobsson P, Lennerstrand G. Screening for visual and ocular disorders in children, evaluation of the system in Sweden. *Acta Paediatr*. 1998 Nov;87(11):1173-9.
14. Jiang Y1 Nishikawa RM, Schmidt RA, Metz CE, Giger ML, Doi K. Improving breast cancer diagnosis with computer-aided diagnosis. *Acad Radiol*. 1999 Jan;6(1):22-33.
15. Freer TW, Ulisse MJ. Screening mammography with computer-aided detection: prospective study of 12,860 patients in a community breast center. *Radiology*. 2001 Sep;220(3):781-6.
16. Way TW, Hadjiiski LM, Sahiner B, Chan HP, Cascade PN, Kazerooni EA, et al. Computer-aided diagnosis of pulmonary nodules on CT scans: Segmentation and classification using 3D active contours. *Med Phys*. 2006 Jul;33(7):2323-37.
17. Oloumi F, Rangayyan RM, Ells AL. Computer-aided diagnosis of proliferative diabetic retinopathy. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2012;2012:1438-41.
18. American Academy of Pediatrics. Committee on Practice and Ambulatory Medicine and Section on Ophthalmology. Eye examination in infants, children, and young adults by pediatricians. *Pediatrics*. 2003 Apr;111(4):902-7.

19. American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus. Photoscreening. 2017 [cited 2017 Ago 23]. Available from: <https://aapos.org/terms/terms/140>.
20. Campos EC, Orciuolo M, Schiavi C. A new automatic computerized deviometer. *Int Ophthalmol*. 1989 Jul;13(4):291-5.
21. Salcido AA, Bradley J, Donahue SP. Predictive value of photoscreening and traditional screening of preschool children. *J AAPOS*. 2005 Apr;9(2):114-20.
22. Tong PY, Bassin RE, Enke-Miyazaki E, Macke JP, Tielsch JM, Stager DR, et al. Screening for amblyopia in preverbal children with photoscreening photographs. *Ophthalmology*. 1998;105(5):856-63.
23. Simons K. Preschool methodology vision screening: rationale, methodology and outcome. *Surv Ophthalmol*. 1996 Jul-Aug;41(1):3-30.
24. Centers for Disease Control and Prevention. Epiinfo™ versão 7.2: a database and statistic program for public health professionals. Atlanta: Centers of Disease Control na Prevention; 2017.
25. Robaei D, Kifley A, Mitchell P. Factors associated with a previous diagnosis of strabismus in a population based sample 12-year-old Australian children. *Am J Ophthalmol*. 2006 Dec;142(6):1085-8.
26. Williams C, Northstone K, Howard M, Harvey I, Harrad RA, Sparrow JM. Prevalence and risk factors for common vision problems in children: data from the ALSPAC study. *Br J Ophthalmol*. 2008 Jul;92(7):959-64.
27. Almeida JD, Silva AC, Paiva AC, Teixeira JA. Computational methodology for automatic detection of strabismus in digital images through Hirschberg test. *Comput Biol Med*. 2012 Jan;42(1):135-46.
28. Pagano M, Gauvreau K. Princípios de bioestatística. São Paulo: Thomson; 2004.
29. Magalhães AA. A ambliopia: um problema de saúde pública. *Oftalmologia*. 2016; 40(2):97-106.
30. Rajavi Z, Parsafar H, Ramezani A, Yaseri M. Is noncycloplegic photorefracton applicable for screening refractive amblyopia risk factors? *J Ophthalmic Vis Res*. 2012 Jan;7(1):3-9.
31. Arthur BW, Riyaz R, Rodriguez S, Wong J.. Field Testing of the plusoptix S04 photoscreener. *J AAPOS*. 2009 Feb;13(1):51-7.
32. Yang HK, Han SB, Hwang JM, Kim YJ, Jeong CB, Kim KG. Assessment of binocular alignment using the three-dimensional Strabismus Photo Analyzer. *Br J Ophthalmol*. 2012 Jan;96(1):78-82.
33. Helveston EM, Orge FH, Naranjo R, Hernandez L. Telemedicine: strabismus E-consultation. *J AAPOS*. 2001 Oct;5(5):291-6.
34. Shimauti AT, Pesci LT, Sousa RLF, Padovani CR, Schellini SA. Estrabismo: detecção em uma amostra populacional e fatores demográficos associados. *Arq Bras Oftalmol*. 2012;75(2):92-6.
35. Garvey KA, Dobson V, Messer DH, Miller JM, Harvey EM. Prevalence of strabismus, among preschool, kindergarten, and first-grade tohono o'odham children. *Optometry*. 2010 Apr;81(4):194-9.
36. Garcia CAA, Sousa AB, Medonça MBM, Andrade LL, Oréface F. Prevalencia de Estrabismo nos Estudantes de Natal/RN-Brasil. *Arq Bras Oftalmol*. 2004;6(5):791-4.
37. Pereira MG. Epidemiologia: teoria e prática. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1995.

ANEXO A - Parecer Consubstanciado do CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: MÉTODO COMPUTACIONAL PARA DETECÇÃO AUTOMATIZADA DO

Pesquisador: Jorge Antonio Meireles Teixeira

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 48524915.2.0000.5086

Instituição Proponente: Hospital Universitário da Universidade Federal do Maranhão/HU/UFMA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

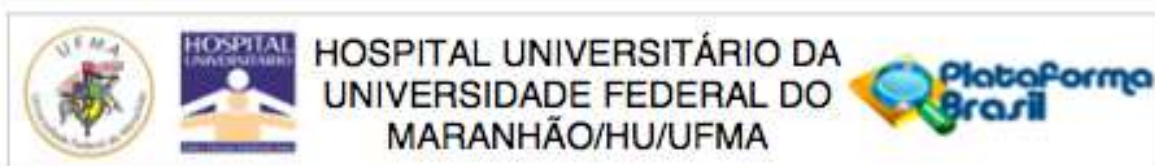
DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.242.814

Apresentação do Projeto:

O estrabismo é uma doença que consiste na ausência do normal paralelismo entre os eixos visuais, é uma resultante da alteração óculo-motora que impede a fixação bifoveal, sendo uma das alterações mais comuns da infância e a principal causa de ambliopia. De uma maneira geral pode-se dizer que o componente motor do estrabismo, o aspecto estético do desvio, pode ser tratado em qualquer época da vida, porém os distúrbios sensoriais apresentam um período mais curto para serem tratados, fase de plasticidade do sistema visual, por volta de 9 anos de idade. Há magnitudes de estrabismo, alguns desvios grandes que podem ser percebidos até por não médicos e desvios pequenos que mesmo em crianças colaborativas ao exame requer o emprego de métodos e manobras especiais para diagnosticá-lo, necessitando muitas das vezes de um exame não só com o oftalmologista geral, mas sim com um especialista em estrabismo. O estudo em questão, que visa validar um software para detecção e diagnóstico automáticos de estrabismo, através da triagem de pacientes suspeitos, por profissional médico não oftalmologista. O referido software baseia-se na análise matemática automatizada de fotos digitais, tomadas com alguns cuidados técnicos mínimos e por uma câmera fotográfica digital comum de um celular multifuncional. Trata-se de um estudo analítico, prospectivo, experimental. Os sujeitos serão crianças ou adolescentes com idade entre 08 e 15 anos alfabetizadas (grupo teste), selecionadas por busca ativa em uma escola do município de São Luís. O grupo controle será

Endereço: Rua Barão de Itapary nº 227
Bairro: CENTRO **CEP:** 65.020-070
UF: MA **Município:** SAO LUIS
Telefone: (98)2109-1250 **Fax:** (98)2109-1223 **E-mail:** cep@huufma.br



Continuação do Parecer: 1.242.B14

composto por pacientes da mesma faixa etária com diagnóstico de estrabismo que comparecerem por demanda espontânea ao ambulatório de motilidade ocular extrínseca do serviço de oftalmologia do HUUFMA. O grupo teste será selecionado e examinado em uma escola municipal da cidade de São Luís-MA por médico não especialista em oftalmologia e em seguida avaliado por oftalmologista especialista em estrabismo. Para o grupo teste, serão avaliadas igual número de crianças e adolescentes sem tal diagnóstico (n = 28), totalizando uma amostra final de 56 crianças e adolescentes. Financiamento próprio.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo primário:

Triar pacientes suspeitos de estrabismo, fazendo uso de um software desenvolvido para este fim (aplicativo para celular multifuncional), dispensando o profissional médico oftalmologista subespecializado em estrabismo.

Objetivos Secundários

- Determinar a acurácia do método na detecção do estrabismo;
- Diagnóstico precoce do estrabismo;
- Auxiliar os médicos e demais profissionais da saúde no diagnóstico do estrabismo com a ênfase na atenção básica

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: O pesquisador refere que os riscos são associados ao constrangimento do paciente durante a tomada da fotografia. E para minimizar este risco os participantes serão orientados de todo o procedimento a ser realizado, como mostrar ao paciente o aparelho de celular do tipo smartphone que será utilizado para a tomada da foto, explicando o

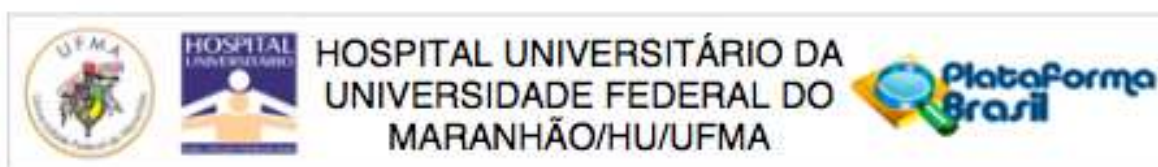
seu funcionamento, e se assim ele o desejar poderá manuseá-lo; simular a tomada da foto com o membro da equipe executora da pesquisa, para que compreenda plenamente o processo ao qual ele será submetido.

Benefício: O principal benefício é destacado pela oportunidade do diagnóstico e tratamento precoce do estrabismo.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Protocolo relevante considerando que o estrabismo, o aspecto estético do desvio, pode ser tratado em qualquer época da vida, porém os distúrbios sensoriais apresentam um período mais curto para serem tratados, que dura por volta de 9 anos de idade, o que justifica o diagnóstico precoce

Endereço: Rua Barão de Itapary nº 227
 Bairro: CENTRO CEP: 65.020-070
 UF: MA Município: SAO LUIS
 Telefone: (98)2109-1250 Fax: (98)2109-1223 E-mail: cep@huufma.br



Continuação do Parecer: 1.242.814

da patologia, entretanto a carência de estrabólogos no Brasil e no mundo, representa aspecto que dificulta seu diagnóstico precoce. A possibilidade de utilizar um software capaz, de pela análise matemática automatizada de fotos digitais, tomadas com alguns cuidados técnicos mínimos e por uma câmara fotográfica digital comum de um celular multifuncional, possibilita a identificação do risco de um paciente ter estrabismo. A possibilidade de testar um software capaz de fazer o diagnóstico do estrabismo, sem a necessidade de um oftalmologista especialista em estrabismo, implicaria na possibilidade de detecção mais precoce favorecendo seu uso na prática diária da atenção básica de saúde e possibilitando o encaminhamento e tratamento.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O protocolo apresenta documentos referente aos "Termos de Apresentação Obrigatória": Folha de rosto, Declaração de compromisso em anexar os resultados na plataforma Brasil garantindo o sigilo, Orçamento financeiro detalhado, Cronograma com etapas detalhada, Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) Termo de Assentimento, Autorização do Gestor responsável do local para a realização da coleta de dados e Projeto de Pesquisa Original na íntegra em Word. Atende à Norma Operacional no 001/2013 (item 3/ 3.3.)

Recomendações:

Após o término da pesquisa o CEP-HUUFMA solicita que se possível os resultados do estudo sejam devolvidos aos participantes da pesquisa ou a instituição que autorizou a coleta de dados de forma anonimizada.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

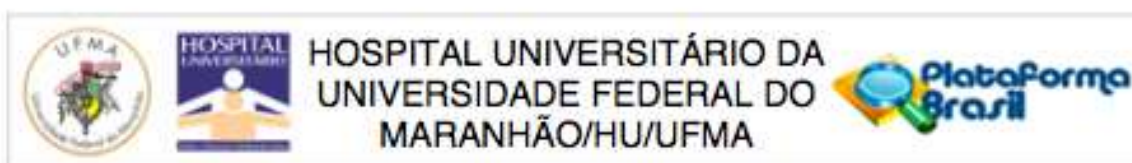
O PROJETO atende aos requisitos fundamentais da Resolução CNS nº 466/12 e suas complementares.

Considerações Finais a critério do CEP:

O Comitê de Ética em Pesquisa-CEP-HUUFMA, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS nº.466/2012 e Norma Operacional nº. 001 de 2013 do CNS, manifesta-se pela APROVAÇÃO do projeto de pesquisa proposto.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser inseridas à plataforma encaminhada ao CEP-HUUFMA de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. O pesquisador deve: desenvolver o projeto conforme delineado; elaborar e apresentar relatórios parciais e final; apresentar dados solicitados pelo CEP quando solicitado; e

Endereço: Rua Barão de Itapary nº 227
 Bairro: CENTRO CEP: 65.020-070
 UF: MA Município: SAO LUIS
 Telefone: (98)2109-1250 Fax: (98)2109-1223 E-mail: cep@huufma.br



Continuação do Parecer: 1.242.814

encaminhar os resultados para publicação sejam eles favoráveis ou não e justificar ao CEP caso haja interrupção do projeto.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	24/08/2015 23:39:42	Jorge Antonio Meireles Teixeira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	ASSENTIMENTO.doc	24/08/2015 23:41:15	Jorge Antonio Meireles Teixeira	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	ASSENTIMENTO1.docx	24/08/2015 23:41:31	Jorge Antonio Meireles Teixeira	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.docx	24/08/2015 23:43:12	Jorge Antonio Meireles Teixeira	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.docx	24/08/2015 23:46:05	Jorge Antonio Meireles Teixeira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	declaracaoanuencia.pdf	25/08/2015 00:10:15	Jorge Antonio Meireles Teixeira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	declaracaocompromissodivulgacao.pdf	25/08/2015 00:11:45	Jorge Antonio Meireles Teixeira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	declaracaoresponsabilidadefinanceira.pdf	25/08/2015 00:12:06	Jorge Antonio Meireles Teixeira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	termocompromissonautizacaoededados.pdf	25/08/2015 00:12:25	Jorge Antonio Meireles Teixeira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	AprovacaoComic.pdf	25/08/2015 00:15:47	Jorge Antonio Meireles Teixeira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	declaracaoprofessor.pdf	25/08/2015 00:16:14	Jorge Antonio Meireles Teixeira	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termoposposedocente.pdf	25/08/2015 00:16:54	Jorge Antonio Meireles Teixeira	Aceito
Folha de Rosto	folharosto3.pdf	15/09/2015 20:44:15	Jorge Antonio Meireles Teixeira	Aceito
Outros	cartaresposta2assinada.pdf	21/09/2015 13:04:26	Jorge Antonio Meireles Teixeira	Aceito
Outros	folhaderostocorrigida1.pdf	21/09/2015 13:05:50	Jorge Antonio Meireles Teixeira	Aceito

Endereço: Rua Barão de Itapary nº 227

Bairro: CENTRO

CEP: 65.020-070

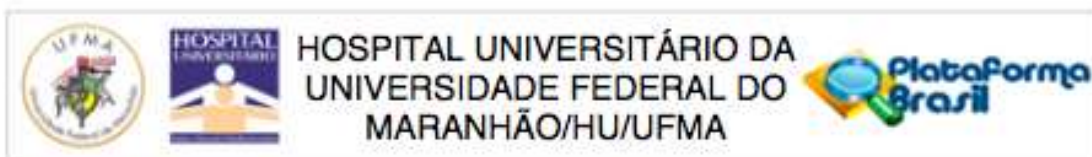
UF: MA

Município: SAO LUIS

Telefone: (98)2109-1250

Fax: (98)2109-1223

E-mail: cep@huufma.br



Continuação do Parecer: 1.242.814

Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P ROJETO_577804.pdf	21/09/2015 13:06:17		Aceito
--------------------------------	--	------------------------	--	--------

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO LUIS, 24 de Setembro de 2015

Assinado por:

Rita da Graça Carvalho Frazão Corrêa
(Coordenador)

Endereço: Rua Barão de Itapary nº 227

Bairro: CENTRO

CEP: 65.020-070

UF: MA

Município: SAO LUIS

Telefone: (98)2109-1250

Fax: (98)2109-1223

E-mail: cep@huufma.br

ANEXO B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**TITULO DA PESQUISA: MÉTODO COMPUTACIONAL PARA DETECÇÃO
AUTOMATIZADA DO ESTRABISMO**

Prezado(a) Senhor(a):

Estamos realizando uma pesquisa em São Luís - MA, para testar um *software* (programa de computador) capaz de, pela análise automatizada de fotos digitais, determinar a possibilidade de um paciente ter estrabismo (olho torto), por meio da tomada de uma fotografia. A participação do menor ao qual o senhor é responsável contribuirá para o desenvolvimento deste software que poderá facilitar o diagnóstico de estrabismo em outras pessoas.

O estrabismo (olho torto) das doenças do olho é a mais comum na infância, devido aos olhos estarem tortos isso leva a baixa de visão que se for descoberta na infância fica mais fácil de ser tratada. Diante do contexto descrito, o objetivo deste trabalho é testar um programa de computador que permitirá realizar o diagnóstico do estrabismo (olho torto) através de uma fotografia dos olhos do paciente, será útil pois facilitará o diagnóstico precoce do estrabismo, mesmo por médicos não oftalmologistas, favorecendo que um maior número de crianças possam ser tratadas mais cedo.

Para participar deste estudo, o menor ao qual o senhor é responsável legal não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. A participação dele é voluntária e a recusa em participar não acarretará em nenhum prejuízo no seu tratamento. Para isso, será feita uma foto dos olhos do menor, usando-se um celular modelo smartphone (celular multifuncional).

Ao participar desta pesquisa o menor não terá nenhum risco físico, entretanto poderá se sentir constrangido no momento da tomada da foto, para minimizarmos este risco iremos conversar previamente com o menor esclarecendo todo o procedimento a ser realizado, mostrando ao menor o aparelho de celular do tipo smartphone que será utilizado para a tomada da foto, explicando o seu funcionamento, e se assim ele o desejar poderá manuseá-lo, além de simular a tomada da foto com um membro da equipe executora da pesquisa, para que o paciente compreenda plenamente o processo ao qual ele será submetido.

O benefício em participar deste estudo será que o menor terá o diagnóstico de estrabismo realizado precocemente e contribuirá para o desenvolvimento de um novo método de exame de estrabismo que facilitará o diagnóstico em outras pessoas.

Os dados fornecidos a partir da participação do menor serão confidenciais e de conhecimento apenas dos pesquisadores responsáveis. O menor não será identificado em nenhum momento, quando os resultados desta pesquisa forem divulgados. O sigilo dos dados e informações pessoais serão mantidos a fim de resguardar a privacidade dele. O Sr(a) poderá ter acesso aos dados dele, assim como terá o direito de se retirá-lo do estudo a qualquer tempo sem nenhum prejuízo para ele.

Antes de concordar que o menor participe desta pesquisa é muito importante que compreenda as informações e instruções contidas e tire todas as suas dúvidas. Em caso de dúvidas sobre a pesquisa pode entrar em contato com o pesquisador responsável Prof. Dr. Jorge Antônio Meireles Teixeira no celular 98 98124-6776 e 2109-1020, no endereço rua Silva Jardim s/n Centro e em caso de dúvidas sobre aspectos éticos, procure o Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário da Universidade Federal do Maranhão (CEP-HUUFMA) no 4º andar do Hospital Universitário Presidente Dutra, Av Barão de Itapary S/N, telefone 21091150. O CEP é composto por um grupo de diferentes profissionais e membros da sociedade que avaliam um estudo para julgar se ele é ético e garantir a proteção dos participantes.

Caso você concorde que o menor ao qual você é responsável legal participe deste estudo, assine o presente documento, nas duas vias de igual teor e rubriche todas as páginas, juntamente com o pesquisador. Uma cópia ficará em seu poder e a outra será arquivada sob a responsabilidade do pesquisador responsável

São Luís, ___/___/_____

Assinatura do (a) participante

Para casos de responsáveis pelo menor analfabetos, semi-analfabetos ou portadores de deficiência auditiva ou visual. Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste paciente ou do representante legal para a participação neste estudo.



Impressão Digital Do Responsável Legal Pelo Menor

Jorge Antônio Meireles Teixeira - Pesquisador

ANEXO C - Termo de Cssentimento do Menor (5-11 anos)

Você está sendo convidado para participar da pesquisa chamada **Método Computacional para Detecção Automatizada do Estrabismo**, esta pesquisa quer ver a presença de desvio nos olhos, ou seja se seu olhos estão tortos. As crianças que irão participar desta pesquisa têm idade de 5 a 15 anos. Seus pais disseram que você pode participar se você quiser, não precisa participar da pesquisa se não quiser, é um direito seu, não terá nenhum problema se desistir, ninguém ficará zangado com você se desistir e você fará sua consulta do mesmo jeito. A pesquisa será feita no ambulatório de oftalmologia do Hospital Universitário Presidente Dutra, onde as crianças serão examinadas utilizando um celular, tirando-se uma foto só dos seus olhos para vermos se você tem algum desvio dos olhos. A tirada da foto é considerada segura, mas é possível que você possa ficar com vergonha e outra qualquer dificuldade você pode nos procurar pelos telefones 98124-6777 da pesquisadora Michelline Mesquita ou 98124-6776 pesquisador Jorge Meireles. Mas coisas legais podem acontecer, poderemos saber se você tem os olhos tortos e tentarmos ajeitá-los. Ninguém vai saber que você está participando da pesquisa, não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos der. Os resultados da pesquisa vão ser mandados para saírem em uma revista médica, mas sem dizer quem são as crianças que participaram da pesquisa. Quando terminarmos a pesquisa você pode ver os resultados e se você tiver alguma dúvida, você pode me perguntar ou a pesquisador/a Michelline Mesquita. Eu escrevi os telefones na parte de cima desse texto.

Eu _____ aceito participar da pesquisa **Método Computacional para Detecção Automatizada do Estrabismo**, que tem o objetivo de diagnosticar a presença de olhos tortos. Entendi as coisas ruins e as coisas boas que podem acontecer. Entendi que posso dizer “sim” e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer “não” e desistir que ninguém vai ficar furioso. Os pesquisadores tiraram minhas dúvidas e conversaram com os meus responsáveis. Recebi uma via deste termo de assentimento e li e concordo em participar da pesquisa.

São Luís ____ de _____ de _____.

Assinatura do(a) pesquisador(a)

Assinatura do Menor

ANEXO D - Termo de Cssentimento do Menor (12-15 anos)

Gostaria de convidar você como voluntário(a) a participar da pesquisa **MÉTODO COMPUTACIONAL PARA DETECÇÃO AUTOMATIZADA DO ESTRABISMO**, que tem o objetivo de diagnosticar o desvio dos olhos, usando-se uma foto tirada por um celular dos seus olhos. As crianças que irão participar desta pesquisa têm idade de 5 a 15 anos. Seus pais ou responsáveis legais permitiram que você participe, mas você não precisa participar da pesquisa se não quiser, é um direito seu, não terá nenhum problema se desistir, seu tratamento será realizado da mesma maneira. Este estudo apresenta o risco mínimo (quer dizer o mesmo risco existente em realizar atividades do dia a dia como conversar, banhar, ler, etc) de você ficar com vergonha na hora de tirar a foto. Mas coisas boas também podem acontecer, caso seja observado que você possui um desvio dos olhos poderemos tentar corrigi-los. A pesquisa será feita no ambulatório de oftalmologia do Hospital Universitário Presidente Dutra, onde as crianças serão examinadas utilizando um celular, tirando-se uma foto só dos seus olhos para avaliarmos se você possui algum desvio dos olhos. O método é considerado seguro, qualquer dificuldade você pode nos procurar pelos telefones 98124-6777 da pesquisadora Michelline Mesquita ou 98124-6776 pesquisador Jorge Meireles. Ninguém saberá que você está participando da pesquisa, não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos der. Os resultados da pesquisa vão ser publicados, mas sem identificar as crianças que participaram da pesquisa. Quando terminarmos a pesquisa os resultados estarão à sua disposição e serão publicados em revistas médicas e defesa de tese de mestrado. Se você tiver alguma dúvida, você pode me perguntar ou a pesquisadora Michelline Mesquita. Eu escrevi os telefones na parte de cima desse texto. As informações utilizadas na pesquisa ficarão guardadas com o pesquisador responsável por um período de 5 anos, e após esse tempo serão destruídos. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma via será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida a você, depois de rubricada a folha esta folha e assinada por você e o pesquisador responsável.

Eu, _____, portador(a) do documento de Identidade _____ (se já tiver documento), fui informado(a) dos objetivos do presente estudo de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações, e o meu responsável poderá modificar a decisão de participar se assim o desejar. Tendo o consentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma via deste termo assentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

São Luís, ____ de _____ de 20 ____ .

Assinatura do Menor

Assinatura do Pesquisador Responsável

ANEXO E - Comprovação de Submissão do Artigo Científico

